AVIATION IN THE XXI-ST CENTURY

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL AVIATION UNIVERSITY



PROCEEDINGS

THE ELEVENTH WORLD CONGRESS "AVIATION IN THE XXI-st CENTURY"

"Safety in Aviation and Space Technologies"

September 25-27, 2024

Kyiv, Ukraine

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL AVIATION UNIVERSITY

PROCEEDINGS

The Eleventh World Congress
"AVIATION IN THE XXI-st CENTURY"

Safety in Aviation
And Space Technologies

September 25-27, 2024

Kyiv

Sessions

1. Modern Space and Aviation Technologies
1.1 Automation and energy saving in air transport
1.2 Modern technologies of aircraft continuing airworthiness
1.3 Design, strength and durability of aviation machines
1.4 Engines and power plants
1.5 Intellectual robotic and measuring systems

2. Aeronavigation: tendencies and prospects
2.1 Telecommunication and radio electronic systems
2.2 Aeronavigation and unmanned aerial systems and complexes
2.3 Automated intelligent control systems for technological processes and moving objects
2.4 Avionics and aircraft control
2.5 Electronics and telecommunications in aviation.

3. Environmental safety, engineering and technology

4. Economics and business administration in aviation

5. Communication Factor in Modern International Relations
5.1 International Economic Cooperation of Ukraine in the Aviation and Space Fields
5.2 International Relations in Global Challenges of Modern Times
5.3 The Transformation of Journalism and Advertising in the Context of Informatization the World
5.4 Aviation and Cosmonautics in the Epoch of Turbulence: the International Legal Response»
5.5 Multimedia Technologies and Systems

6. Transport Technologies, Management and Logistics

7. Safety Culture in Aviation: threat and risk management

8. Construction and operation of airports

9. New legal solutions for regulating aerospace activities

10. Fire safety and current challenges in the aviation industry: perspectives and problematic issues
10.1. Fire safety in the aviation industry
10.2. Prospects and problematic issues of aviation

11. Modern Information and Communication Technologies in Aviation
- Intellectual control system
- Computer systems and components
- Modern technologies of software development in aviation
- Civil aviation cybersecurity
- Modeling, numerical methods and information technology in applied mathematics
- Artificial intelligence technologies

12. Junior Academy of Sciences of Ukraine

УДК 62-56+62-93-022.334.4 (043)

Б.Є. Журиленко, к.ф.-м.н., с.н.с.,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Принцип роботи механічного імпульсного інерційного рушія

В результаті досліджень показано принцип роботи механічного імпульсного рушія для замкнутих систем, який може застосовуватись для розгону космічного апарату при міжпланетних перельотах, збільшити тривалість польоту та зменшити час перельоту в космосі, швидкий розгін до значних швидкостей. В цьому випадку для двигуна космічного апарату необхідні: генератор електричного струму, електродвигун та механічний імпульсний рушій.

Для переміщень у космічному просторі космічних апаратів з космонавтами на великі відстані необхідні ефективні двигуни і рушії, щоб розігнати апарат до потрібних швидкостей, зменшити час перельоту, і, відповідно, перебування космонавтів за умов шкідливих для їхнього здоров'я, де є радіація та інші шкідливі впливи. Крім того, ефективні двигуни та рушії дозволять досягати планет сонячної системи за більш короткий час.

На сьогодні для розгону космічних апаратів використовується в основному принцип реактивного руху, який потребує великого запасу палива хімічного складу і, отже, збільшення маси космічного апарату. Збільшення маси апаратів тягне застосування більш потужних реактивних двигунів і ще більшого запасу палива або з малопотужними двигунами збільшує час розгону. З іншого боку, необхідність великого запасу палива обмежує перельоти в космічному просторі на великі відстані.

Крім реактивних хімічних двигунів розроблені іонні, плазмові та інші двигуни [1-4], що працюють на реактивній тязі і теж потребують запасу палива, хоча меншого ніж хімічні. Їхня ефективність по розгону космічного апарату є досить малою величиною через малу величину реактивної тяги. Ці двигуни через малий реактивний імпульс застосовуються в основному для коригування руху космічних апаратів.

Таким чином, щоб забезпечити тривалі перельоти на великі відстані за допомогою реактивного двигуна необхідно мати досить великий запас хімічного палива або двигун з рушієм, який забезпечив би ефективну його роботу з малою витратою палива [1-4], або з достатньою витратою для завершення тривалого польоту.

З іншого боку, можна запропонувати ідеальний варіант космічного апарату, де можна використовувати як двигун – електродвигун, а як рушій – механічний імпульсний інерційний рушій. Як джерела електричної енергії для живлення електродвигуна з тривалим терміном роботи можуть використовуватися сонячні панелі або атомний реактор з електрогенератором, що в даний час вже розроблені і встановлюються на космічному апараті. В запропонованому випадку немає необхідності запасати велику кількість хімічного палива для реактивних двигунів, а джерелом енергії буде атомний

реактор для живлення електродвигуна з імпульсним інерційним рушієм. Крім того, маса в конструкції такого космічного апарату буде практично постійною протягом тривалого часу перельоту. Електродвигун [5] можна реалізувати із досить економічним використанням електроенергії від генератора. Однак принцип роботи механічного імпульсного інерційного рушія для космічного апарату потребує додаткових теоретичних розрахунків та досліджень.

Космічний апарат з інерційним імпульсним рушієм, з фізичної точки зору, є замкнутою системою, і щоб забезпечити розгін апарату необхідно розглянути теоретичну можливість створення механічного імпульсу для рушія.

Відомо [6], що повна енергія механічної системи складається з потенційної та кінетичної енергій системи. У замкнутій системі при переході системи з одного стану в інший можуть змінюватися кінетичні та потенційні енергії, взяті окремо, але їхня сума залишається постійною. Для космічного апарату в космосі можна вважати, що він переміщається за відсутності силового поля, тобто за відсутності сил тяжіння, та його потенційна енергія дорівнює нулю, а кінетична буде постійною. Отже, якщо в системі, що складається з електродвигуна та інерційного рушія, присутній обертальний рух, то він за певних умов може перетворюватися на інерційний поступальний рух. Наприклад, якщо тіло рухається по кривій при криволінійному русі, то буде виконуватися робота по переміщенню тіла, отже, при обертальному русі при переміщенні тіла по радіусу, що змінюється, за певних умов може виникати імпульс у певному напрямку для замкнутої системи.

Також відомо, що кількість руху замкнутої системи дорівнює константі

$$\vec{K} = m \cdot \vec{V} = const. \quad (1)$$

Зміна кількості руху за одиницю часу пропорційно докладеної сили і відбувається у тому напрямі, у якому діє вектор сил. З іншого боку, можемо записати

$$\Delta\vec{K} = \vec{f} \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де $\vec{f}$- середнє значення сили за діючий проміжок часу Δt. Величина дорівнює добутку середнього значення сили f на проміжок часу Δt, що діє, називається імпульсом сили. Таким чином, згідно із законом збереження кількості руху замкнутої системи, якщо в запропонованій системі створити зміну обертальної кількості руху $\Delta\vec{K}_b$, то за певних умов і компенсації обертального руху може виникнути імпульс сили для поступального руху $\Delta\vec{K}_n$ всієї системи

$$\vec{f} \cdot \Delta t = (m_1 + m_2) \cdot \Delta\vec{V}, \quad (3)$$

де m_1, m_2 - маси тіла, що обертається в інерційному рушії, і космічного апарату відповідно, $\Delta\vec{V}$ - зміна поступальної швидкості космічного апарату. Таким чином, зміна повної кількості руху системи тіл визначається імпульсом рівнодіючої зовнішніх сил.

Розглянемо принцип роботи механічного імпульсного інерційного двигуна на наступній схемі рис.1.

На схемі представлені такі параметри: m_1 - маса тіла, що обертається в інерційному рушії; m_2 - маса космічного апарату; $f_ц$ - відцентрова сила, прикладена до маси m_1 ; α – кут, на який перемістилася маса m_1 за *час* Δt; f - відцентрова сила у напрямі координати У. У цій схемі передбачається, що

електродвигун перебуває у масі космічного апарату m_2 , а маса в інерційному рушії m_1 може вільно переміщатися вздовж по радіусу, який змінюється при обертанні ротора рушія і, за рахунок відцентрової сили, впливає на коло, що належить масі m_2 .

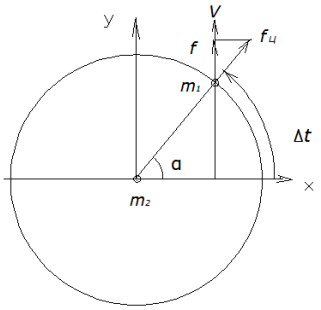


Рис.1. Схема для складання імпульсу інерційного рушія та зміни кількості руху у напрямку координати У.

Для складання рівняння (3) та виконання розрахунків необхідно ввести наступні параметри: $f_ц = m_1 \cdot \omega^2 \cdot R$ - значення відцентрової сили, ω – кутова швидкість обертання маси m_1, R – радіус, яким переміщається m_1;
$f = f_ц \cdot sin\,\alpha$ - відцентрова сила діюча в напрямку У ; $\Delta t = \frac{2\cdot\pi}{\omega} \cdot \Delta\alpha$ - діючий проміжок часу для середньої сили $f_ц$; Δα – значення кута, при якому $f_ц$ залишається постійним, $T = \frac{2\pi}{\omega}$ – час повного оберту рушія. Використовуючи введені позначення, отримаємо вираз (3), що описує дію імпульсу у напрямку координати У

$$m_1 \cdot \omega^2 \cdot R \cdot (sin\,\alpha) \cdot \frac{2\cdot\pi}{\omega} \cdot \Delta\alpha = (m_1 + m_2) \cdot \Delta V. \qquad (4)$$

Звідси для приросту швидкості системи ΔV, що діє у напрямку У, отримаємо рівняння

$$\Delta V = \frac{m_1}{m_1+m_2} \cdot \omega \cdot R \cdot (sin\,\alpha) \cdot 2 \cdot \pi \cdot \Delta\alpha. \qquad (5)$$

Середня швидкість за один повний оберт двигуна буде

$$V = \int_0^{2\pi} \frac{m_1}{m_1+m_2} \cdot \omega \cdot R \cdot (sin\,\alpha) \cdot 2 \cdot \pi \cdot d\alpha. \qquad (6)$$

З виразу (6) видно, що при R=*const* імпульс і середня швидкість за оберт, дорівнюватимуть нулю. Щоб імпульс і середня швидкість не дорівнювали нулю, необхідно в процесі оберту змінювати радіус. Як приклад виберемо зміну радіусу за наступним законом:

від *0* до π радіус змінюється за формулою

$$R(\alpha) = r - \Delta r \cdot sin\frac{\alpha}{2}; \qquad (7)$$

від π до 2π радіус залишається постійним і рівним мінімального значення, отриманого у формулі (7)

$$R1(\alpha 1) = r - \Delta r \cdot sin\frac{\pi}{2}. \qquad 8)$$

На рис.2 представлено зміну радіусу в інерційному рушії за оберт. У побудові приймалися такі параметри $r=1$, $\Delta r=0,5$ у метрах, кут α змінюється від 0 до π; α1 – від π до 2π.

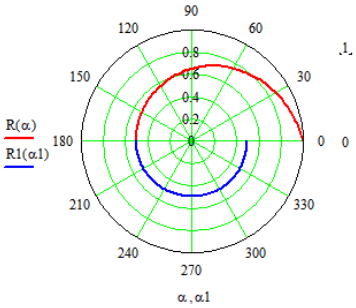


Рис.2. Зміна радіуса в імпульсному інерційному двигуні за один оберт

У відповідність до (5) розглянемо, як змінюється приріст швидкості залежно від кута оберту. У розрахунках використовувалася кутова швидкість $\omega=315$(рад/с) або $k=50$ обертів за секунду, маса $m_1=0,001$ і $m_2=1$ у відносних одиницях, оскільки у розрахунках важливим є відношення маси інерційного рушія до маси всього космічного апарату з рушієм, $\Delta\alpha=0.01\cdot\pi$. На рис.3 представлений графік зміни швидкості залежно від кута оберту ротора двигуна.

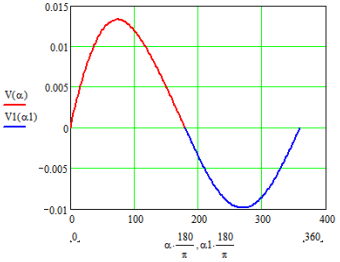


Рис.3 Залежність приросту швидкості залежно від кута оберту ротора двигуна

З графіка рис.3 видно, що за допомогою різниці в радіусах імпульс сили і швидкість при обертанні ротора інерційного рушія залежно від кута змінюються на протилежний напрям з різними значеннями. І якщо проінтегрувати приріст швидкості, то залишається результуюче значення імпульсу сили і приросту швидкості в напрямку +У. У зв'язку з тим, що результуючий імпульс сили виникає періодично та імпульсно, то звідси і назва «механічний імпульсний інерційний рушій».

Обчислимо середню зміну швидкості за один оберт

$$\Delta V = \int_0^{\pi} V(\alpha)\cdot d\alpha + \int_{\pi}^{2\pi} V1(\alpha 1)\cdot d\alpha 1. \qquad (9)$$

В результаті отримаємо $V=6,591\times10^{-3}$ (м/с) за один оберт рушія. Цей результат виходить, якщо маса космічного апарату буде, наприклад, 1 тонна, маса інерційного рушія буде 1 кг, радіус інерційного рушія $R=1$ (м), а максимальна зміна радіуса $\Delta r=0,5$ (м). Збільшення маси рушія пропорційно збільшуватиме імпульс сили, і збільшуватиме приріст швидкості системи.

За секунду електродвигун робить $k=50$ обертів, отже, буде 50 інерційних імпульсів сили. За секунду отримаємо приріст швидкості $V\cdot k=0,33(м/с)$. Шлях, який пройде за секунду космічний апарат $\Delta S=\Delta V\cdot[k\cdot(1+k)/2]\cdot T=0,168$ (м), де час одного оберту $T=0,02$ секунди.

Слід зауважити, що обрана в дослідженнях зміна радіусу може бути не оптимальною для отримання максимального імпульсу сили. Оптимальна зміна радіусу для отримання максимального імпульсу сили потребує додаткових досліджень.

В результаті виконаних теоретичних досліджень показано принцип роботи механічного імпульсного рушія для замкнутих систем, який, зокрема, може застосовуватись для розгону космічного апарату при міжпланетних перельотах. В цьому випадку для двигуна космічного апарату необхідні сонячні панелі або атомний генератор електричного струму, електродвигун та механічний імпульсний рушій, що забезпечить тривалий політ без значного збільшення маси апарату, швидкий розгін до значних швидкостей, що зменшить час перельоту в космосі. Маса космічного апарату протягом польоту практично не змінюватиметься. Теоретично показано високу ефективність механічного імпульсного рушія.

Використання механічного інерційного рушія за наявності силового поля, тобто за присутності сили тяжіння, потребує додаткових досліджень.

Список літератури

1. https://www.youtube.com/watch?v=OSG_xWLsnHg
2. https://thealphacentauri.net/61706-ionnye-raketnye-dvigateli-proshloe-nastoyashchee-i-budushchee/
3. https://ua.news/ru/technologies/v-harkove-uspeshno-yspytaly-yonno-plazmennyj-dvygatel-dlya-dalnego-kosmosa
4. https://www.youtube.com/watch?v=_xVKHwGzhaU
5. Журиленко Б.Є., Ніколаєва Н.К. Економія електроенергії автономних джерел живлення електродвигунів транспортних систем. INTEGRATED INTELLECTUAL ROBOTECHNICAL COMPLEXES (IIRTC-2024) 17th INTERNATIONAL SCIENCE AND TECHNICAL CONFERENCE MAY 21-22ND, 2024 KYIV, UKRAINE с. 315-318
6. Фріш С.Е., Тиморьова А ,В . Курс загальної фізики, том1. - Л., Фізматгіз , 1962, стор 468.

УДК 621.316.9

С.С. Ільєнко, к.т.н., А.В. Ільєнко, к.т.н., В.В. Тихонов к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Обґрунтування ефективності інтеграції та застосування спеціалізованих типів БПЛА в процес технічного обслуговування інфраструктури високовольтних ЛЕП

Широке застосування БПЛА для підвищення якості технічного обслуговування високовольтних ЛЕП набуває все більшого розповсюдження та використовується компаніями енергетичного сектору України. Енергоефективність та швидкість обробки інформації про стан ЛЕП за допомогою спеціалізованого ПЗ формує потрібну звітну інформацію якісного періодичного обслуговування високовольтних ЛЕП особливо важкодоступних місць їх прокладання. Точне виявлення ЛЕП за допомогою БПЛА базується на методах, які використовують глибоко контрольовані нейронні мережі, що здатні обробляти зображення у вигляді піксельного формату тривимірних даних хмар точок.

Вступ

Застосування спеціалізованих типів БПЛА, які інтегровані в процес періодичного технічного обслуговування (визначення технічного стану) інфраструктури високовольтних ЛЕП на сучасному етапі відбувається для вирішення таких завдань безпечного та ефективного застосування БПЛА поблизу струмопровідних частин ЛЕП, що перебувають під напругою, а також використання спеціалізованого програмного забезпечення для формування звітної інформації щодо якісного періодичного обслуговування дослідних ЛЕП (картографічна обробка участків з складним рельєфом прокладання, 2D та 3D-моделювання, зберігання та періодичне наповнення потрібної інформації стану дослідних ЛЕП). На даний час на ринку України є ліцензовані компанії, які надають спеціалізовані БПЛА (приклад на рис.1) які мають технічні можливості впоратись з задачами що цікавлять енергокомпанії, що обслуговують високовольтні ЛЕП. Досить суттєве зниження затрат, що несуть обслуговуючі компанії, в співставленні з затратами на традиційні методи обслуговування високовольтних ЛЕП, вже опрацювали та оцінили такі компанії як ДТЕК вже з початку 20-их років цього десятиріччя.



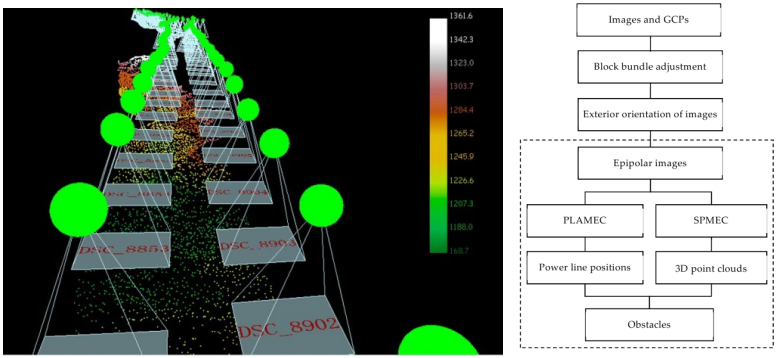
а) б)

Рис. 1. Спеціалізовані БПЛА на ринку України для задач технічного обслуговування інфраструктури високовольтних ЛЕП (а) –Flyability Elios; б) - DJI Matrice)

Основне технічне обладнання для БПЛА, що може застосовуватись для обслуговування дослідних високовольтних ЛЕП: наземна станція управління БПЛА; відео/фото RGB дуо-камери ІЧ та УФ діапазонів; термодатчики потрібної чутливості; геолокаційна системи GPS, тощо.

На практиці вже отримано статистичну інформацію енергоефективного використання таких БПЛА на необхідних нам ЛЕП. Такі БПЛА виявляють потенційні дефекти та несправності, пошкоджені ізолятори, виявляють та оцінюють стан фарбового покриття, можуть збирати геолокаційні дані та формувати 3D-моделі рослинності, потенційно заважаючої стабільній роботі струмопровідним елементам високовольтних ЛЕП, здатен виявити ефекти «корони», гніздіння птахів на опорах, тощо.

Розглянемо приклад автоматичного ідентифікування потрібної високовольтної ЛЕП та врахування наявних перешкод в її зоні обслуговування (рис. 2). Задача зводиться до визначення коридору прокладання ЛЕП по конкретній місцевості та виявлення потенційно небезпечних завад цього коридорі. Основна задача та ціль польоту БПЛА над потрібною нам ЛЕП – отримання зображення та наземних контрольних точок (параметр DSK). На їх основі та за допомогою налаштування пучка блоків (ВВА) дослідний коридор ЛЕП зображується у вигляді зовнішньоорієнтованих зображень. Застосовуючи платформи PLAMEC або SPMEC з певної кількості стереозображень (згідно рис.2 а - мінімум двох смуг) формуються 3D-векторна візуалізація ЛЕП. Наступним етапом є формування даних зад-для отримання 3D-зображень ЛЕП (алгоритм на рис. 2 б). Наступним кроком є автоматична ідентифікація та локалізація перешкод шляхом обробки оптичних зображень. Це потрібно виконати, застосувавши метод розрахунку, що прораховує просторову відстань між дослідною ЛЕП та хмарою точок (орієнтирів) на земній поверхні.



а) б)

Рис.2. Автоматичне ідентифікування дослідної високовольтної ЛЕП: а - схема польотів по двом смугам БПЛА вздовж ЛЕП; б – алгоритмічне автоматичне виявлення перешкод високовольтних ЛЕП

Ефективність фотозйомки напряму залежить від висоти польоту БПЛА. Але на більшій висоті струмопровідні частини занадто тонкі задля чіткого їх

фіксування. Для якісного отримання інформації діаметр струмопровідної частини повинен становити близько 4 см., що становить від одного до трьох пікселів, тому й приймається GSD ≈ 4 см. Бічне перекриття стереозображень не менше 80% в обидва боки польоту БПЛА з прив'язкою до геолокації зображень за допомогою системи GPS.

Поетапне виявлення струмопровідних частин ЛЕП з стандартного зображення (рис.3): 1) фіксація рельєфних особливостей прокладання ЛЕП за допомогою оператора коефіцієнта сірого; 2) сегментація ЛЕП на основі однакових умов лінії; 3) на основі формування бази «попередніх знань» виділення векторів ЛЕП.

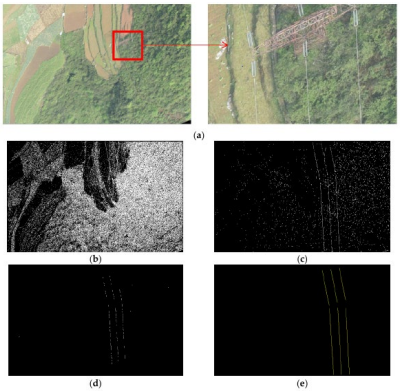


Рис. 3. Формування поетапної візуалізації струмопровідних частин дослідної ЛЕП: а) візуальне стереозображення; б) виявлення особливостей ЛЕП оператором «сірого коефіцієнта»; c,d) сегментація ЛЕП за допомогою умов еквівалентної лінії; е) витягнуті вектори ЛЕП (2D векторне виділення)

Ще один спосіб ідентифікації струмопровідних елементів високовольтних ЛЕП на високоякісних кольорових зображеннях побудований на обробці структурованого обмеження шляхом використання нейронної мережі, що працює над обробкою зображень. Тривимірні дані хмар точок зображення обробляються на піксельному рівні (використовується набір даних PLDM та PLDU). Це такі БПЛА, що працюють з бортовою платформою NVIDIA Jetson TX2, або архітектурою мережі VGG16. Приклад виявлення струмопровідних частин ЛЕП VGG16 показано на рис.4

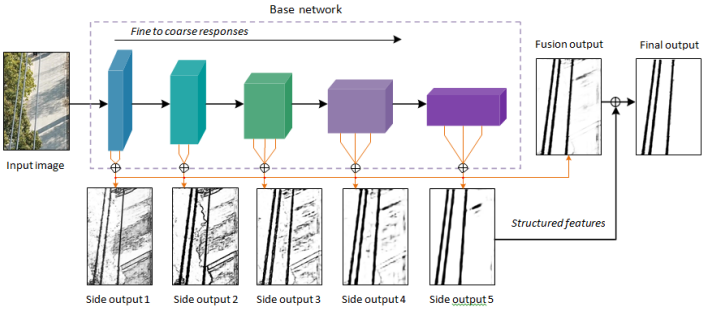


Рис.4. Виділення струмопровідних частин ЛЕП за допомогою архітектури мережі VGG16

Методика виділення струмопровідних частин ЛЕП за допомогою архітектури мережі VGG16 відома та базується на обробітку отриманих зображень. Відсоток пікселів струмопровідних елементів в загальному зображенні дослідної ЛЕП (рис.4) становить значно менше 10%. За такої ситуації ефективним є застосування класово-збалансованої крос-ентропійної функції. Функція β здатна зменшити дисбаланс між краєвими та некраєвими пікселями. Математична функція допустимих втрат якості кожного зображення на етапі m:

$$L_{side}^{(m)}(x_i; W, w^{(m)}) = -\beta \sum_{i \in Y^+} logP(y_i = 1|x_i; W, w^{(m)})$$

$$-\lambda(1-\beta) \sum_{i \in Y^-} log(1 - P(y_i = 0|x_i; W, w^{(m)}))$$

$$\beta = \frac{|Y^-|}{|Y^+| + |Y^-|}$$

де $Y+$ та $Y-$ пікселі дослідної ЛЕП та пікселі фонових міток з орієнтиром у вигляді земної поверхні. Параметр λ є коефіцієнтом визначення ваги в різних наборах даних. Значення x_i – активація пікселя у вихідному вхідному зображенні X_i. Відповідно значення y_i - основна мітка істинності. W і $w^{(m)}$ є параметром нейронної мережі та кожного рівня бічного виводу. $P(x)$ - функція відображення значення активації між 0 і 1. Всі побічні виходи лінійно об'єднуються за вагою h, що дає змогу отримати остаточний результат синтезу. Реакція виходу y_{fuse} розраховується:

$$y_{fuse} = P(\sum_m h_m x_{side}^{(m)})$$

де $x^{(m)}$ - є значення активації бічного вихідного шару m, карта країв кожного бічного виводу представлена як $y_{side} = P(x^{(m)})$. Втрати шару обчислюються за допомогою збалансованої за класом функції втрат:

$$L_{fuse} = loss(y, y_{fuse}).$$

Наступна важлива та необхідна задача навченої за нашими вимогами нейронної мережі полягає в зменшенні шуму, та зводиться до мінімуму шляхом використання стандартного стохастичного градієнтного зниження. Функ-

ція оптимізації використання L_{fuse} і L_{side} має такий вигляд:

$$(W, w, h)^* = \arg\min(\sum_m a_m \cdot L_{side}^{(m)} + L_{fuse})$$

Вимірювання площі дає змогу відфільтрувати зайві дрібні фрагменти:

$$K = area_{Lmax}/area$$

де *areaLmax* –пікселі найдовшого фрагмента.

Фрагмент набагато менший за стандартний у випадку, якщо K перевищує встановлене порогове значення T_A, та відхиляється як шум. Фільтрування за допомогою вимірювання орієнтації має наступний вигляд:

$$P = ||\theta_{Lmax}| - |\theta||$$

де θ - кут між фрагментом і позитивним напрямком горизонтальної осі, а $\theta Lmax$ – орієнтація фрагмента з найбільшою довжиною. P може визначатись у вигляді порогового значення T_θ, та за досягнення відповідних значень буде вважатись шумом. Фрагмент зображення буде вважатися частиною струмопровідної мережі якщо виконується вимога (T_A, T_θ) або ($1.5T_A$, $0.5T_\theta$).

Структуровані функції з першого до п’ятого бокового виходу є метою видалення ізольованих шумних фрагментів (показані на рис.5) поетапно: оригінальні входи, карти функцій, витягнуті з першого бічного виходу до п’ятого бічного виходу.

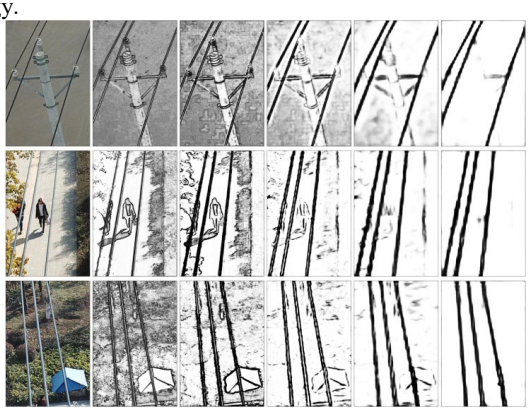


Рис. 5. Виділення струмопровідних елементів від грубого до тонкого бокового виходів

Висновок

Спеціалізовані типи БПЛА, що наразі вже досить масово використовуються в процесі технічного обслуговування інфраструктури високовольтних ЛЕП займають все більш вагоме місце для вирішення завдань безпечної та ефективної експлуатації високовольтних ЛЕП, що перебувають під напругою. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для формування звітної інформації щодо якісного періодичного обслуговування дослідних ЛЕП формує відчутний економічний ефект та скорочує термін проведення експлуатаційних заходів без втрати якості такого виду робіт.

Список літератури

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року [Електронний ресурс] // БІЛА КНИГА. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245213112.
2. План розвиткурозподільних електричних мереж на 2016-2025 роки [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України – Режим оступу: http:// mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=24472812.
3. Гончаров Є. В., Крюкова Н. В., Вітвицька С. О., Марков В. С., Поляков І. В. Розвиток, конструювання та використання безпілотних літальних апаратів для ліній електропередач. Вісник Національного технічного університету. «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ « ХПІ». 2021. № 2 (8). С. 15-20. doi:10.20998/2413- 4295.2021.02.03
4. Zhang H, Yang W, Yu H, Zhang H, Xia G-S. Detecting Power Lines in UAV Images with Convolutional Features and Structured Constraints. Remote Sensing. 2019; 11(11):1342. https://doi.org/10.3390/rs11111342.
5. Zhang, Yong, Xiuxiao Yuan, Wenzhuo Li, and Shiyu Chen. 2017. "Automatic Power Line Inspection Using UAV Images" Remote Sensing 9, no. 8: 824. https://doi.org/10.3390/rs9080824

УДК 621.32 (043)

Б.Є. Журиленко, к.ф.-м.н., с.н.с.,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Електродвигун з економією електроенергії джерел автономного живлення

Виконано порівняння електричних і динамічних параметрів різних конструкцій електродвигунів з великим і малим радіусами роторів з метою економії електроенергії автономного джерела живлення для електроавтомобіля, безпілотного літального апарату, літака, підводного човна. В результаті порівняння теоретично показана можливість підвищення електричних або динамічних параметрів електродвигуна у разі збільшення радіусу ротора або використання пустотілого циліндричного ротора.

Сьогодні транспорт розвивається у напрямку використання електричних машин. Електродвигуни використовуються в такому легковому автомобільному транспорті, як електромобілі, а також в авіації, безпілотних літальних апаратах (БПЛА) і підводних човнах.

Розвиток електротранспорту стикається з необхідністю мати автономні енергоємні джерела живлення великої ємкості, що мають швидку підзарядку акумуляторних батарей. Але це не виключає питань економічного використання електроенергії в процесі експлуатації електротранспортних систем.

Якщо розглянути електродвигун з радіусом ротору r_m, який розвиває обертальну силу F_m з моментом M, і двигун з рівним йому моментом M, який повинен розвивати обертальну силу F_c на радіусі r_c, то можна отримати вираз залежності прикладеної обертальної сили від радіусу ротору

$$F_c = \frac{F_m \cdot r_m}{r_c}. \quad (1)$$

З (1) видно, що при зростанні радіусу ротора двигуна $r_c > r_m$ для однакового M, можна зменшувати обертальну силу прикладену до ротору двигуна в r_m / r_c разів.

З іншого боку відомо

$$M = k \cdot \Phi \cdot \mathrm{I} \cdot \cos\psi = k \cdot 4 \cdot \pi \cdot I^2 \cdot \mu \cdot n \cdot 2 \cdot l \cdot r \cdot cos\psi = F \cdot r = \mathrm{A} \cdot \mathrm{I}^2 \cdot r, \quad (2)$$

де k – конструктивна стала двигуна; I – струм ротора, зведений до обмотки статора; μ – магнітна проникність; n – кількість витків обмотки статора; l – довжина витків статора; r – радіус ротора; $\mathrm{A} = k \cdot 4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot n \cdot 2 \cdot l \cdot cos\psi$; $\cos\psi$ – кут зсуву між ЕРС і струмом ротора; F - обертальна сила прикладена до ротору. З цього виразу видно, що обертальна сила прикладена до ротора буде залежати від струму, а момент від квадрата струму і радіусу.

Теорія електродвигунів дозволяє визначити співвідношення величин струмів роторів з малим r_{p1} та великим r_{p2} радіусами. Враховуючи навантаження при однаковій кутовій швидкості обертання ω та те, що неможливо зробити електродвигуни з абсолютно однаковими параметрами, для порівняння двигунів моменти роторів з малим і великим радіусами повинні бути рівні,

тобто $M_1=M_2$, а, оскільки, $M_1=A_1 \cdot I_1^2 \cdot r_{p1}$ та $M_2=A_2^2 \cdot I_2^2 \cdot r_{p2}$, отримаємо струм споживаний двигуном з великим радіусом r_{p2}.

$$I_2 = \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_{p1}}{r_{p2}}} \cdot I_1. \quad (3)$$

Струм для ротора з великим радіусом буде в $\sqrt{\frac{r_{p1}}{r_{p2}}}$ меншим, ніж для ротора з малим радіусом. Струм I_1 можна розрахувати з корисної потужності двигуна з малим радіусом.

Враховуючи струм контура намагнічування двигуна $I_{\mu 1}$ з малим радіусом ротора і $I_{\mu 2}$ – з великим радіусом, одержимо споживаний струм для двигуна з малим і великим роторами відповідно

$$I_1^* = I_{\mu 1} + I_1$$
$$I_2^* = I_{\mu 2} + \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot I_1 . \quad (4)$$

З виразів (3), (4) видно, що чим більше радіус ротора двигуна r_2, тим менше потрібен струм для створення необхідного моменту тягової сили.

Відомо, що ємність автономних джерел живлення – C, наприклад, акумуляторів, визначається в ампер-годинах. Отже, можна знайти час роботи електродвигунів t_1 і t_2 з малим та великим радіусами роторів

$$t_1 = \frac{C}{I_1^*} = \frac{C}{I_{\mu 1} + I_1}$$
$$t_2 = \frac{C}{I_2^*} = \frac{C}{I_{\mu 2} + \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot I_1}. \quad (5)$$

Оскільки знаменник у t_2 менший, то час роботи електродвигуна з великим радіусом ротора працюватиме довше в порівнянні з меншим радіусом ротора. Отже, можна знайти у скільки разів час роботи електродвигуна з великим радіусом ротора буде працювати довше в порівнянні з меншим радіусом ротора

$$h_t = \frac{t_2}{t_1} = \frac{I_{\mu 1} + I_1}{I_{\mu 2} + \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot I_1}. \quad (6)$$

Розглянемо, як змінюється коефіцієнт корисної дії (ККД) від радіусу ротора. Корисна механічна потужність, що розвиває двигун буде для двигуна з малим ротором $P_1=M_1 \cdot \omega_1=A_1 \cdot I_1^2 \cdot r_1 \cdot \omega_1$, а з великим ротором $P_2=M_2 \cdot \omega_2= =A_2 \cdot I_2^2 \cdot r_2 \cdot \omega_2$. Повна потужність, що споживається електродвигуном з малим радіусом буде $P_1^*=U \cdot I_1^*$ і великим – $P_2^*=U \cdot I_2^*$. Отже ККД буде

$$\text{ККД}_1 = \frac{A_1 \cdot I_1^2 \cdot r_1 \cdot \omega_1}{U \cdot (I_{\mu 1} + I_1)}$$
$$\text{ККД}_2 = \frac{A_2 \cdot \left(\sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot I_1\right)^2 \cdot r_2 \cdot \omega_2}{U \cdot \left(I_{\mu 2} + \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot I_1\right)}. \quad (7)$$

В загальному випадку проаналізувати виграш в ККД дуже важко, тому зробимо деякі припущення, що не спотворює практичних результатів. Корисну механічну потужність для обох роторів оберемо однакову. Тоді $M_1 \cdot \omega_1 = M_2 \cdot \omega_2$. Струм I_1 для двигуна з малим ротором визначимо з рівняння потужності

$$I_1 = \sqrt{\frac{P_1}{A_1 \cdot r_1 \cdot \omega_1}}. \quad (8)$$

В цьому випадку виграш в ККД буде такий же, як для виграшу в часі

$$h_{\text{ККД}} = \frac{h_{\text{ККД2}}}{h_{\text{ККД1}}} = \frac{I_{\mu 1} + I_1}{I_{\mu 2} + \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \cdot \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \cdot I_1} \quad (9)$$

Таким чином, двигун з більшим ротором працюватиме довше.

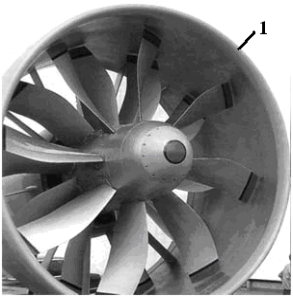


Рис1. Двигун НК-93

Реалізувати двигун з великим ротором можна, якщо його виконати із порожнистим ротором і статором, які розміщені в кожусі 1 рис.1. Як показано в роботах [1,2], якщо використовувати порожнистий ротор, тобто ротор та статор, виконані в кожусі рис.1, можна заощадити електроенергію та збільшити час роботи електродвигуна БПЛА, літака або іншої транспортної системи. Зауважимо, що в порівняні енергетичних характеристик двигуна з циліндричним ротором і звичайним ротором, цікавими є його інерційні характеристики, від яких залежать їх динамічні властивості.

Наведемо моменти інерції для двигунів із суцільним ротором та з пустотілим циліндричним ротором.

Момент інерції суцільного ротора буде

$$J_ц = \frac{1}{2} m \cdot r_1^2 = \frac{\pi \cdot \rho_1 \cdot h_1}{2} \cdot r_1^4, \quad (10)$$

момент інерції пустотілого циліндричного ротора

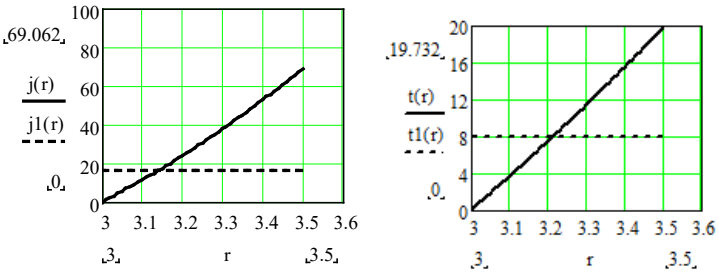
$$J_{пц} = m \cdot \frac{r_3^2 + r_2^2}{2} = \frac{\pi \cdot \rho_2 \cdot h_2}{2} \cdot (r_3^4 - r_2^4), \quad (11)$$

де ρ_1 – середня щільність суцільного ротора, ρ_2 - середня щільність циліндричного ротора; h_1 – довжина суцільного ротора, h_2 - довжина циліндричного ротора; r_1 – радіус суцільного ротора; r_2 внутрішній радіус порожнистого циліндричного ротора, r_3 - зовнішній радіус порожнистого циліндричного ротора.

На рис.2а по формулі (10) обчислено момент інерції для порожнистого циліндричного ротора (j(r)), а по формулі (11) обчислено момент інерції для суцільного (j1(r)) ротора.

Коефіцієнти перед радіусами у формулах (10), (11) в розрахунках бралися однаковими та дорівнювали одиниці (середня щільність і довжини роторів однакові). Розміри радіусів роторів: суцільного ротора r_1=2, внутрішній

радіус циліндричного ротора r_2=3, зовнішній радіус порожнистого циліндричного ротора r_3=3,5 всі в умовних одиницях.



а б

Рис. 2. Момент інерції j(r) та час t(r) для циліндричного ротора, момент інерції j1(r) та час t1(r) суцільного ротора

З графіка (рис.2а) можна зробити наступні висновки: при радіусі 3,14 та товщині робочої стінки циліндричного ротора = 0.14 умовних одиниць (це приблизно 4,67% від внутрішнього радіусу порожнистого циліндричного ротора) моменти інерції роторів однакові. Але, зазначимо, через збільшення радіусу циліндричного ротора буде зменшення споживання електроенергії від джерела автономного живлення при одному і тому ж механічному навантаженні і, як внаслідок, більш тривала робота електродвигуна.

Якщо враховувати середні питомі густини матеріалів роторів (ρ_1, ρ_2) та довжини (h_1, h_2) роторів і якщо вдасться їх конструктивно зменшити, то при однаковому моменті інерції можна поліпшити його енергетичні характеристики.

Важливим параметром для електродвигунів є час перехідного режиму, який залежить від моменту інерції.

Запишемо рівняння руху для електродвигуна без навантаження. Врахуємо залежність моменту і моменту інерції від радіусу ротора.

$$F_ц \cdot r_1 = J_ц \cdot \frac{d\omega}{dt}. \qquad (12)$$

Де $F_ц$ – сила, що обертає ротор.

Інтегруючи вираз (12) по часу для суцільного ротору від кутової швидкості ω=0 до швидкості ідеального холостого ходу ω=ω_0, отримаємо

$$t_ц = \frac{\pi \cdot \rho_1 \cdot h_1}{2 \cdot F_ц} \cdot r_1^3 \cdot \omega_0 \qquad (13)$$

Вирішуючи аналогічно рівняння руху (12) для електродвигуна з пустотілим ротором без навантаження, отримаємо

$$t_{пц} = \frac{\pi \cdot \rho_2 \cdot h_2}{2 \cdot F_{пц}} \cdot r_3^3 \cdot [1 - (\frac{r_2}{r_3})^4] \cdot \omega_0. \qquad (14)$$

З рис.2б видно, що час перехідного режиму буде однаковий при зовнішньому радіусі 3.22 пустотілого ротору. При однакових моментах роторів 3.14 час перехідного режиму пустотілого ротору буде менше.

Сьогодні в повітряних гвинтах БПЛА, літаках і підводних човнах радіус ротора електродвигуна менший за радіус прикладеної тягової сили на лопаті гвинта. Якщо ротор електродвигуна виконати у вигляді кільця, що з'єднує верхні кінці повітряного гвинта по радіусу r_{p2}, тобто, щоб ротор розташовувався в кожусі 1 (рис.1) двигуна, то для літака з електродвигуном, підводного човна або БПЛА з'являється можливість економії електроенергії автономного джерела живлення при вибраній силі тяги. Тому пропонується у відповідність до рис.1 розмістити обмотки статора і ротор в кожусі 1 обтічника вентилятора. Як у двигуні НК-93, там можна розмістити два статори і два ротори для забезпечення обертання вентиляторів у різні боки та з різною швидкістю для зменшення ефекту запирання. У цьому випадку немає необхідності використовувати складні редукторні системи, що застосовуються у двигуні НК-93. Як повітряні рушії, крім повітряних гвинтів і вентиляторів, можуть застосовуватися імпелери. В електромобілі електродвигун з великим пустотілим ротором можна розмістити на весь багажник та зробити передачу на колеса. Регулювання швидкості обертання вентиляторів можна здійснити за допомогою спеціальних інверторів перетворювачів струму або частоти. Можливе застосування різних типів електродвигунів, але їх конструкція повинна бути такою, щоб забезпечити радіус ротора більше радіуса застосування тягової сили.

В роботі показана можливість економії електроенергії автономних джерел живлення за рахунок збільшення розміру ротора; отримання однакових інерційних характеристик, а саме: моментів інерції та часу перехідного режиму для суцільного ротора з малими розмірами і пустотілим циліндричним ротором з великими розмірами.

Список літератури

1. Журиленко Б.Є. Зміна конструкції електродвигунів транспортних систем з метою економії енергоресурсів автономних джерел живлення /Журиленко Б.Є., Ніколаєв К.І., Ніколаєва Н.К.// Наукоємні технології. - 2018. - №1(37). – 130 – 135. DOI:10.18372/2310-5461.37.12379

2. B.E. Zhurilenko Saving energy resources of autonomous power sources of unbeiled flying apparatuses / B.E.Zhurilenko, N.P.Sokolova, N.K. Nikolayeva// PROCEEDINGS, The Eighth World Congress "AVIATION IN THE XXI-st CENTURY" Safety in Aviation And Space Technologies October 10-12, 2018 – P. 1.1.34 – 1.1.37.

УДК 621.382-022.532(045)

О.С. Мельник, к.т.н., професор, О.О. Нагайченко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Термоенергетична надійність наносхем космічного застосування

В роботі наведені результати запровадження новітніх технологій комп'ютерного моделювання термоенергетичих характеристик одноелектронних наносхем з квантовими автоматами при криогенних температурах для прогнозування їх безвідмовної роботи в космічних умовах. В системі автоматизованного проєктування QCADesignerE синтезовані арифметично-логічні мажоритарні схеми наносуматора-віднімача та реалізовані адекватне моделювання часових діаграм, які підтвердили їх продуктивність.

Новітня технологія коміркових автоматів (КА або QCA – quantum-dot cellular automata) є найперспективнішим напрямком наноелектроніки [1], який, до того, підтверджує справедливість з-на Мура [2]. На відміну від традиційних мікроелектронних технологій, наприклад, на базі комплементарних МОН-транзисторів, в КА бінарна інформація передається у вигляді геометричного розташування елементів, а не через логічні рівні напруг і струмів.

Квантові точки або кулонівські острівці повинні бути ізольованими напівпровідниками, тобто не містити вільних електронів провідності. У разі використання металевих точок або острівців, сигнал у ланцюгу КА згасає вже до четвертої комірки. Логічний стан комірки (0 або 1) визначається розподілом електронів у вузлових точках або острівцях. Квантові точки створюються за допомогою електронної літографії.

На рис. 1 зображена комірка розміром 50х50 нм з чотирма квантовими точками, розташованими досить близько одна до одної. Електрони можуть здійснювати тунельні переходи між цими точками по чотирьох позиціях при подачі вхідної (керуючої) напруги $U_{вх}$ та/або під впливом електричних полів навколишніх комірок.

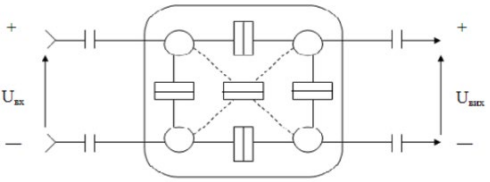


Рис. 1. Комірка квантового автомату

Важливим показником в цифровій мікроелектроніці вважається добуток потужності на затримку (час) виконання операцій логічними елементами. Графіки таких залежностей для різних сучасних мікротехнологій та порівняльне місце КА серед них наведені на рис. 2. Вочевидь, цей параметр для наноелектроних КА розташовується на шість-сім порядків нижче, ніж у будь якої іншої мікроелектронної технології [3].

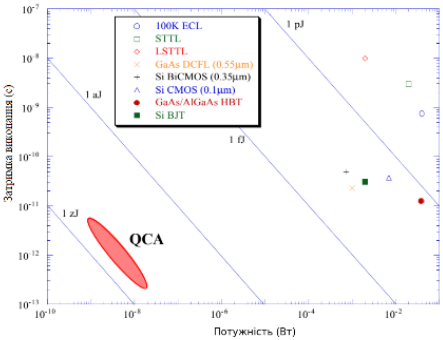


Рис. 2. Добуток потужності та затримки

З огляду на ці вражаючі результати, подальші дослідження технології та архітектури КА безумовно є обґрунтованими.

Переваги ККА:

1. Паралельність обчислень: Квантові КА можуть обробляти дані паралельно, що дозволяє значно збільшити продуктивність.
2. Шифрування: Квантові ефекти можуть бути використані для створення безпечних криптографічних систем.
3. Обробка великих обсягів даних: Здатність ККА до обробки великих обсягів даних дозволяє застосовувати їх в складних обчислювальних завданнях.

Недоліки ККА:

1. Технічні виклики: Реалізація квантових ефектів в автоматах потребує високоенергетичних і складних систем.
2. Стабільність квантових станів: Забезпечення стабільності квантових станів в умовах зовнішніх впливів та високих температур - завдання складне та потребує досліджень.
3. Квантові помилки: Квантові системи піддаються помилкам через феномен квантового розсіювання та інші квантові ефекти.

На рис. 3 зображена схема суматора-віднімача однорозрядних чисел x_1, x_2 та переносу з молодшого розряду x_3 з мажоритарною логікою функціонування у складі трьох універсальних мажоритарних елементів [4].

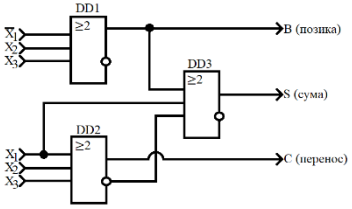


Рис. 3. Наносхема однорозрядного суматора-віднімавача з мажоритарною логікою

Мажоритарні та булеві функції схеми однорозрядного суматора-віднімача:

$$B = maj(\bar{x}_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 x_2 \vee \bar{x}_1 x_3 \vee x_2 x_3,$$
$$C = maj(x_1, x_2, x_3) = x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3,$$
$$S = maj(B, x_1, \bar{C}) = B x_1 \vee B\bar{C} \vee x_1 \bar{C}.$$

Таблиця 1.

Таблиця істинності для однорозрядного суматора-віднімача

x_1	x_2	x_3	B	C	S
0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	1

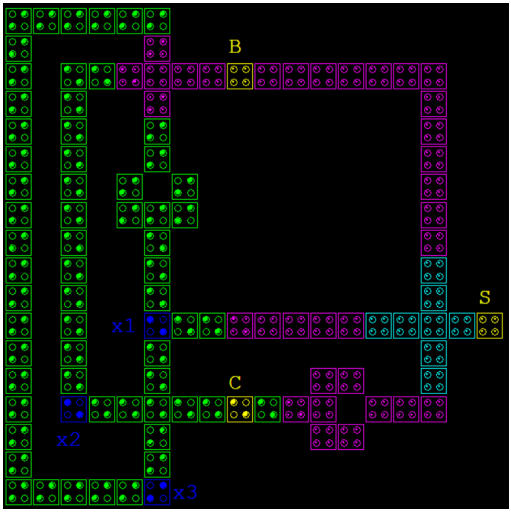


Рис. 4. Модель наносхеми однорозрядного суматора-віднімача на планшеті САПР QCADesignerE [5].

Загальна кількість КА в наносхемі складає: 107, розміри КА: (18x18) нм, відстань між центральними КА: 20 нм. Діаметр квантових острівців дорівнює 5 нм. Загальні розміри наносхеми (340x358) нм.

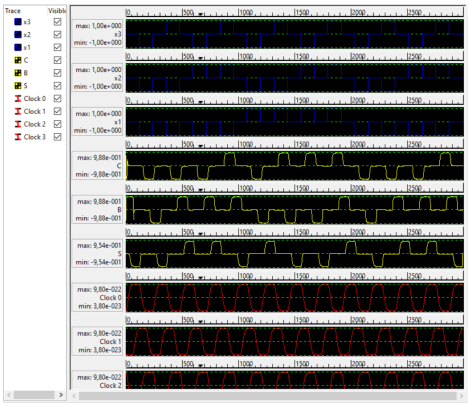


Рис. 5. Результати моделювання часових діаграм наносхеми однорозрядного суматора-віднімача при температурі 0 К

Повне розсіювання енергії (Sum_Ebath):
$5.15e^{-002}\ eV$ (Error: $+/-\ -4.76e^{-003}\ eV$).
Середнє розсіювання енергії за цикл (Avg_Ebath):
$4.68e^{-003}\ eV$ (Error: $+/-\ -4.33e^{-004}\ eV$).

Таким чином, моделювання осцилограм наносхеми підтверджують її працездатність в космічномих умовах згідно таблиці 1.

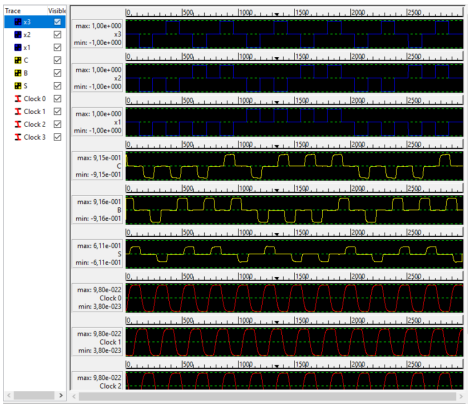


Рис. 6. Моделювання часових діаграм наносхеми при температурі 10 К

Повне розсіювання енергії (Sum_Ebath) :
$4.19e^{-002}\ eV$ (Error: $+/-\ -3.64e^{-003}\ eV$).
Середнє розсіювання енергії за цикл (Avg_Ebath):
$3.81e^{-003}\ eV$ (Error: $+/-\ -3.31e^{-004}\ eV$).

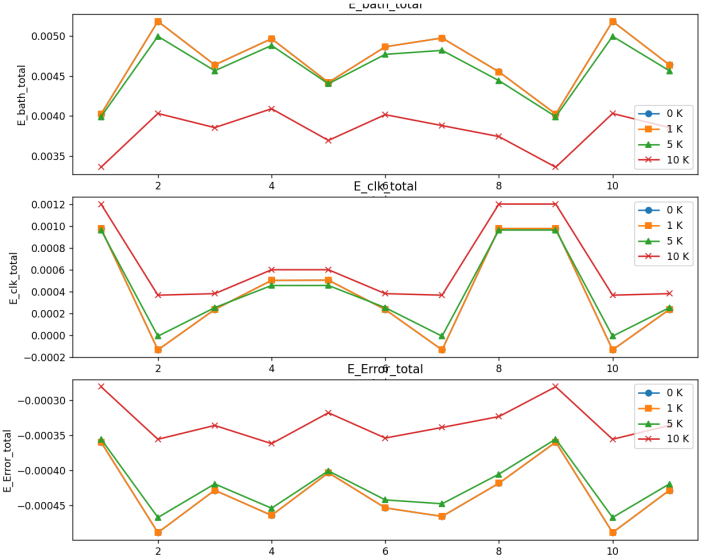


Рис. 7. Порівняння розподілу енергії наносхеми однорозрядного суматора-вичитувача по комірках при температурному впливі 0-10 К

Висновок. Отже підвищення температури від 0 до 10 К суттєво понижує працездатність наносхеми. Подальше підвищення температури до 25 К спричиняє відмову і можливу деструкцію її нанокомпонентів.

Список літератури

1. C. S. Lent, L. Mo, and L. Yuhui, "Bennett clocking of quantum-dot cellular automata and the limits to binary logic scaling," Nanotechnology, vol. 17, p. 4240, 2006.

2. J. Timler and C. S. Lent, "Maxwell's demon and quantum-dot cellular automata," Journal of Applied Physics, vol. 94, pp. 1050-1060, 2003.

3. J. Timler and C. S. Lent, "Power gain and dissipation in quantum-dot cellular automata," Journal of Applied Physics, vol. 91, pp. 823-831, Jan 15 2002.

4. Пакулов, Н. І., Мажоритарний принцип побудови надійних вузлів та пристроїв ЦВМ, с.87.

5. F. Sill Torres, R. Wille, P. Niemann, and R. Drechsler, “An energy-aware model for the logic synthesis of quantum-dot cellular automata,” IEEE Trans. on CAD of Integrated Circuits and Systems, accepted, to be published in 2018.

UDC 519.7:519.85(045)

O.Y. Churina, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Modeling of optimization problems in the electric power industry by function minimization methods

The proposed article considers the application of methods for minimizing functions of many variables for solving optimization problems in the electric power industry. It is noted that these methods are the random search method, the direct search method, and the statistical gradient method. The methods of linearization of optimization problems of nonlinear programming are analyzed.

I. Introduction

When searching for solutions to optimization electric power problems, methods of minimizing functions of many variables are used. Probabilistic modeling of random processes of power consumption makes it possible to implement the random search method as a method of minimizing functions of many variables. The random search method is characterized by the introduction of an element of randomness into the search algorithm. This method is based on the generation of the sequence $\{u_k\}$ according to the algorithm:

$$u_{k+1} = u_k + \alpha_k \varepsilon, k = 0,1, \ldots,$$

$\varepsilon = (\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n)$ —where α_k- positive value; realization of n - dimensional random variable ε with a known distribution law.

A variation of the random search method without learning is the statistical gradient algorithm [1]. It should be noted that random search algorithms without training do not have the ability to analyze the results of previous iterations, as well as to determine the direction of decrease of the minimized functions. These algorithms are characterized by slow convergence.

II. Problem statement

Simulation of complex electric power systems in the search for solutions to minimization problems involves the use of random search algorithms with training. These algorithms are characterized by the property of self-learning in the process of finding a minimum. The learning of the algorithm occurs in the process of changing the law of distribution of a random vector $\varepsilon = (\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n)$ depending on the iteration number and the results of previous iterations. At the same time, those directions in which the function under study is decreasing have become more probable, while other directions have become less probable. That is, random vectors $\varepsilon = (\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_n)$ with different distribution laws should be analyzed at different stages of this method. In this case, the iterative process of finding the minimum can be represented as [1]:

$$u_{k+1} = u_k + \alpha_k \varepsilon_k, k = 0,1, \ldots,$$

In the process of searching for an extremum according to these algorithms, the randomness factor decreases, the degree of determinism of the minimization algorithm increases, while random search factors predetermine its flexibility.

Minimization methods are also characterized by the area of convergence of the method, the stability of the method to errors, the breadth of the class of problems to which it is applied. The optimization problem of minimization in the presence of random errors predetermines the use of stochastic programming methods, as well as stochastic approximation. Iterative algorithms, during the implementation of which it is possible to obtain a vector of controlled variables—estimates x*, which correspond to the minimum value of the objective function of several variables, form the basis of direct search methods [2]. When solving problems of unconstrained optimization, it is recommended to use direct search methods, which are based on estimating the values of the objective function; gradient methods using the exact values of the first derivatives of the objective function; second-order methods that use estimates of both the first derivatives and the second derivatives of the objective function. In the case when, in the process of searching for a solution to an optimization problem, it is difficult to find an analytical expression for the derivatives of the objective function, then when using gradient methods, it is advisable to implement the procedure of difference approximation of derivatives. When analyzing multimodal objective functions, it is advisable to carry out the procedure for identifying local minima.

III. linearization methods for nonlinear programming problems

The search for solutions to optimization problems without constraints, as well as optimization problems with linear constraints, can be carried out using efficient algorithms. In this case, it is expedient to present the problem of conditional optimization as a parametric problem without restrictions. The search for a solution to the problem of conditional optimization is recommended to be carried out on the basis of methods of unconditional optimization as a sequence of optimization problems without restrictions [2]. In this case, it is recommended to apply an approach based on the linearization procedure, according to which the optimization problem can be reduced to a problem with linear constraints. The application of the linearization procedure allows one to apply linear programming methods both for finding a solution to a sequence of linear programming problems and for implementing iterative procedures of the simplex method. The linearization method used for the conditional optimization problem is as follows: the general nonlinear problem of mathematical programming is replaced by a problem that is formed on the basis of the linearization procedure for the functions that are part of the original problem. As a consequence, it seems possible to search for a solution to the resulting linear programming problem. In this case, the desired solution of the optimization problem is an approximation to the solution of a nonlinear problem.

The mathematical model of a nonlinear programming problem with linear constraints can be represented as [2]:

$$f(x) \to min$$

under restrictions

$$Ax \leq b,$$
$$x \geq 0,$$

where the objective function $f(x)$ is non-linear. The domain of admissible solutions is a polyhedron. Since the objective function is approximated by a non-linear

dependence, then, as a consequence, the corner point of the admissible solution area may not be the optimal solution. Moreover, if the objective function is not convex, then this problem can have many local minima. A mathematical model of a linear programming problem that has an optimal solution at an admissible corner point of a bounded admissible region can be obtained based on the linearization procedure at an admissible point x^0 of nonlinear programming with linear constraints. The desired mathematical model has the form:

$$\tilde{f}(x, x^0) \to min$$

under restrictions

$$Ax \le b,$$

$x^0 x \ge 0.$

When solving a linearized problem, a solution $\tilde{x}^*$ can be obtained, while the original nonlinear programming problem can have many local minima. Since the points and $\tilde{x}^*$ are admissible, the following inequality holds:

$$\tilde{f}(x^0; x^0) > \tilde{f}(\tilde{x}^*; x^0).$$

The nonlinear objective function f(x) is approximated at the point x^0 by a linear function:

$$\tilde{f}(x; x^0) = f(x^0) + \nabla f(x^0)(x - x^0),$$

$x^0$where is the linearization point;

$\nabla f(x^0)$ - the first derivative of the objective function at the linearization point.

$f(x^0) > f(x^0) + \nabla f(x^0)(\tilde{x}^* - x^0)$There is an inequality [2]:

$\nabla f(x^0)(\tilde{x}^* - x^0) < 0.$or

$(\tilde{x}^* - x^0)$The direction of descent is given by the vector

One-dimensional search is advisable to carry out on the segment:

$$x = x^0 + \alpha(\tilde{x}^* - x^0), 0 \le \alpha \le 1.$$

As a consequence, the solution of the linear programming problem allows us to determine the direction of the search for the optimal solution. The mathematical model of the general problem of nonlinear programming can be represented as follows:

$$f(x) \to min$$

under restrictions:

$$g_j(x) \ge 0, j = \overline{1, J};$$

$$h_k(x) = 0, k = \overline{1, K};$$

$$x_i^{(U)} \ge x_i \ge x_i^{(L)}, i = \overline{1, N}.$$

The application of the linearization procedure in estimating the solution $\hat{x}^{(t)}$ makes it possible to search for a linear programming problem whose mathematical model has the following form:

$$f(x^{(t)}) + \nabla f\left(x^{(t)}\right)(x - x^{(t)}) \to min$$

under restrictions:

$$g_j\left(x^{(t)}\right) + \nabla g_j\left(x^{(t)}\right)\left(x - x^{(t)}\right) \geq 0, j = \overline{1,J};$$
$$h_k\left(x^{(t)}\right) + \nabla h_k\left(x^{(t)}\right)\left(x - x^{(t)}\right) = 0, k = \overline{1,K};$$
$$\hat{x}^{(t+1)} x_i^U \geq x_i \geq x_i^L, i = \overline{1,N}$$

x_iIt is expedient to search for a new approximation by applying linear programming methods [2]. For convergence to the optimal solution, the following is sufficient: the set of points $\{\widehat{x^{(t)}}\}$ must satisfy the condition that the values of the objective function and the constraint residual at the point $x^{(t+1)}$were less than their values at the point $x^{(t)}$. It should be noted that it is advisable to carry out the linearization procedure only in the vicinity of the base point $x^{(t)}$. At the same time, in the vicinity of the base point of the linearized subproblem, the variables
must satisfy the constraints:

$$-\delta_i \leq x_i - x_i^{(t)} \leq \delta_i, i = \overline{1,N},$$

where $\delta_i$is the step parameter.

h_iFor the convergence of the algorithm, it is advisable to choose the step parameter in such a way that the value of the objective function decreases, while at each iteration the residuals on the restrictions also decrease. The application of the linearization procedure to find the direction of descent serves as the basis for the development of efficient optimization algorithms. The analysis of a non-linear programming method involves consideration of the steepest descent phase, as well as the linear programming phase. The steepest descent phase is characterized by an increase in the degree of admissibility of the solution vector x, taking into account the constraints (x)=0 and $g_i(x) \geq 0$. The steepest descent procedure unconditionally minimizes the sum of squared residuals. The sum of squared residual errors is estimated before the start of each phase of the steepest descent and each stage of the linear programming method, and regardless of whether the previous flow vector of solutions x belongs to the admissible region of solutions of the nonlinear programming problem. Acceleration or deceleration of computational procedures at the stage of linear programming is achieved based on the change in $\Delta x_{j_{max}}$. If the desired point, given by the vector x, oscillates in the vicinity of a ridge or valley, then the parameter is analyzed, which changes sign if two successive steps Δx_j are opposite in sign. This parameter also affects the value of the counterγ_j , used to determine the need to change the step length limit . The value of the counter is determined by a number indicating the number of times to move along the variable x_j in the same direction.

When the condition

$$\left|x_j^{(k)} - x_j^{(k-1)}\right| \leq \varepsilon$$

the iterative process of finding the optimal solution ends. Provided that the analyzed point belongs to the admissible area of the solution of the optimization problem, the process of searching for the optimal solution passes into the phase of linear programming.

The algorithm of the nonlinear programming method predetermines the superposition of the steepest descent phase and the linear programming phase. If the objective function and constraints of the optimization problem are non-linear, then it is recommended to search for a solution to the non-linear programming problem based on the generalized reduced gradient method. According to this method, it is advisable to use linear-approximating algorithms. In this case, the mathematical model of the nonlinear programming problem can be represented as: minimize f(x), x$\in E^n$ under restrictions:

$$h_i(x) = 0, i = \overline{1,m},$$
$$L_j \leq x_i \leq U_j, j = \overline{1,n}.$$

Constraints - equalities express the dependence between the variables of a nonlinear programming problem in an implicit form. As a consequence, difficulties arise in reducing the dimension of the problem. However, the reduction in the dimension of the problem is possible due to the method of limited variations; in this case, the reduced gradient can be used as a criterion in the search for optimality. The reduced gradient method can be implemented when searching for a solution to an optimization quadratic programming problem.

IV. Conclusions

Simulation of complex electric power systems in the search for solutions to minimization problems involves the use of random search algorithms with training. These algorithms are characterized by the property of self-learning in the process of finding a minimum.

The optimization problem of minimization in the presence of random errors predetermines the use of stochastic programming methods, as well as stochastic approximation.

The application of the linearization procedure allows one to apply linear programming methods both for finding a solution to a sequence of linear programming problems and for implementing iterative procedures of the simplex method.

References

[1] Y.A. Veremiychuk, V.P. Opryshko, I.V. Prytiskach, O.S. Yarmolyuk. Optimizing the operation of integrated energy supply systems for consumers: monograph.- Kyiv: Kiy Publishing House, 2020. -186 p. (Ukrainian)

[2] H.P. Donets. Extremal problems on combinatorial configurations: monograph / H.P. Donets, L. M. Kolechkina. – Poltava: RVV PUET, 2011. – 309 p. (Ukrainian)

UDC 629.7.03:681.51:004(045)

S.S. Tovkach, Cand. Of Sci.(Engineering)
(National Aviation University, Ukraine)

Formation of algorithms for calculation of unstable modes of aviation gas turbine engine

An approach of formation the algorithms of calculation the unstable modes of the aviation gas turbine engine has presented. It is shown that the Euler method used in integration (or another, for example, the Runge-Kutta method of the fourth order), in combination with the numerical method of functional minimization used by the solver discontinuity (for example, Newton's method) is effective for solving a number of project reference tasks and at the same time allows you to make a process adding dynamic factor accounting to the SE model is simple and clear.

Introduction. The process of modeling and researching various unstable modes of aviation engine (AE) operation in the simulation system takes place in several stages according to the principles described in [1-7]. The basis for the formation of mathematical models of gas turbine engines is the principle of simulation modeling, which allows to realize the universality of the process of forming engine models and to ensure the connection with external conditions and with the project reference situation. The subject basis of the system is: output modules (library of functional elements) that describe the processes in the elements of the gas turbine engine (GTE) and its automatic control system (ACS) in uniform requirements that ensure the simplicity of their joint work as part of the model; conditions of joint operation of these modules; the technology of setting conditions for various project reference tasks.

The goal of this research is the formation of the main stages of the algorithm for calculation the unstable modes of aviation gas, which ensure the principles of the synthesis of thermo gas dynamic models, the implementation of the law of conservation of matter, the law of conservation of energy.

Formation of the engine model. According to the named initial positions, the engine model formation algorithm consists of the following main stages:

1) synthesis of the model through its set of elementary typical modules (structural elements (SE)), which determine the selected scheme and indication of thermo gas dynamic, mechanical, hydraulic, etc. (flow tracing);

2) setting parameters and characteristics of modules (SE);

3) setting the conditions that implement the given project reference task (formalized construction of a system of managed non-connections);

4) setting conditions for the problem of multivariate and (or) multimode analysis and (or) synthesis (with tabulation of parameters).

The nomenclature of input and output parameters, reserved "ports" for SE information connections allow you to create models of various engines and Energy Installations (EI) from them, perform various design reference procedures with the help of a solver (SIM processor), and solve problems arising in operation taking into account object modeling.

The system allows you to simulate the unstable modes of operation of various schemes: multi-shaft, double-circuit, with an afterburner, as well as various mechanization, actuation of valves, bypass belts, rotation of input guide devices, control of the geometry of the jet nozzle, etc.

The synthesis of the model is carried out according to the engine scheme [1, 5]. Consider the mathematical model of an arbitrary engine. In the proposed technology, models are formed, their debugging, testing and use are carried out, with a consistent increase in the nomenclature of factors that are taken into account, including time factor and dynamic factors. Therefore, at the initial stage, SE models for modeling any engine (in stationary modes) include the following equations.

Power balance equation:

$$N_{Ti} - N_{Ci} - N_{AGGR} = 0, \tag{1}$$

where i is the number of the rotor (single-shaft, two-shaft, continuous GTE).

For the main combustion chamber, the relative fuel consumption is determined taking into account the variable heat capacity of air and combustion products in the heat balance equation

$$q_H = f\left(T_G^*, T_C^*, \eta_z, Hu\right). \tag{2}$$

Characteristics of compressors:

$$\pi_{Ci}^* = f\left(G_{F_GIVi}, n_{givi}\right); \ \eta_{Ci}^* = f\left(G_{F_GIVi}, n_{givi}\right). \tag{3}$$

Characteristics of turbines:

$$A_{Ti} = f\left(\pi_{Ti}^*, n_{Ti}\right); \eta_{Ti}^* = f\left(\pi_{Ti}^*, n_{Ti}\right). \tag{4}$$

Characteristics of the combustion chamber (and afterburner in the case of TREF):

$$\eta_G = f(P_C^*, \alpha_{CCh}). \tag{5}$$

Characteristics of the jet nozzle:

$$\mu_n = f\left(\pi_n^*\right), \varphi_n = f\left(\pi_n^*\right). \tag{6}$$

Control programs are set by condition

$$Y_j = f\left(X_j\right), \tag{7}$$

where Y_j are parameters whose values are maintained by the regulation system (regulated parameter); X_j are parameters that provide regulation (regulatory, control actions).

Monitoring of dynamic factors. The inertia of the rotors is taken into account by an algorithm based on the energy equation, accounting for it is necessary even in low-frequency processes. To account for this factor, the dynamic correction for power (transmitted from the compressor to the turbine) is determined in the SE (compressor or turbine, or in both SEs with the division of the moment of inertia into parts) in accordance with the equation: $\Delta N_{dyni} = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \cdot J_i \cdot n_i \cdot \frac{dn_i}{dt}$.

Calculations can be carried out in different forms of specifying external influences, when the dependence of any parameter on time is explicitly specified, when the dependence of a pair of parameters is specified on each other. These problems can be solved by models where the elements of the control system (for example, the fuel supply regulator) are present explicitly, in the form of modules with their static and dynamic characteristics, and implicitly in the form of cycles in the calculation law. In the first case, the static characteristic, for example, of the fuel supply regulator, is used in the same way as the characteristics of compressors and turbines, only here we have the dependence of fuel consumption on the pressure behind the compressor and the rotation frequency (or for example α_{ECL}). In dynamics, dynamic characteristics can be used to form fuel supply control algorithms.

For supported parameters (for example, for fuel consumption) there is the possibility of setting values in the form of a tabular function or algorithmic dependencies. The tabular function is placed in a file and the values of the supported parameter are read in the calculation process depending on the selected argument (for example, $G_T = f(n_K)$, $G_T = f(P_K)$, $G_T = f(\tau)$).

Initial values (first approximations) of varying parameters are also specified in the calculation law. The method is implemented in the LabVIEW system solving systems of nonlinear equations [3,4], allowing to solve differential equations (DEE) describing unstable modes of opeation of aviation GTE using Newton's and Euler's methods (Runge-Kutta).

For remote control solutions describing unspecified modes of operation GTE, the system uses the Euler method (or to achieve more high accuracy - Runge-Kutt method of the fourth order) [2,5]. By the system solves the reduction of inconsistencies to the errors specified in the parameters successively each of the equations in the calculation law, maintaining the values of the specified constants by varying the parameters. So, the system of equations is solved at the initial time. Further, during the calculation modes that have not been established, the connection between temporary subspaces is carried out through integrated parameters (pressure derivatives, temperature, costs, revolutions, etc.). Solving DEE by the Euler (Runge-Kutta) method (initial conditions are set directly in nodes, the derivatives are in finite differences), the system begins to solve the system of complex equations of a new moment of time, etc.

The joint use of methods gave good results: provided reducing calculation time, stability of the computing process and the ability to effectively manage the accuracy of calculations. Accuracy of the solution equations when calculated by the iterative method ultimately boil down to ensuring selection conditions through successive approximations.

The accuracy of the calculation will depend on a number of factors:

1) factors determined by objectivity, credibility and depth descriptions of the processes taking place in the engine;

2) factors related to the reliability of the reference and the original material;

3) factors determined by accepted methods or methods of calculation.

Conclusion. The possibility of accounting for the first two groups of factors is basically determined by the modern level of engine theory. To the third group of factors include the following: the value of the final step of approximations in the calculation, the accuracy of ensuring selection conditions, etc. When solving a complex the selection of the system of equations is carried out by the sequential method approximations in the form of "rings", the specified value is selected parameter, the fulfillment of the selection conditions is calculated, after which the selected parameter changes, etc. "Ringing" at the decision of each the equation is "covering" with respect to the following equation. The actual error of execution "covered ringing" is always less error when performing "covers".

If you specify the value of the error of the fulfillment of the selection conditions, which is equal to the value of the actual error caused by the approximation steps, then convergence of approximations may be difficult. Therefore, it is desirable that the specified error of meeting the selection conditions was greater than the actual one errors. The calculation error of the engine output data is composed from errors in fulfilling all selection conditions.

References

1. *Marian Hocko, Samer AI-Rabeei*. Analysis of unstable mode of a free gas turbine of turbo-compressors engines / MATEC Web of Conferences – 2021 – 345:00009. **DOI:** 10.1051/matecconf/202134500009.
2. *S.A. Meguid.* Multiple blade shedding in aviation gas turbine engines: FE modeling and characterization / International Journal of Mechanics and Materials in Design – 20(4) – 1-8. **DOI:** 10.1007/s10999-023-09696.
3. *Stanislaw Noga, Kaja Maciejowska, Tomasz Rogalski.* Vibration analysis of an aviation engine turbine shaft shield/ Aircraft Engineering and Aerospace Technology – 93(9) – 1478-1487. **DOI:** 10.1108/AEAT-11-2020-0274.
4. *Carsten Clemen, Murthy Ravikanti, Nicholas La Bianca.* Consideration for Hydrogen Fueled Aerospace Gas Turbine Combustion Sub-System Design / Conference: ASME Turbo Expo 2024: Turbomachinery Technical Conference and Exposition – 2024 – 122593. **DOI:** 10.1115/GT2024-122593.
5. *Marcus Wiegand, Lukas Schuchard, Tony Kruger, Ronald Mailach.* Development of a Modular Engine Performance Calculation Tool for Prediction of Conventional and Hybrid-Electric Aircraft Engines / Conference: ASME Turbo Expo 2024: Turbomachinery Technical Conference and Exposition – 2024 – 125821. **DOI:** 10.1115/GT2024-125821.
6. *Zhong-hong Chang.* Numerical Simulation of Steady and Transient Working Progress in Aviation Gas Turbine Engine/ A1AA SPACE 2009 Conference &Exposition – 2009 - 6657. **DOI:** 10.2514/6.2009-6657.
7. Cuiqi Zhang*, Longfei Chen, Shuiting Ding.* Mitigation effects of alternative aviation fuels on non-volatile particulate matter emissions from aircraft gas turbine engines: A review / The Science of the Total Environment – 2022 – 820(45): 153233. **DOI:** 10.1016/j.scitotenv.2022.153233.

UDC 656.71.057

Yu.M. Kvach PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Simulation of observation of glissade LEDs

The aerodrome system of glide fires facilitates piloting during approach aircraft. According to the observed color and signal intensity, the pilot must immediately determine the altitude above the runway. The development of LED technology allows to design the LED equipment for aerodrome light signaling systems - PAPI glide path. Design features with an LED module, the angles of installation of the glide path, the difficulty of observing the airfield LED fires - these factors influence eye contact decision. If the glide path system fails, the crew will not be able to determine the location in space. To solve the complex problem of controlling the perception of LED signals during approach aircraft, a tool using the MatLab interface is offered. The tool simulates the perception of light created on the retina of the pilot eye from the glide path system at the aerodrome in the MatLab interface. The possibility to simulate lighting will help significantly reduce the risk of air crashes.

Problem statement

Taking into account that visibility of a glide fire must be provided from a certain area of space, it is clear that the photometric figure (frame) must be normalized in accordance with ICAO recommendations [1] Spatial radiation parameters (Fig. 1) provide the necessary guidance during approach. In addition to the above lighting requirements, it is necessary to take into account that the isocandel curves are constructed for the minimum values of the red color intensity.

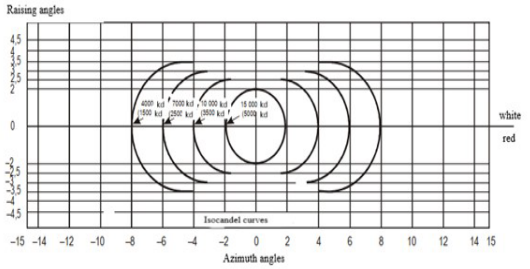


Fig. 1. Distribution of light intensity of PAPI and APAPI

Also, the light intensity in the white sector of the beam should be not less than two times and not more than 6.5 times the intensity of light in the red sector. According to the perception of light color by the pilot, it is necessary that the colors of glide path fires correspond the requirements of the International Commission on Illumination (ICI) (Fig. 2) [2]. But it is impossible to set color characteristics so as to completely eliminate the possibility of their misperception.

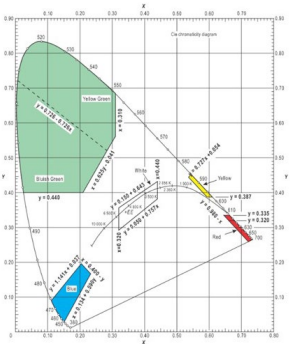


Fig. 2. Color of LED aerodrome fires of the glide path

For reliable recognition, it is important that the illumination in the eye significantly exceeds the perception threshold and the color does not change significantly due to selective atmospheric attenuation (absorption) and the color vision of the pilot was normal. There is also a risk of distortion of color perception in very strong illumination of the eye, which is caused by a source of high light intensity at close distance. It is known from experience that satisfactory recognition is possible if sufficient attention is paid to these parameters. The color characteristics are based on the study of visual perception and correspond to the coordinate system adopted by lighting commission ICI. The color parameters of the glide path are compared with the parameters determined on the outer curve of the isocandel (fig.1), to ensure that there is no color change to prevent incorrect reading of the light signal by the pilot.

Materials and methods

The development of LED technologies has allowed to develop a project of LED aerodrome glide path NL 03V-PAPI-WR (Fig. 3). The most important quality in the use of LED modules in the design of PAPI system is the possibility to create directional light.



Fig 3. Glide path fire NL 03V-PAPI-WR

The NL 03V-PAPI-WR LED glide path fire consists of six white and six red Cree LEDs (Fig. 4).

In the research of light radiation of LED glide path fire light has the following parameters (Fig. 5):

- by color: x = 0.6903 y = 0.3094 / u/ = 0.5179 v/ = 0.5222
- 100 percent color purity at 619.5 nm wavelengths
- luminous flux 211.9 lm
- the radiation color of the LED module corresponds to the color factor RGB: R = 95.7% G = 4.3% B = 0.0%



Fig. 4. Glide fire consists of six white and six red LEDs

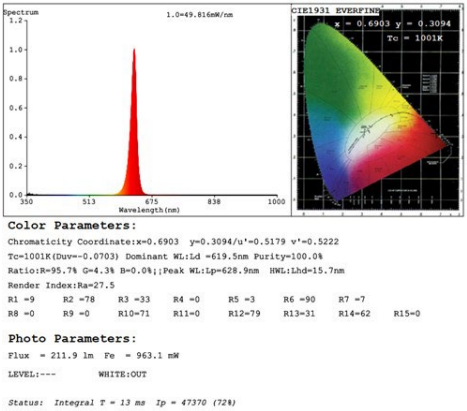


Fig. 5. The result of the research of the color characteristics of PAPI glide path fire

Experiments

To solve the problem of observing light signals from LED glide path fires, a toolbox using the MATLAB interface is proposed [3-5]. The proposed toolkit allows to simulate fragments of a light signal picture in the time shortage conditions at the stage of visual piloting. With the help of tools in the environment MatLab the illumination which is created on the retina of the pilot eye from the glide path LED fires system depending on the input of respective data is simulated:

- light distribution of glide path in the format of ies-files [4]

- the coordinates of the pilot relative to the system of glide path to determine the trajectory between the light emitter and the receiver;

- location of the glide path on the runway;

- parameters that characterize the complexity of meteorological conditions due to background brightness (L_{back}), atmospheric transparency and meteorological visibility (MVR).

Toolkit allows to get:

- lighting created by the glide path system on the retina of the pilot's eye (E_0);

- Allard illumination created by the light of glide path fire on the retina of the pilot's eye (E_A):

$$E_A = (I / R^2)\, \tau^R, \qquad (1)$$

where E_A is lighting created by the glide path system on the retina of the pilot's eye at a distance R;

τ is the specific transmittance coefficient of the atmosphere (transmittance of atmospheric layer thickness of unit length);

- general illumination created by the light of the glide path system on the retina of the pilot's eye (E);

- threshold of illumination that allows to estimate visibility of glide path fires depending on difficult meteorological conditions;

Threshold illumination E_{thr} depends on the brightness of the background and is a continuous function approximated by the expression:

$$\log E_{thr} = 0.05(\log L_{bgr})2 + 0.57\log L_{bgr} - 6.66, \qquad (2)$$

where E_{thr} is threshold illumination, lx;

L_{bgr} is the brightness of the background, cd/m^2;

- graphic representation of illumination from the glide path system;

- graphic representation of illumination created by each aerodrome fire from the glide path system (Fig. 6);

- graphical representation of the light signal radiation direction of the glide path LED fires.

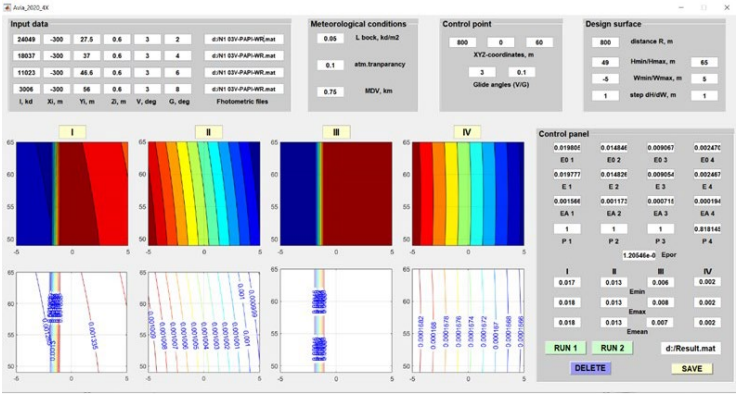


Fig. 6. Graphic representation of light radiation of glide path LED lights

Simulating the direction from one LED fire of the glide path system and from the glide path system with the respective light intensity on the retina of the pilot's eye allows to get conclusions about their contribution to the overall picture of the visual indication perceived by the pilot.

References

1. International Civil Aviation Organization. (2017) Electrical Systems, Aerodrome Design Manual. Second Edition (Doc 9157, Part 5) International Civil Aviation Organization. Montreal, Canada.
2. International Commission on Illumination. Colorimetry/ (2019) Color Space 1976 L * a * b * (ISO / CIE 11664-4: 2019 (E)) (Part 4).
3. Kvach Yu. Participation in the development of the research plan and modeling. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2018.04.021
4. Kvach Yu. (2019). Modeling illumination on the retina of the pilot's eye during in complicated meteorological conditions in MATLAB environment. Svitlotekhnika and elektroenergetika. Volume 55. https://doi: 10.33042/2079-424X-2019-2-55-59-62.
5. Kvach Yu. (2021). Observations of LED Side Lights at the Stage of Visual Piloting. Safety in Aviation and Space Technologies. Pages 1-13. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_1
https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-85057-9_1.

UDC 629.735:681.5:004.94(045.3)

O.L. Leshinskij, PhD, N.P. Sokolova, PhD,
I.V. Prokhorenko, PhD, O.O.Prykhodko
(National Aviation University, Ukraine)

Neural network of forecasting electricity consumption by airports

The article analyses the possibilities of forecasting the volumes of electricity consumption by airports using software based on neural networks. A review and comparative analysis of the available software for the task is carried out.

Neural network Forecasting is a very popular topic, given the large impact on business profitability, by minimizing costs. For the energy sector, consumption forecasts are the basic source information for decision making in the process of planning optimal modes of operation and development of the power system. As the main tasks solved on the basis of the received forecasts of consumption of the electric power, it is possible to allocate the following:

1) planning of development of generating capacities and electric networks of electric power system;

2) tariff planning;

3) planning the loading of power plants for the next day, energy and power generation, fuel needs;

4) planning of repair works of the main equipment of power plants and networks.

Traditional statistical models (regression and time series models) and models based on expert systems and neural networks can be used to solve the problem of forecasting electricity consumption [1,8]. The most commonly used models are neural networks. This is due to the fact that it is not necessary to build a model of the object, does not lose performance with incomplete input information. Neural networks are resistant to interference, have high speed.Predicting electricity consumption using artificial neural networks is one of the most actively developed in the energy sector. This is due to the fact that this structure is a universal approximator and is able to build complex nonlinear dependencies, which allows you to successfully predict. he difficulty of creating a neural network is the unavailability of data for its training [2,9-10]

A neural network is a system of simple processors (neurons) connected and interacting with each other. A neuron is the basic element of a neural network, a single simple computational processor capable of perceiving, transforming and propagating signals; in turn, combining a large number of neurons into one network allows solving quite complex problems.

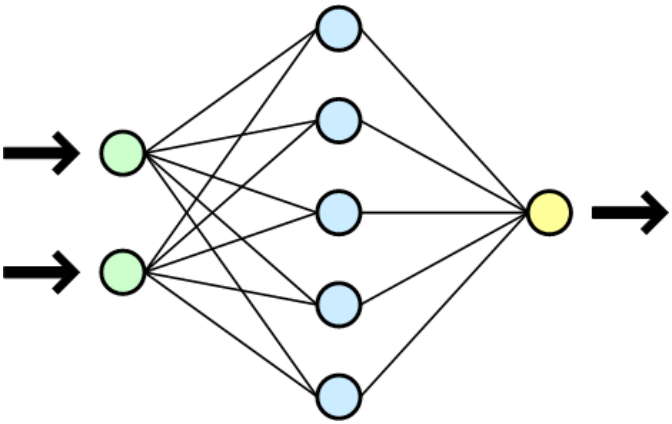


Fig. 1: Structural diagram of a neural network (green colour - input layer of neurons, blue - hidden (intermediate) layer of neurons, yellow - output layer of neurons)

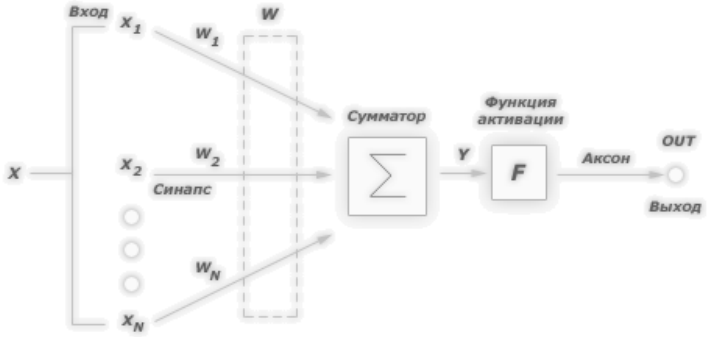


Fig. 2: Schematic of a neuron

The neural network approach is free from model constraints, it is equally suitable for linear and complex nonlinear problems, as well as classification tasks. Training of a neural network primarily consists in changing the 'strength' of connections between neurons. Neural networks are scalable, they are capable of solving problems both within a single piece of equipment and on a plant-wide scale.

Application of neural networks is a rather powerful method of forecasting, which allows to reproduce rather complex dependencies.

Consequently, for high-quality forecasting it is necessary to use qualitatively prepared data, as well as neural packages with greater functionality. There are quite a large number of specialised programs for working with neural networks, some of

which are more universal, others are highly specialised. Let's briefly consider some of the applied programmes:

1. Matlab is a desktop laboratory for mathematical calculations, electrical circuit design and modelling of complex systems. It has a built-in programming language and a very rich toolkit for neural networks - Anfis Editor (training, creation, training and graphical interface), command interface for programme setting of networks, nnTool - for finer network configuration.

2. Statistica - quite powerful software is used for searching and analysing data and identifying statistical patterns. In this package work with neural networks is presented in the module STATISTICA Neural Networks (abbreviated as ST Neural Networks, neural-network package by StatSoft), it is an implementation of the whole set of neural network methods of data analysis [3].Statistica package is designed for statistical analysis, and self-organising maps are presented in it as a separate module).

3. NeuroShell Day Trader is a neural network system that takes into account the specific needs of traders, although it is easy to use, the programme is rather highly specialised [6-7].

4. The program TensorFlow [4,5] is created for working with neural networks by Google and released under the open licence Apache 2.0. The construction of models for working with time series is performed according to the recommendations of the library developers in the Python programming language. Modelling is possible for basic, linear, dense, multistage, recurrent and convolution models.

1. The simplicity of the linear model allows to ‘increase the weight’ for each parameter.

2.The difference between the dense model and the linear model is that there are additional layers between the input and output. The model has the following form:

```
dense = tf.keras.Sequential([
  tf.keras.layers.Dense(units=32, activation='relu'),
  tf.keras.layers.Dense(units=32, activation='relu'),
  tf.keras.layers.Dense(units=1)
```

3.Multistage dense model, for multistage model use training data for a period in time, three time data-current, previous, pre-previous. The code of the model is in the form of:

```
multi_step_dense = tf.keras.Sequential([
  tf.keras.layers.Flatten(),
  tf.keras.layers.Dense(units=32, activation='relu'),
  tf.keras.layers.Dense(units=32, activation='relu'),
  tf.keras.layers.Dense(units=1),
  tf.keras.layers.Reshape([1, -1]),
```

4.The convolutional model was proposed by Jan Likun in 1988 and is one of the more efficient modern models, based on a simulation of the biological eye. The essence of convolutional model is the use of convolutional layers that utilise the

convolution operation of data transfer to subsequent spheres. This model is widely used in medicine, retail, automotive, marketing and computer vision.
The code of the model is as follows,

```
conv_model = tf.keras.Sequential([
  tf.keras.layers.Conv1D(filters=32,
])
2.6
        kernel_size=(3,),
        activation='relu'),
tf.keras.layers.Dense(units=32, activation='relu'),
tf.keras.layers.Dense(units=1),
```

5.The recurrent model (LTSM) builds parallel links (approximate graph) and uses long and short term memory. This model is used particularly in speech recognition. Model code:

```
lstm_model = tf.keras.models.Sequential([
  tf.keras.layers.LSTM(16, return_sequences=True),
  tf.keras.layers.Dense(units=1)
```

Building a satisfactory forecast of the airport's electricity consumption remains an urgent task that requires continuous attention. One of the explanations is the accounting and calculation of planned costs for the purchase and consumption of electricity. The airport, being a large electricity consumer, is naturally a participant of the wholesale electricity market, and its purchase is associated with a preliminary analysis of the required volume. Deviations of its real consumption from the purchased volume to a lesser extent generate risks of penalties for suppliers, and to a greater extent - risks of additional purchase of electricity at a much higher (naturally) non-optimal price. In addition, an overestimated forecast of electricity consumption may contribute to the growth of costs for inefficient and useless use of already purchased electricity. Therefore, the satisfactory reliability of the forecast of electricity consumption by the airport, the quality of its planning and the cost-effective discipline of electricity supply operation contributes to the effective management of electricity consumption.

Conclusions

Therefore, we can conclude that the use of neural networks can provide profit on financial markets beyond its normal value. However, the effective solution of forecasting problems is achieved only when the neural network is trained on a large amount of data and a high-quality training sample is used. In this case, the algorithm will give a satisfactory result, but without a full set of data, the neural network is fundamentally unable to learn. Thus, the further direction of research on the application of neural networks for forecasting the volume of electricity consumption

by the airport will be the creation of formalised approaches to the formation of the information base for the application of these software products.

References

1. Haikin S. Neural networks: a full course. 2nd ed. M .: Williams, 2006. P. 89-102.
2. Derya Aydın, Hüseyin Toros: Prediction of Short-Term Electricity Consumption by Artificial Neural Networks Using Temperature Variables // European Journal of Science and Technology No. 14, p. 393-398, December 2018, URL: https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/616792.
3. Prasanna Kumar, Dr. Mervin Herbert, Dr. Srikanth Rao: Demand forecasting Using Artificial Neural Network Based on Different Learning Methods: Comparative Analysis // International journal for research in applied science and engineering technology, URL: https://www.ijraset.com/fileserve.php?FID=381.
4. www.tensorflow.org
5. Amita Kapoor, Antonio Gulli, Sujit Pal (2022) Deep Learning with TensorFlow and Keras (Third Edition). Packt Publishing
6. Andrienko V.M., Tulyakova A.S. (2011), "Analysis and modeling of the dynamics of the Ukrainian stock markettion", *Scientific Journal "Aspect",* vol. 2, pp. 34.
7. Wasserman F. (1992), *"Neurocomputing: Theoriya and practice"*, USA.
8. Garyachevska I.V., Movenko S.Y. Development of artificial neural networks for forecasting electricity consumption // KhNTU Bulletin №3(66), Vol. 1.2-18. C. 250- 259
9. T. Dzheria, V. Shenchuk Forecasting electricity consumption using neural networks// Control, Navigation and Communication Systems. 2023. No. 2. P.42-44 doi: 10.26906/SUNZ.2023.2.042
10. Claudio Guarnaccia, Joseph Quartieri, Carmine Tepedino , Svetoslav Iliev, Silviya Popova. Neural Network and Time Series Analysis Approaches in Predicting Electricity Consumption of Public Transportation Vehicles// WSEAS transactions on environment and development, Vol.11, 2015. P. 312-324

УДК 621.387.14: 661.96: 662.76

С.В. Єнчев, д.т.н.[1], М.В. Остапчук, к.т.н.[1,2]
[1](Національний авіаційний університет, Україна
[2]Інститут газу НАН України, Україна)

Воднева енергетика: огляд сучасних плазмових технологій та майбутні перспективи для використання на транспорті

Досліджені шляхи отримання водню та підвищення енергетичної ефективності процесів переробки небезпечних відходів, маючи на увазі реалізацію принципу «Waste-to-Energy» («відходи - в енергію»).

Сьогодні паливно-енергетична та екологічна проблеми набувають все більшу актуальність і масштабність. У найближчі десятиліття збільшення енерговиробництва тільки за рахунок органічних палив неможливо, оскільки їх запаси обмежені. Одним із перспективних носіїв в даний час є водень (у рідкому і газоподібному станах).

Воднева енергетика зростає як важливий напрямок у розвитку технологій чистої енергії, особливо в сфері транспорту. Водень може бути використаний у різних формах для забезпечення енергії для автомобілів, автобусів, вантажівок і навіть літаків.

Водень відповідає багатьом вимогам, що пред'являються до палив. Він є екологічно чистим видом палива. По відношенню до бензину водень має в 3 рази більшу теплотворну здатність, в 13-14 раз меншу енергію запалювання і те, що суттєво важливо для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), більш широкі межі запалювання паливно-повітряної суміші [1]. Така значна повнота згоряння дозволяє підвищити ефективність двигунів, зменшити питомі витрати палива, зменшити масу і габарити двигуна.

В той самий час до недоліків водню як палива в чистому вигляді можна віднести падіння потужності ДВЗ в порівнянні з бензиновим аналогом. Дуже «жорсткий» процес згоряння воднево-повітряних сумішей в області стехіометричного складу приводить до детонації на режимах високих навантажень. Ця особливість водневого палива потребує значних змін конструкції ДВЗ [1, 2].

З методами відновлювано-водневої енергетики та паливно-комірчаних технологій пов'язані технології переробки небезпечних відходів. На сьогодні практично є забороненими популярні колись методи спалювання будь-яких відходів, небезпечних – зокрема. Справа в тому, що в такому випадку локальні забруднення земної поверхні перетворюються в забруднення токсичними речовинами атмосферного повітря, які можуть охоплювати значні території. Тому серед вогневих методів нині найбільш поширеними є високотемпературні, для яких характерною є газифікація вуглецевмісних відходів з утворенням водню в продуктах газифікації. А також вода або водяна пара, яка є одним з найбільш чистих реагентів у процесах газифікації, також є одним з джерел утворення водневої компоненти.

Крім того, для гарантованого підтримання процесу газифікації в пропонованих технологіях застосовуються пароводяні плазмотрони, потужність яких може перевищувати сотню кВт. Найбільш доцільно використовувати для їхнього живлення електричну енергію, яка виробляється у процесі переробки відходів за рахунок спалювання частини продуктів газифікації в газодизельних електростанціях чи з використанням парових турбін. Оскільки ККД таких технологій генерування електричної енергії на сьогодні не перевищує 30%, то перспективним є використання для потреб енергетичного самозабезпечення таких установок паливних елементів, які мають істотно вищий ККД, ніж згадані вище джерела електричної енергії [3].

Винятковою перевагою плазмових технологій газифікації відходів є високі термодинамічні параметри процесу. Тому тут не має обмежень щодо якості вуглецевої сировини, що газифікується. Ця перевага дозволяє також переробляти навіть найнебезпечніші хлоровмісні відходи.

Для України, як і багатьох інших країн світу, характерні значні обсяги дуже складного для переробки представника небезпечних відходів – донних мулів (ДМ), забруднених важкими металами. Джерелом походження, яких стали стоки гальванічних та радіотехнічних виробництв, які без належного очищення скидалися у міські каналізації у 70-80-х рр. Наприклад, лише на Бортницькій станції аерації (БСА) м. Києва таких відходів накопичено близько 9 млн. т. Вони знаходяться на мулових полях, захищених дамбами заввишки до 10 м, сумарна площа яких становить 272 га. Хімічний аналіз ДМ свідчить, що вони мають високий вміст вуглецю. Справді, їх склад у перерахунку на суху беззольну масу має такий вигляд: 35,4-87,8 C; 4,5-8,7 H; 0,2-2,7 S; 1,8-8,0 N; 7,6-35,4 O [4].

В останні десятиліття загальновизнаним стало технологічне рішення, яке передбачає так звану вітрифікацію зольного залишку після термічної переробки донних мулів [5]. Вона включає рідке шлаковидалення в процесі термічної переробки відходів. Важкі метали залишаються інкорпорованими в лавоподібній масі цього розплаву та після його охолодження втрачають властивість вилуговуватися в навколишнє середовище. Отримані гранули перестають бути екологічно небезпечними і можуть використовуватися, наприклад, для відсипання доріг. Для процесу вітрифікації потрібен рівень температур понад 1400 ° C.

Узагалі кажучи, в західній науковій літературі представлені цілі пласти публікацій з переробки донних мулів, починаючи з 70-х рр. минулого століття, коли почалася наукова розробка цієї проблеми. Загальний підхід до цих та інших відходів переробки на Заході полягає в реалізації принципу «Waste-to-Energy» («відходи - в енергію»). Оскільки оптимальні рівні температури переробки відходів (≥1100 ° C для хлорвмісних і ≥1400 ° C для донних мулів) є також оптимальними для проведення процесів газифікації твердих палив [6], то логіка розвитку технологій переробки небезпечних відходів полягає в тому, щоб, з одного боку, здійснювати її в режимах, наближених до газифікації, а з іншого - організувати цей процес таким чином, щоб небезпечні складові відходів перевести в стан, в якому вони є нейтральними по відношенню до навколишнього середовища. Якщо дотримуватися принципу «відходи - в енергію», отримуючи, наприклад, надлишкову по відношенню до власних

потреб електричну енергію, то процес може стати комерційно привабливим (див. Рис.1).

Ключовим питанням, яке досліджується, є досягнення максимальної енергетичної ефективності процесу газифікації змішаних необроблених органічних відходів. Ідея сумісної газифікації відходів є ключовим елементом вирішення цього питання. Сумісна газифікація або повна енергетична газифікація дозволяє компенсувати високу зольність одного виду сировини високою теплотворною здатністю іншого. Необхідно підкреслити, що енергоефективність процесу газифікації, а також кінцева вартість одного з компонентів синтез-газу – водню, який буде цільовим продуктом водневої енергетики, повністю відповідає діяльності нової глобальної коаліції Clean Hydrogen Mission. створеної 22 країнами та Європейською комісією у червні 2021 року для підтримки чистої водневої економіки [7].



Рис. 1. Виробництво водню на основі плазмово-пароксиневого газифікації небезпечної відновлюваної сировини

Воднева енергетика має великий потенціал для трансформації транспортного сектора завдяки своїй екологічності і ефективності. Застосовуючи принцип «Waste-to-Energy» («відходи - в енергію») можна зменшити обсяг небезпечних відходів на звалищах і збільшити виробництво енергії з відновлювальних джерел. Очікується, що з розвитком плазмових технологій і масштабним виробництвом вартість отримання "зеленого" водню (отриманого з відновлювальних джерел) зменшиться. Різні авіаційні компанії і автомобільні виробники вже тестують прототипи водневих транспортних засобів і систем. Це включає як легкові автомобілі, так і великогабаритні транспортні засоби та літаки. Airbus і Boeing активно працюють над концепціями рідкого водню як альтернативного пального для авіації. Цей підхід може суттєво зменшити викиди вуглецю і забезпечити екологічно чисте майбутнє для комерційної авіації.

Список літератури

1. Раменский А.Ю., Шелищ П.Б., Нефедкин С.И. Применение водорода в качестве моторного топлива для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. История, настоящее, и перспективы // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2006. -№11(43). – С.63-70

2. Галышев Ю.В. Анализ перспективы создания водородных двигателей //Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». – 2005. -№2(22). – С.19-23

3. Жовтянский В.А., Остапчук М.В. Плазменные технологии в проблеме получения «более чем зеленого водорода» // Горение и плазмохимия. – 2022. – 20 (№ 1). – С. 11 – 32. https:// doi.org/10.18321/cpc478

4. Бондар А.І., Лозовицький П.С., Машков О.А., Лозовицький А.П. Екологічний стан накопичених осадів стічних вод м. Києва // Екологічні науки. – 2015. – Т.7. – С.38–53.

5. Cedzynska K., Kolacinski Z., Izydorczyk M., Sroczynski W. Plasma vitrification of waste incinerator ashes. International Ash Utilization Symposium. Centre for Applied Energy Research, University of Kentucky, 1999.

6. Шиллинг Г., Бонн Б., Краус У. Газификация угля. Пер. с нем. и ред. Исламова С.Р. М.: Недра, 1986. – 175 с.

7. Mission Innovation launches a new global coalition to support the clean hydrogen economy – Режим доступу: https://ec.europa.eu/info/news/mission-innovation-launches-new-global-coalition-support-clean-hydrogen-economy-2021-jun-02_en#:~:text=The%20goal%20of%20the%20Clean,scale%20integrated%20hydrogen%20valleys%20worldwide

УДК 656.1/.5:628.5

О.М. Білякович, к.т.н., В.І. Личик, Л.В. Курбет
(Національний авіаційний університет, Україна)

Концепція екологічної безпеки наземних засобів в аеропортах

На основі детального аналізу кількісного та якісного складу наземних засобів для технічного та комерційного обслуговування повітряних суден в аеропортах та тривалості їх використання за призначенням надано рекомендації стосовно першочергових заходів щодо покращення екологічної безпеки.

Цивільна авіація традиційно вважається сучасним та прогресивним видом транспорту, невипадково їй завжди відводиться чільне місце в розвитку транспортної системи у більшості країн світу.

Поява на повітряних лініях нових комфортабельних, швидкісних і економічних літаків передбачає наявність та розвиток наземних засобів (НЗ) для обслуговування авіаційної техніки, повітряних перевезень та аеродромів, що дозволяють оперативно та з високим рівнем якості проводити їх технічне і комерційне обслуговування, експлуатаційне утримання аеродромних покриттів.

Серед широкого спектру зразків НЗ спецмашини, що призначені для проведення технічного обслуговування повітряних суден (ПС), посідають чільне місце, так як технічний стан літака є вирішальним фактором забезпечення регулярності та безпеки польотів.

Як відомо, однією з головних задач цивільної авіації є здійснення комерційних повітряних перевезень пасажирів, пошти та вантажів. З метою реалізації вищенаведеної задачі в аеропортах експлуатується значна кількість різноманітних за призначенням типів НЗ.

Оскільки якість та чистота аеродрому суттєво впливають на рівень безпеки та регулярності польотів, існує окрема група НЗ – аеродромна техніка, що призначена для експлуатаційного утримання аеродромних покриттів у любу пору року.

Навіть короткий аналіз основних сфер застосування наземних засобів, що експлуатуються в аеропортах, в залежності від обсягів пасажирських та вантажних перевезень у конкретному аеропорту, від площі та конфігурації аеродрому та інших чинників, свідчить про необхідність залучення до експлуатації значної кількості НЗ, значення якої знаходяться у широкому діапазоні – від сотень до тисяч одиниць.

Цілком очевидно, що кількість спецмашин в аеропорту безпосередньо залежить від інтенсивності зльотів-посадок повітряних суден, кожна з яких супроводжується комплексом технологічних процесів з наземного обслуговування ПС на пероні [1].

Існують розрахунково-аналітичні методи визначення оптимальної кількості наземних засобів для обслуговування повітряних суден та експлуатаційного утримання аеродромних покриттів, крім того, даний параметр можна визначити графічно, за допомогою відповідних номограм.

За статистикою близько 85-90% спецмашин аеропортів у якості силової установки для приводу базового шасі та спеціального обладнання використовують двигуни внутрішнього згоряння (бензинові або дизельні), що не може не впливати на рівень екологічної безпеки на аеропортових та приаеропортових територіях [2].

Безумовно, рівень забруднення навколишнього середовища в аеропортах більшою мірою залежить від акустичних навантажень та шкідливих викидів, що створюють авіаційні двигуни, проте не можна забувати і про екологічні ризики, що виникають внаслідок експлуатації великої кількості НЗ [3].

Виходячи з аналізу керівництв з льотної експлуатації найбільш поширених типів літаків цивільної авіації, технологічних графіків з наземного обслуговування повітряних суден, на основі застосування статистичного методу та методу експертних оцінок було визначено сегмент тих типів НЗ, кількість яких є максимальною на пасажирських та вантажних перонах аеропорту при наземному обслуговуванні ПС.

Кількісний та якісний аналіз щодо ситуації з використанням наземних засобів для експлуатаційного утримання аеродромів потребує проведення окремих досліджень і в рамках написання даних тез не розглядався.

Хоча абсолютно очевидно, що рівень екологічних ризиків від застосування аеродромних машин також є суттєвим.

На гістограмі наведені кількісні показники найбільш поширених на пероні типів наземних засобів у відсотковому відношенні до загальної кількості спецмашин, залучених до технологічних процесів з оперативного обслуговування ПС (рис. 1).

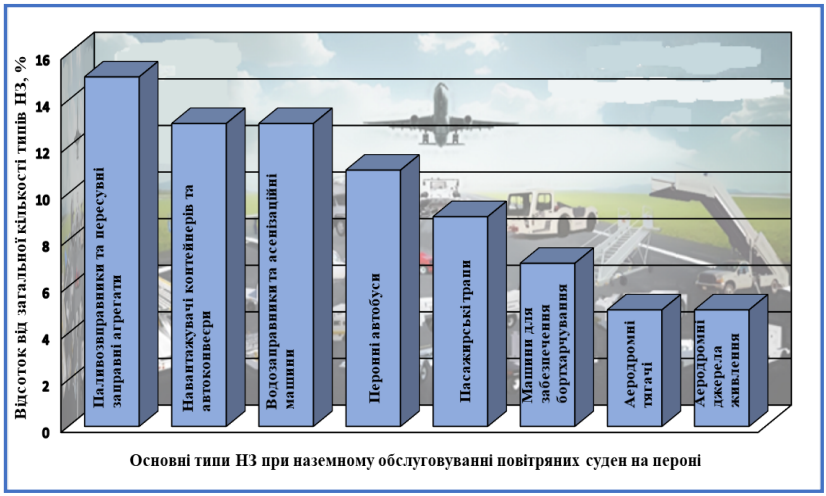


Рис. 1. Розподіл основних типів НЗ за їх кількістю при наземному обслуговуванні літаків

Окрім суто кількісних показників щодо різних типів НЗ важливо з'ясувати значення загальної тривалості їх знаходження на перонах з урахуванням часу пересування від оперативної стоянки спецмашин до буферної зони обслуговування ПС, позиціонування біля літака, приведення у робоче положення спецобладнання, використання НЗ за призначенням, приведення у транспортне положення та пересування у зворотному напрямку – до оперативної стоянки (рис. 2).

З огляду на створення екологічних ризиків при експлуатації НЗ у першу чергу варто врахувати тривалість транспортних та технологічних процесів функціонування спецмашин аеропортів з працюючими силовими установками (двигунами внутрішнього згорання), хоча загальний час знаходження НЗ біля місця стоянки ПС може бути значно довшим (наприклад, такі типи НЗ як пасажирський трап або машина для забезпечення бортовим харчуванням пасажирів та екіпажу після позиціонування в районі дверей салону літака та приведення у робоче положення протягом тривалого часу може там знаходитись з вимкненим двигуном).

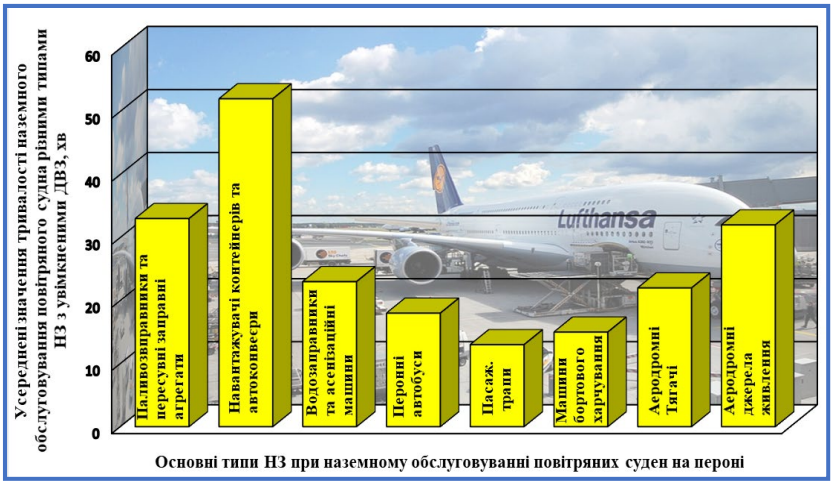


Рис. 2. Розподіл основних типів НЗ за усередненою тривалістю їх використання з увімкненими ДВЗ при наземному обслуговуванні літака

Наведений вище аналіз щодо кількісної оцінки різних типів наземних засобів та тривалості їх використання з працюючими бензиновими (дизельними) двигунами при наземному обслуговуванні ПС, на наш погляд, є вирішальним для визначення пріоритетних напрямків модернізації силових установок НЗ з метою покращення екологічної ситуації на перонах аеропортів.

У першу чергу мова йде про необхідність виробництва (модернізації) максимально представлених на пероні типів НЗ з електродвигунами як основними джерелами енергії, що потрібна для пересування спецмашин та їх використання за призначенням.

Одним з перспективних напрямків екологізації конструкції НЗ є впровадження, так званих, водневих двигунів, які відрізняються від традиційних електричних принципово відмінним процесом генерації електричного струму у хімічних реакторах. Причому, технології вироблення та зберігання рідкого/газоподібного водню постійно вдосконалюються.

Список літератури

1. ICAO. Doc 9137 Керівництво по аеропортовим службам: частина 8 Експлуатаційні служби аеропорту.
2. An Environmental Management System for Airports. URL: https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EMS_at_Airports.pdf
3. Aircraft Engine Exhaust Emissions And Other Airport-Related Contributions To Ambient Air Pollution: A Review. URL: https://www.researchgate.net/publication/262687424_Aircraft_Engine_Exhaust_Emissions_And_Other_Airport-Related_Contributions_To_Ambient_Air_Pollution_A_Review

УДК 692.533

Р.М. Марчук, Р.Г. Мнацаканов, д.т.н., Н.О. Погребняк
(Національ авіаційний університет, Україна)

Вплив швидкості ковзання на шорсткість та зносостійкість полімерних матеріалів

Проаналізовано мікрогеометричні параметри поверхні полімерного матеріалу Zedex zx-100k після тертя в умовах ковзання. Встановлено оптимальну швидкість ковзання для пари тертя полімер-сталь, що забезпечує максимальне згладжування мікронерівностей і покращення трибологічних характеристик контакту завдяки пружно-пластичній деформації полімеру та самозмащуванню.

Через широке використання полімерних матеріалів у промисловості важливо досліджувати їхні властивості та зміни під час експлуатації, особливо зносостійкість при різних режимах швидкості ковзання. У цьому дослідженні вивчено вплив швидкості ковзання на мікрорельєф та зносостійкість полімерів. Шорсткі поверхні сприяють більш ефективній адсорбції [1]. Таким чином, шорстка поверхня може адсорбувати полімер, тоді як гладка поверхня з того ж матеріалу цього не робить. Отже, шорсткість може значно впливати на взаємодію між полімером і поверхнею [2]. Трибопари полімер-сталь поєднують високу механічну міцність і зносостійкість з низьким коефіцієнтом тертя та самозмащувальними властивостями полімерів, що забезпечує їх надійність у тривалих і складних експлуатаційних умовах [3].

Дослідження мікрорельєфу поверхні полімерів має велике значення для оцінки їх експлуатаційних властивостей. Оптичні профілометри дозволяють отримати високоточні тривимірні зображення мікрорельєфу, що є важливим для аналізу змін поверхні після трибологічних тестів. На відміну від контактних методів, вони не пошкоджують поверхню зразка, що особливо актуально для м'яких полімерів, та дозволяють вимірювати параметри шорсткості, такі як Ra, Rpk, Rvk та інші. Це забезпечує комплексну оцінку якості поверхні та її зміни з часом із мінімальним впливом на досліджувані зразки.

Таким чином, використання оптичних методів дослідження є оптимальним інструментом для точного аналізу мікрорельєфу полімерних матеріалів, сприяючи глибшому розумінню їх поведінки та властивостей під час експлуатації.

Ефективність використання кривої Аббота для трибологічної оцінки поверхні стає очевидною при вивченні експлуатаційних характеристик матеріалів. Як зазначено в роботі [4], поверхні можуть мати однакове середнє арифметичне відхилення профілю (Ra), але відрізнятися кривими Аббота, що пояснюється різною формою нерівностей та їх розподілом по висоті. Аналіз кривих Аббота для контактних поверхонь після лабораторних випробувань показує тенденції, пов'язані з іншими трибологічними параметрами, такими як знос і коефіцієнт тертя, і може рекомендувати оптимальні умови експлуатації, такі як навантаження та швидкість.

Криві Аббота дозволяють моделювати вплив зносу і припрацювання, надаючи інформацію про топографію поверхні, швидкість пошкодження шару, несучу здатність та здатність до утримання мастила [5]. Дослідження показують, що збільшення шорсткості поверхні полімеру (1,9–4,1 мкм) підвищує температуру поверхні на 5–15 °C та коефіцієнт тертя з 0,38 до 0,45 [6].

Під час експлуатації підшипників відбувається інтенсивне зношування робочих поверхонь. Поверхні тертя набувають геометричної форми та шорсткості, що найкраще відповідають умовам експлуатації [7]. Це призводить до підвищених контактних напружень, термічних процесів у поверхневому шарі матеріалу та зниження його фізико-механічних властивостей. Оптимальна початкова мікрогеометрія профілю та фізико-механічні властивості поверхневого шару скорочують період припрацювання та стабілізації робочого стану. Аналіз мікрогеометричних показників контактних поверхонь є важливим для прогнозування їх терміну служби.

Метою даного дослідження є оцінка впливу зміни швидкості ковзання на мікрорельєф та зносостійкість полімерних матеріалів, що включає аналіз поведінки поверхневих шарів під дією різних навантажень і умов тертя, визначення оптимальних режимів експлуатації, а також виявлення закономірностей, які сприяють мінімізації зносу та покращенню трибологічних характеристик полімерів у контакті з іншими матеріалами.

Для даного дослідження було проведено три серії тестувань за різними швидкостями ковзання, а саме: 1.4 м/с, 2.8 м/с та 5.5 м/с, щоб оцінити вплив швидкості на мікрорельєф та зносостійкість полімерного матеріалу Zedex zx-100k. Додатково було включено контрольний зразок, який не піддавався тестуванню, для порівняння змін, які відбуваються під впливом ковзання. Результати дослідження щодо функціональних параметрів профілю шорсткості мікрорельєфу поверхні для досліджуваних зразків наведено на рис. 1.

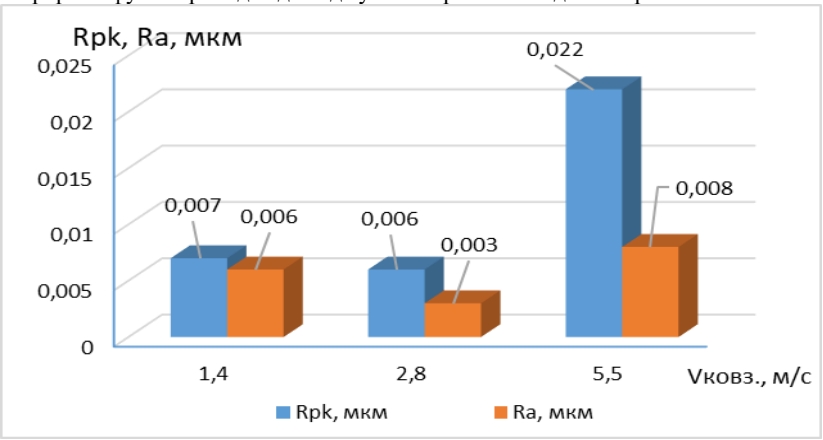


Рис. 1. Залежність параметрів середньої арифметичної висоти виступів профілю(R_{pk}) та середнього арифметичного відхилення профілю (R_a) від швидкості ковзання.

Зміна параметру Rmax, що представляє максимальну висоту нерівностей на поверхні, має значну залежність від швидкості ковзання. Оптимальний режим ковзання при швидкості 2.8 м/с забезпечує найефективніший розподіл навантаження та максимальну опорну здатність поверхні. Це підтверджується зниженими значеннями параметрів шорсткості, що свідчить про згладжування мікронерівностей і покращення трибологічних характеристик завдяки пластичній деформації полімеру і самозмащувальним властивостям.

Навпаки, експерименти при високій швидкості ковзання 5.5 м/с продемонстрували тенденцію до руйнування поверхні та зменшення контактної площі. Це проявляється у збільшенні шорсткості поверхні через термічні та механічні пошкодження, які знижують якість і функціональні можливості матеріалу. Таким чином, результати дослідження демонструють, що швидкість ковзання є критичним фактором, який впливає на поверхневу шорсткість і зносостійкість полімерних матеріалів. Оптимізація цього параметру дозволяє підвищити ефективність експлуатації та тривалість служби матеріалів у трибологічних застосуваннях.

Варіація параметра середньої відносної опорної довжини профілю (центральна частина) надає важливу інформацію про те, як змінюється контактна поверхня під впливом різних режимів ковзання. Цей параметр показує частку поверхні, що бере участь у контактних взаємодіях (рис. 2).

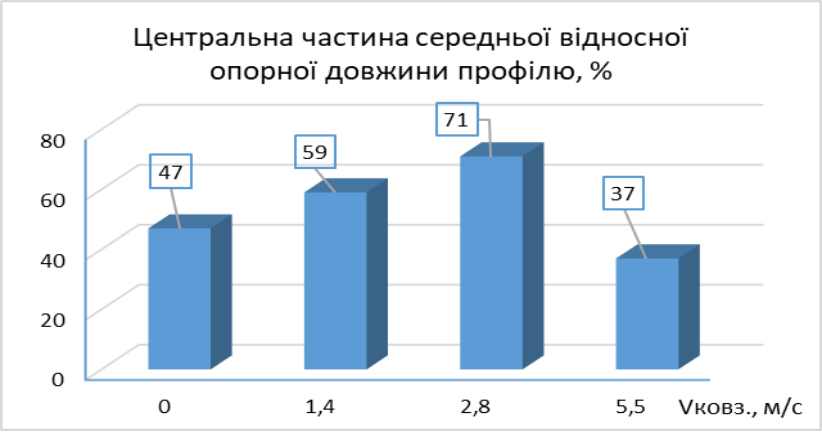


Рис. 2. Оцінка мікрорельєфу поверхні полімеру Zedex zx-100k після тертя.

Для контрольного зразка цей показник становив 47%, що відображає початковий стан поверхні без впливу ковзання. При швидкості ковзання 1.4 м/с значення підвищилося до 59%, що ілюструє поліпшення розподілу навантаження завдяки згладжуванню мікронерівностей і зменшенню шорсткості. Така зміна свідчить про ефективніший контакт і зменшення локальних напружень. Оптимальний режим ковзання досяг найбільшого значення - 71% (при 2.8 м/с), що відображає найкращий стан контактної поверхні з рівномірним розподілом навантаження та значною участю поверхні у взаємодії.

Проте при надмірно високій швидкості ковзання параметр знизився до 37%, що є наслідком значного погіршення стану контактної поверхні. Це може бути пов'язано з перегрівом, оплавленням та утворенням дефектів, що веде до зменшення ефективної контактної площі та підвищення локальних напружень, зрештою спричиняючи руйнування поверхні.

Висновок

Встановлено, що при швидкості ковзання 2.8 м/с спостерігається максимальний рівень згладжування поверхні полімерного матеріалу Zedex zx-100k, що сприяє зниженню зносу та підвищенню ефективності роботи.

Висока швидкість ковзання (5.5 м/с) призводить до значного погіршення стану контактної поверхні. Це проявляється у збільшенні шорсткості через термічні та механічні пошкодження, що негативно впливає на якість поверхні та знижує її здатність до ефективної роботи.

Отримані результати мають практичне значення для вибору оптимальних умов експлуатації полімерних матеріалів у трибосистемах. Виявлені закономірності можуть бути використані для покращення трибологічних характеристик полімер-металевих пар, що сприятиме підвищенню їхньої зносостійкості та довговічності.

Список літератури

1. Jack Douglas. «How Does Surface Roughness Affect Polymer-Surface Interactions?»,1989, C. 3707-3716.
2. Smith J., Brown P. Analysis of polymer composite materials for sliding bearings. Tribology International, 2022, 145, C. 23-29.
3. Lee Y., Kim S. Tribological properties of polymer composites. Wear, 2021, 484-485, C. 152-159.
4. Tomescu L., Ripa M., Georgescu C. Analysing Abbott Curve for Composites with Polymeric Matrix and Fibbers. Tribology in Industry. 2001. Vol. 23, Iss. 3-4. C. 65-74
5. W. Grzesik, T. Wanat. Comparative assessment of surface roughness produced by hard machining with mixed ceramic tools including 2D and 3D analysis. Journal of Materials Processing Technology. 2005. 169(3). C. 364–371. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2005.04.080
6. Mertens A., Kumar P., Senthilvelan S. The effect of the mating gear surface over the durability of injection-molded polypropylene spur gears. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. 2016. 230(12). C.1401-1414. doi:10.1177/1350650116635423
7. Tkachuk A., Zabolotnyi O., Chetverzhuk T., Svirzhevskyi K., Kononenko A. Increasing the Wear Resistance of the Friction Surfaces of Rotating Parts Made of Bearing Steels Through Hardening Processing Methods. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1060. 012025 doi:10.1088/1757-899X/1060/1/012025

UDC 629.735.083.5

І.О. Сироїжка
(Льотна академія Національного авіаційного університету, Україна)

Аналіз ролі та відповідальності технічного персоналу при обслуговуванні повітряних суден

Повітряні судна потребують регулярного технічного обслуговування для безпеки та надійної роботи. Персонал, що займається технічним обслуговуванням, відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки польотів. Їхні обов'язки включають передполітну перевірку, регулярне обслуговування, діагностику несправностей та ведення документації.

Повітряні судна, будь то комерційні авіалайнери, вантажні літаки або приватні повітряні судна, є складними машинами, які потребують регулярного технічного обслуговування, щоб гарантувати їхню безпеку та надійну роботу. Роль та відповідальність персоналу, що займається технічним обслуговуванням повітряних суден, є критичними для забезпечення безпеки польотів та успішної експлуатації повітряних суден. У цій статті розглянемо ключові аспекти цієї професії та її важливість для авіаційної галузі.

Персонал, який займається технічним обслуговуванням повітряних суден, відіграє найважливішу роль у забезпеченні безпеки, надійності та ефективності повітряних перевезень. Ця професійна група складається з висококваліфікованих авіаційних техніків, механіків та інженерів, які є відповідальними за підтримку технічної справності та готовності повітряних суден перед кожним польотом. [1]

1. Значення безпеки в авіації

Безпека польоту є першорядним пріоритетом в авіації. Це обов'язкова вимога, яка пронизує всі аспекти авіаційної діяльності, починаючи від проєктування та виготовлення літаків до їх експлуатації та технічного обслуговування. Значення безпеки в авіації не може бути переоцінене, і весь персонал, що працює в цій галузі, усвідомлює свою відповідальність за безпеку пасажирів та вантажів на борту повітряних суден. Розгляньмо основні аспекти значущості безпеки в авіації. [2]

1. Захист життя та здоров'я пасажирів та екіпажу.

Головна мета безпеки в авіації – забезпечити захист життя та здоров'я людей на борту повітряних суден. Пасажири та члени екіпажу довіряють своє життя та безпеку авіакомпаніям та персоналу, і кожен політ має бути максимально безпечним та надійним. Розробка та суворі технічні перевірки літаків, а також кваліфікація та професіоналізм персоналу сприяють досягненню цієї мети.

2. Запобігання аваріям та інцидентам.

Літаки здійснюють тисячі польотів щодня, і безпека є ключовим аспектом, який дозволяє запобігти аваріям та інцидентам. Авіаційні техніки та інженери відповідають за ретельне технічне обслуговування літаків перед

кожним вильотом, щоб виявити та усунути можливі несправності, які могли б призвести до аварії під час польоту.

3. Підтримка репутації авіакомпанії.

Безпека відіграє ключову роль формуванні репутації авіакомпанії. Компанії, які вважають безпеку своїм найвищим пріоритетом і суворо дотримуються норм безпеки, найчастіше завойовують довіру пасажирів та повагу в авіаційній галузі. Позитивна репутація може залучити більше клієнтів та сприяти успіху компанії.

4. Дотримання міжнародних стандартів та правил.

Авіаційна галузь тісно пов'язана з міжнародною спільнотою, і для забезпечення глобальної безпеки створено єдині міжнародні стандарти та правила. Усі країни повинні дотримуватись цих норм і забезпечувати високий рівень безпеки, щоб скоротити можливі ризики при міжнародних перельотах.

2. Основні обов'язки персоналу, який займається технічним обслуговуванням

Робота персоналу, який займається технічним обслуговуванням повітряних суден, знаходиться на передньому краї забезпечення безпеки та надійності в авіаційній галузі. Їхня відповідальність полягає в тому, щоб гарантувати, що повітряні судна знаходяться в оптимальній робочій формі, що забезпечує безпеку польотів та успішну експлуатацію. [3] Основні обов'язки персоналу, що займається технічним обслуговуванням, включають:

1. Передполітна перевірка (префлайтова).

Перед кожним вильотом персонал, який займається технічним обслуговуванням, виконує ретельну перевірку повітряного судна. Ця перевірка включає детальний огляд усіх систем літака згідно з встановленими процедурами та чек-листами. Мета передпольотної перевірки – виявити будь-які несправності чи потенційні проблеми, які б вплинути на безпеку польоту.

2. Регулярне обслуговування

Персонал, який займається технічним обслуговуванням, є відповідальним за регулярне планове обслуговування повітряних суден. Це включає виконання періодичних перевірок та технічних оглядів відповідно до регламентів виробника та авіаційної влади. Регулярне обслуговування може змінюватись за складністю та тривалістю і може бути класифіковано як A-check (короткий огляд), B-check, C-check та D-check (глибокий огляд). При кожному рівні обслуговування перевіряються різні компоненти та системи літака, а також проводяться заміни деталей відповідно до розкладу обслуговування.

3. Діагностика й усунення несправностей

При виявленні несправностей повітряних суден персонал, який займається технічним обслуговуванням, має зробити діагностику проблеми та розробити план усунення. Вони використовують різні методи діагностики, такі як візуальні огляди, випробування, діагностичні обладнання та комп'ютерні системи, щоб визначити причину несправності. Потім вони вживають заходів щодо усунення проблеми, включаючи ремонт або заміну компонентів, якщо це необхідно. Важливо, щоб усі дії були зроблені згідно з суворо визначеними процедурами та стандартами.

4. Обслуговування та оновлення документації

Персонал, який займається технічним обслуговуванням, повинен вести точну документацію про кожне виконане обслуговування, перевірку та ремонт. Це включає записи про результати передпольотної перевірки, деталі регулярних обслуговувань, усунення несправностей та іншу важливу інформацію. Акуратна та повна документація є важливою частиною забезпечення безпеки та надійності повітряних суден.

3. Кваліфікація та навчання персоналу, який займається технічним обслуговуванням повітряних суден

Кваліфікація та навчання є основними аспектами для персоналу, який займається технічним обслуговуванням повітряних суден. Робота в авіаційній галузі вимагає високої компетенції та спеціалізованих знань, щоб забезпечити безпеку та надійну роботу повітряних суден. Розгляньмо детальніше процес кваліфікації та навчання цього професійного персоналу. [4]

1. Професійна освіта та вимоги

Для роботи в галузі технічного обслуговування повітряних суден потрібна відповідна освіта та кваліфікація. Як правило, персонал повинен мати середню або вищу професійну освіту в галузі авіації, аеронавігації, авіаційної техніки, авіаційного обслуговування чи суміжних спеціальностей. Така освіта забезпечує технічні засади та теоретичні знання, необхідні для роботи з повітряними суднами.

2. Сертифікація та ліцензування

Для роботи як техніка з технічного обслуговування повітряних суден, персонал повинен отримати відповідні сертифікати та ліцензії. Ці документи видаються Державіаслужбою України та підтверджують, що технік має необхідні навички та знання для безпечного та кваліфікованого виконання своїх обов'язків. Щоб отримати сертифікацію, персонал має пройти спеціальні теоретичні та практичні іспити. [5]

3. Досвід та практика

Досвід є одним із найцінніших активів у роботі персоналу, який займається технічним обслуговуванням. Чим більший досвід у фахівця, тим краще він може реагувати на різні ситуації та розв'язувати проблеми. На початку кар'єри техніки можуть працювати під наглядом досвідчених колег, щоб освоїти практичні навички та отримати додатковий досвід.

Висновок

Роль персоналу, що займається технічним обслуговуванням повітряних суден, безперечно важлива для безпеки та ефективності авіаційної галузі. Їхнє ретельне обслуговування та відповідальність гарантують, що повітряні судна перебувають у надійній робочій формі, що, зрештою, сприяє безпеці пасажирів та успішності авіакомпаній. Професійний підхід та суворе дотримання процедур та стандартів дозволяють технічному персоналу залишатися наріжним каменем у підтримці високого рівня безпеки в авіації.

Список літератури

1. Aircraft Maintenance | SKYbrary Aviation Safety. (б. д.). SKYbrary Aviation Safety. https://skybrary.aero/articles/aircraft-maintenance

2. Ma, Y., & Wang, R. (2021). Human Error Evaluation Model of Civil Aviation Maintenance Based on Grey Wolf Optimizer. *Journal of Physics: Conference Series*, *1848*(1), 012111. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1848/1/012111

3. FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook - General: Faa-H-8083-30a*. Aviation Supplies & Academics, Incorporated.

4. Nam, S., Song, W.-K., & Yoon, H. (2023). An maintenance, repair, and overhaul (MRO) safety oversight system analysis: A case in Korea. *Journal of Air Transport Management*, *107*, 102349 https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102349

5. Про затвердження Авіаційних правил України «Підтримання льотної придатності повітряних суден та авіаційних виробів, компонентів і обладнання та схвалення організацій і персоналу, залучених до виконання цих завдань», Наказ Державної авіаційної служби України № 286 (2021) (Україна). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0316-19#Text

УДК 629.735.07 (045)

Р.М. Салімов, к.т.н., І.В. Морозова, к.т.н.
В.О. Максимов,к.т.н., А.О. Плуговий,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Модель формування поступових відмов виробів АТ та контролю їх стану на основі використання інформації датчиків Інтернету речей (IoT)

У статті розглядаються формування імітаційних моделей, що враховують динаміку показників процесу експлуатації парку виробів з урахуванням використання різних стратегій експлуатації на основі використання інформації датчиків IoT.

Метою даного дослідження є моделювання кількості відмов та час знаходження елемента в непрацездатному стані, варіюючи довжиною періоду роботи датчиків Iot t_k, інтенсивністю відмов λ_i та ймовірністю виявлення відмови P_k, тобто отримання функції:

$$T_{ож} = f(t_k, \lambda, P_k), \qquad (1)$$

та перевірка коректності її застосування для практичних розрахунків.

Контроль проводиться за період роботи датчиків Iot t_k з ймовірністю виявлення відмови P_k. Відмовлені елементи, виявлені в результаті контролю, відновлюються, невиявлені очікують у стані відмови до наступного контролю, і процес контролю повторюється до наступної форми ТО $T_{МР}$, коли виріб замінюється (відновлюється).

При цьому середній час знаходження елемента на об'єкті в непрацездатному стані дорівнює першому періоду:

$$t_{ВР}^{\Delta\tau_1} = \left(\sum_{i=1}^{Z_i} t_{ож_1}\right)/Z_1. \qquad (2)$$

Враховуючи пропуск частини відмов контролем, їхній середній час перебування у несправному стані дорівнюватиме:

$$t_{BP}^{\Delta\tau_1} = \left(\sum_{i=1}^{Z_i} t_{ож_1}\right)/Z_1, \qquad (3)$$

Для n-ного контролю ця формула набуде вигляду:

$$t_{ож}^{\Delta\tau_n} = \frac{\sum_{i=1}^{Z_2} t_{ож} + \sum_{i=1}^{Z_{n+1}} t_{ож}^{\Delta\tau_n}}{Z_n + Z_{n-1}^{n}}. \qquad (4)$$

В результаті розрахунку визначаємо:

$T_{ож}$ - середній час знаходження несправного елемента на об'єкті, що працює;

відносний середній час знаходження несправного елемента на об'єкті, що працює:

$$T_{ож} = T_{ож} / \Delta\tau_k \quad ; \qquad (5)$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_{T_{ож}} = \varepsilon \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (t_{ож\ i} - T_{ож})^2 \quad ; \qquad (6)$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_{T_{ож}} \% = \frac{\sigma_{T_{ож}}}{T_{ож}} 100\% \qquad (7)$$

Для практичного використання цієї імітаційної моделі з урахуванням контролю та відновлення в процесі експлуатації необхідно задати:
- інтенсивність виникнення відмов елементів λ ;
- інтенсивність виникнення відмов елементів λ ;
- час до наступної форми ТО T_{MP}, рахунок якого ведемо в годиннику використання за призначенням;
- кількість досліджуваних елементів N_L, тобто. кількістю однакових елементів, які працюють на парку виробів;
- періодичність контролю $\Delta\tau_k$;
- достовірність контролю P_k;
- кількість випробувань N_i для визначення середнього часу від моменту виникнення відмови до виявлення під час контролю за ресурс виробу T_{MP}.

Для отримання випадкового часу виникнення функціональної відмови і-того елемента з експлуатованих N_L використовуємо випадкові числа і наступну властивість дистрибуанти рівномірного розподілу:

$$t = -\lambda \log(1-n), \qquad (8)$$

$$F_X(x) = \int_1^x f(\theta) d\theta, \qquad (9)$$

де $F_x(x)$ - дистрибуанта випадкової величини;
$f(\theta)$ - функція щільності випадкової величини.

При цьому визначаємо випадковий час відмов t_i та до часу t_i додаємо поправку ΔT, яка враховує, що з початку експлуатації виробів відмова виникла за час $t_1 = t_1 + \Delta T$. Цим способом вдається уникнути помилки, що часто допускається, коли вважають, що при контролі і відновленні відновлюються всі елементи підлягають контролю.

Для виробів АТ, технічний стан яких характеризується зміною визначального (діагностичного) параметра, при виборі оптимального режиму роботи датчиків Iot вирішуються наступні основні завдання:

- визначення оптимальної періодичності контрольних операцій Δt при заданій величині попереджувального допуску ΔY;

- визначення оптимального попереджувального допуску на параметр при заданій періодичності виконання контрольних операцій;

- визначення оптимального поєднання періодичності виконання контрольних операцій та попереджувального допуску на визначальний параметр.

Реалізація перерахованих завдань здійснюється за допомогою імітаційних моделей, що враховують динаміку показників процесу експлуатації парку виробів з урахуванням використання різних стратегій експлуатації.

Характер зміни визначального параметра з напрацювання, побудованого у відносних координатах (рис.1). На рис.1 по осі ординат відкладено значення
$Y=Y_{ТЕК}/\ Y^{ТЕК}_{доп}$. Значення $Y=1.0$ відповідає значенню визначального параметра $Y=\ Y^{max}_{доп}$. По осі абсцис відкладено значення відносного напрацювання $T=T_{ТЕК}/T_{max}$. Значення $T=1.0$ відповідає напрацюванню досягнення граничного стану виробів АТ за визначального параметра.

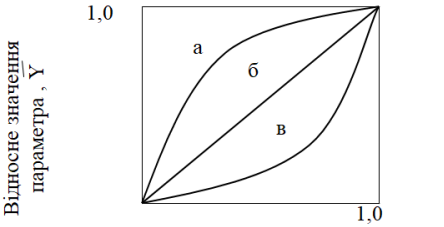


Рис.1 Варіанти можливої зміни визначального параметра з напрацювання

Визначення оптимальних поєднань показників режиму ТО ($\Delta Y_{доп}=const$ и $\Delta Y_{доп}$ при $\Delta\ t\ =const$) проводиться за допомогою номограм (рис.2, рис.3), що враховують різні співвідношення економічних характеристик процесів ТО і розрахованих на основі імітаційних моделей. Використовуються такі показники:

- вартість операції контролю технічного стану виробу $C_Д$;

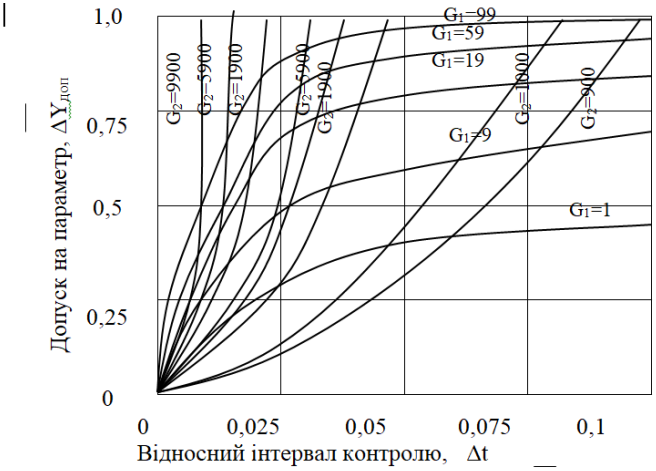


Рис.2. Номограма визначення оптимального режиму контролю елемента у разі залежності визначального параметра від напрацювання виду "а"

- середня вартість ліквідації наслідків виникнення відмови виробу $C_{отк}$;

- середня вартість ліквідації наслідків виникнення несправності $C_{ни}$.

Розраховуються значення безрозмірних комплексів виду:

$$G_1=(C_{отк} - C_{ни})/ C_{ни}, \qquad (10)$$

$$G_2=(C_{отк} - C_{ни})/ C_{Д}. \qquad (11)$$

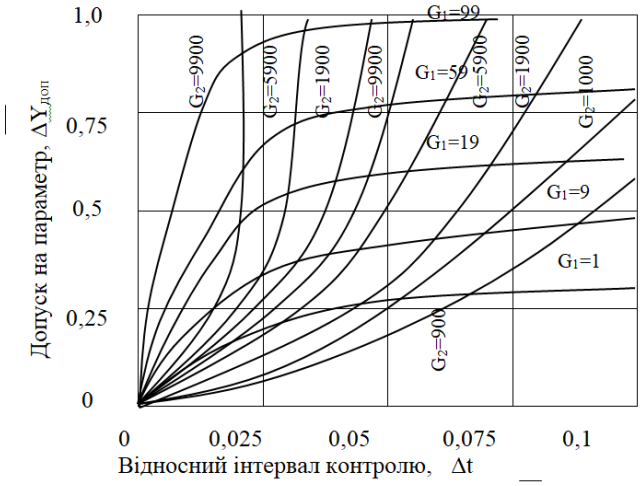


Рис.3. Номограма визначення оптимального режиму контролю елемента у разі зміни визначального параметра від напрацювання виду “в”

Знайдені оптимальні значення періодичності виконання контрольних операцій використовуються надалі при групуванні робіт за формами ТО ПС.

Список літератури

1. Салімов Р.М. Управління процесами технічного обслуговування авіаційної техніки на основі сучасних інформаційних технологій: дисертація канд. техн. наук: 05.22.20. – Київ. міжн. унів. цив. авіації, Київ, 2000 - 74 с.

2. Козлов О.А., Гатушкін О.А., Чехаровський І.Т. Оптимізація режиму обслуговування авіаційної техніки. У сб. Моделювання у забезпеченні безпеки польотів, К.: КІЦА, 1987, 131-138 с.

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

Kyrylo Spiridonov, Igor Maksymov, Volodymyr Maksymov
(National Aviation University, Ukraine)

Failures in the Hydraulic System of a Boeing 737 New Generation

This article explores the critical role of the hydraulic system in the Boeing 737 New Generation (NG) aircraft and examines common failure points that can impact safety and operational efficiency. It details the key components of the hydraulic system, including pumps, hoses, valves, and actuators, while analyzing the causes of failures such as maintenance issues and environmental factors. Through case studies, the article highlights real-world incidents involving hydraulic pump and hose failures, emphasizing the importance of thorough inspections and effective maintenance. The article concludes with strategies for mitigating risks associated with hydraulic system failures, underscoring the need for vigilance to ensure the aircraft's safe performance.

Introduction

The Boeing 737 New Generation (NG) series has been a workhorse for airlines around the globe since its introduction in the late 1990s. Like all complex aircraft systems, the hydraulic system of the Boeing 737 NG is critical for safe and reliable operations. However, failures within this system can lead to significant operational challenges and safety concerns. This article aims to explore the common types of hydraulic failures, their causes, and potential solutions.

Hydraulic System Overview

Key Components

The hydraulic system of the Boeing 737 NG consists of several key components, including:

- **Hydraulic pumps**
- **Reservoirs**
- **Actuators**
- **Valves**
- **Hoses and plumbing**

These components work together to operate various aircraft systems, including flight control surfaces (ailerons, elevators, rudders), landing gear, and braking systems.

Hydraulic Fluid

The hydraulic fluid used in the Boeing 737 NG is specialized to ensure optimal performance and reliability. It operates under high pressure to transmit power effectively.

Common Types of Hydraulic Failures

1. Hydraulic Pump Failures

Hydraulic pumps are essential for maintaining system pressure. Failures can occur due to mechanical wear, contamination, or overheating.

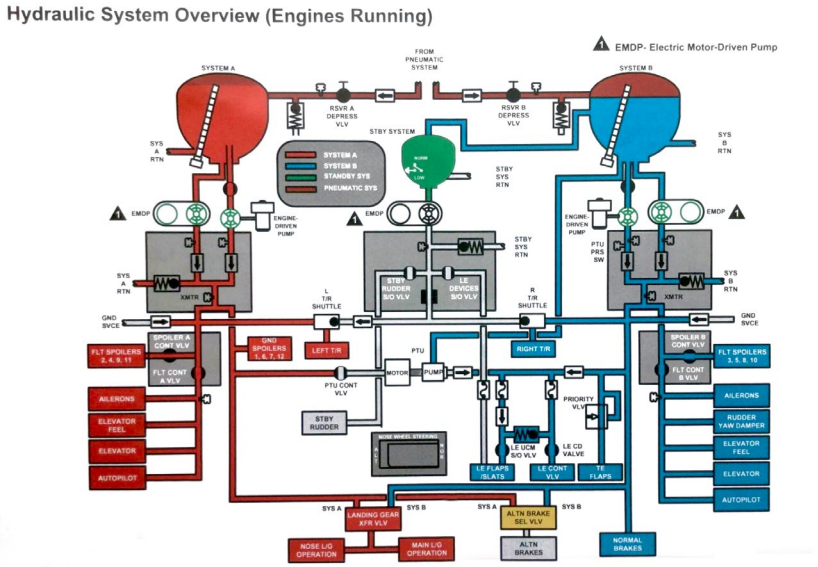


Fig. 1. Diagram of Hydraulic Pump Location in Boeing 737 NG

- **Contamination**: Particles in the fluid can cause pump degradation.
- **Overheating**: Excessive temperatures can lead to pump failure.

2. Hose Failures

Hoses are critical for maintaining hydraulic fluid flow between components. Failures in hoses can lead to leaks, resulting in a loss of pressure and function.

- **Wear and Tear**: Aging hoses can crack or become porous.
- **Improper Installation**: Hoses that are over-torqued can fail under pressure.



Fig. 2. Examples of Damaged Hydraulic Hose

3. Valve Failures

Valves are used to control the flow of hydraulic fluid. Failures can occur due to blockages or malfunctions.

- **Blockage**: Debris can obstruct flow, leading to control surface failures.
- **Mechanical Failure**: Malfunctioning valves can cause a complete failure of systems they serve.

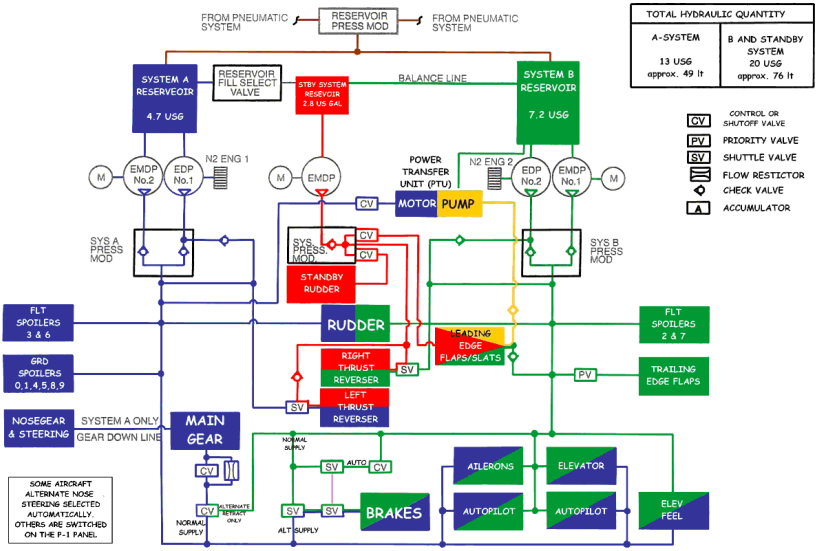


Figure 3 Hydraulic System Power Distribution

Fig. 3. Hydraulic Control Valve Diagram

4. Actuator Failures

Actuators convert hydraulic energy into mechanical movement. Failures can affect control surfaces and landing gear.

- **Seal Failures**: Worn seals can lead to fluid leaks and loss of performance.
- **Structural Failure**: Metal fatigue can cause actuators to break under load.

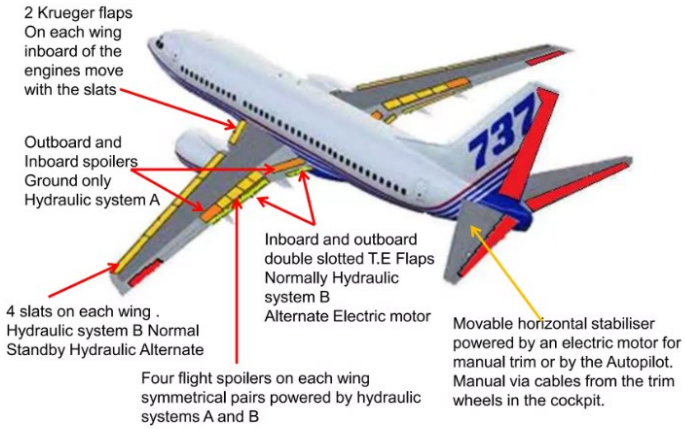


Fig. 4. Actuator Components and Failure Points

Causes of Hydraulic System Failures

1. Maintenance Issues

Poor maintenance practices can lead to insufficient inspections and oversights, which may increase the likelihood of hydraulic system failures.

2. Design Flaws

Design flaws can lead to systemic weaknesses within the hydraulic system, making it susceptible to failure under normal operating conditions.

3. Environmental Factors

Extreme temperatures, humidity, and exposure to corrosive substances can drastically affect hydraulic system performance.

Case Studies

Case Study 1: Pump Failure

In March 2020, a Boeing 737 NG experienced a hydraulic pump failure during pre-flight checks. Investigation revealed that contamination in the hydraulic fluid caused premature wear on the pump.

Case Study 2: Hose Failure

In February 2021, an incident was reported where a hydraulic hose failure led to a loss of braking capability on landing. Examination showed that the hose had deteriorated due to age.

Analysis of Failures

Frequency of Failure Types

- **Pump Failures**: Approximately 30% of reported hydraulic failures.
- **Hoses**: About 25% of failures can be attributed to hose issues.
- **Valves and Actuators**: Each accounts for roughly 20% of failures.

Consequence of Failures

The consequences of hydraulic failures can vary significantly, from minor inconveniences to critical safety incidents. Therefore, maintaining a robust inspection and maintenance regimen is paramount.

Conclusion

Hydraulic system failures in the Boeing 737 NG can arise from various issues, including mechanical wear, environmental factors, and maintenance practices. Identifying potential failure points and implementing effective maintenance programs can significantly reduce the likelihood of these failures, ensuring the safety and reliability of the aircraft. Continuous monitoring and assessment of hydraulic systems will also play a crucial role in mitigating future risks.

References

1. Aircraft maintenance manual. Chapter 29. Hydraulic power. Boeing 737-300/400/500.
2. System schematic manual. Chapter 29. Hydraulic power. Boeing 737-500.
3. Aircraft maintenance manual. Chapter 29. Hydraulic power Boeing 737-700/800/900.

УДК 629.735.083.02 (045)

А.В. Пророченко, С.О. Дмитрієв, О.В. Попов, к.т.н., Д.В. Попов
(Національний авіаційний університет, Україна)

Методичні аспекти управління безпекою польотів та основні підходи до її регулювання

Здійснено змістовний аналіз вимог щодо гармонізації законодавства України з міжнародними стандартами та рекомендаціями ІКАО, ІАТА та EASA. Запропоновано та розглянуто методичні аспекти, які суттєво впливають на забезпечення безпеки польотів та створення сприятливих умов для міжнародної авіаційної діяльності.

З метою підтримки та подальшого покращення рівня безпеки польотів (БП) в цивільній авіації, ІКАО просуває принципи управління БП з метою активного усунення ризиків для БП і підкреслює концепцію загальної ефективності БП в усіх сферах. З цією метою ІКАО було розроблено новий Додаток 19 «Safety Management». Принципи управління БП стосуються впровадження системи управління БП (СУБП) в галузевих організаціях і Державної програми з БП (ДержПБП) у договірних державах. Додаток 19 збирає в одному документі всі вимоги до СУБП, які раніше містилися в різних Додатках.

На сьогодні вимоги щодо впровадження СУБП, визначені Додатком 19 до Чиказької Конвенції, впроваджені в Україні стосовно експлуатантів, експлуатантів аеродромів, організацій з підготовки пілотів тощо [1-5].

Ці вимоги відображено в авіаційних правилах України (АПУ), які відповідно до Закону України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу» були розроблені з метою впровадження відповідних Регламентів Комісії (ЄС), які вже містять вимоги по СУБП [6].

Виконавши аналіз чинного авіаційного законодавства України можна зробити висновок, що вимоги по СУБП відсутні в АПУ щодо сертифікації виробників, розробників повітряних суден (ПС) та його компонентів, організаціях з ТО та організаціях з управління підтриманням льотної придатності (ЛП) ПС.

Таким чином, враховуючи відсутність вимог в чинних нормативно-правових актах України стосовно СУБП в організаціях з технічного обслуговування (ТО) (Part-145), з метою реалізації вимог Додатку 19 до Чиказької Конвенції постала необхідність внесення змін до АПУ «Підтримання ЛП ПС та авіаційних виробів, компонентів і обладнання та схвалення організацій і персоналу, залучених до виконання цих завдань», затверджених наказом ДАСУ від 06.03.2019 р. № 286, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 28.03.2019 р. за № 316/33287 (АПУ з підтримання ЛП).

Авіаційні правила України з підтримання ЛП були розроблені з урахуванням вимог Регламенту Європейської Комісії від 26.11.2014 р. (EU) № 1321/2014 (з поправками, враховуючи Регламент Європейської Комісії від 18.08.2018 р. (EU) № 2018/1142) [7]. У 2021 р. до Регламенту (ЄК) № 1321/2014 були внесені зміни (Регламент (ЄС) від 08.11.2021 р. № 2021/1963) з метою

імплементації вимог Додатку 19 до ЧК щодо запровадження у схвалених організацій з ТО (Part-145), які надають послуги експлуатантам літаків або вертольотів, які здійснюють міжнародні комерційні повітряні перевезення, системи управління БП [8].

Враховуючи положення Закону України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу», зміни до АПУ з підтримання льотної придатності з метою впровадження СУБП для організацій Part-145 виконуватимуться на підставі змін до Регламенту (ЄК) № 1321/2014.

З метою аналізу впливу впровадження вимог по СУБП для організацій з ТО Part-145 розглянемо структуру реєстру цивільних ПС в Україні.

Як видно на рис. 1, більшу половину ПС складної конструкції (із максимальною злітною масою понад 18 тон) займають ПС іноземної розробки.

Нижче на рис. 2 наведено кількість ПС складної конструкції (із максимальною злітною масою понад 18 тон), що зареєстровані в Державному реєстрі цивільних ПС України із розподілом по типам ПС, типам двигуна у складі силової установки та типам перевезень [9].

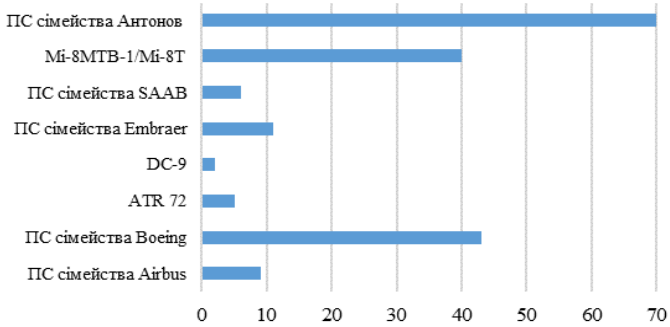


Рис. 1. Кількісний розподіл ПС складної конструкції в реєстрового парку України

На рис. 2, в) зображено співвідношення чинних сертифікатів ЛП з сертифікатами перегляду ЛП ПС складної конструкції (із максимальною злітною масою понад 18 тон).

Велика кількість ПС, що не мають чинних документів, зумовлена, перш за все, закритим повітряним простором України у зв'язку із повномасштабним вторгненням РФ. Повітряні судна, що станом на 24.02.2022 р. перебували на території України, так і залишились простоювати в Україні і лише одиницям було надано дозвіл на евакуаційний переліт за кордон для продовження експлуатації.

Проте на сьогодні існує ряд українських авіаперевізників, які виконують польоти за межами України.

На рис. 3 розглянуто розподіл АП та інцидентів з цивільними ПС України по чинникам в період з 2021 по 2023 роки за даними Національного бюро з розслідувань на транспорті. Також можна побачити, що чинником, який став причиною найбільшої кількості АП та інцидентів, що сталися з ПС

української реєстрації, є технічний чинник (відмови систем, компонентів з технічних причин), який становить 37 % АП та інцидентів, а ЛЧ у сфері ТО став причиною 5 % АП та інцидентів [10].

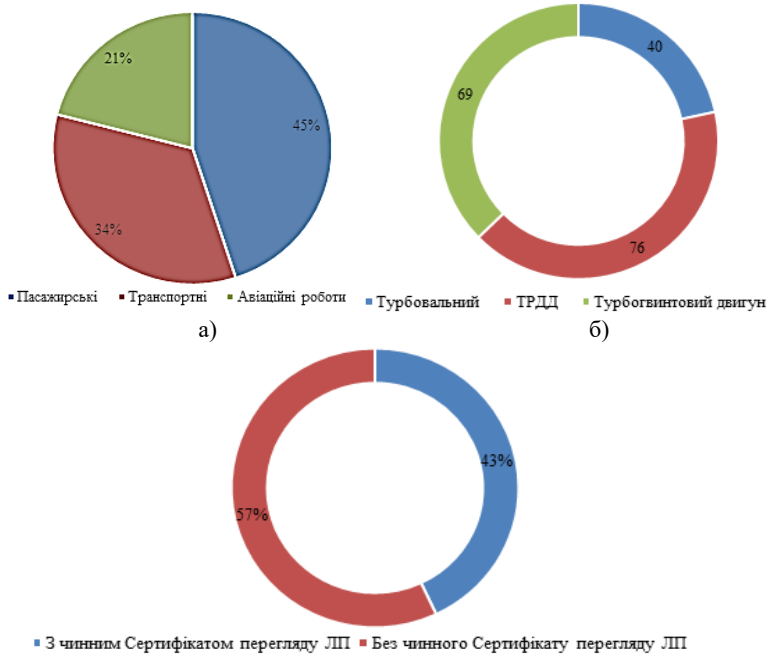


Рис. 2. Результати аналізу реєстрового парку України
а) – відсоткова частка ПС за призначенням
б) – кількість ПС за типом двигуна у складі силової установки (СУ)
в) – відсоткова частка чинних та нечинних сертифікатів ЛП з сертифікатами перегляду ЛП ПС станом на травень 2024 р.

За результатами аналізу річних звітів Національного бюро з розслідувань на транспорті можливо визначено, що показники БП у 2022 р. погіршилися у порівнянні з 2021 р. Основною причиною погіршення показників БП стала військова агресія РФ. У 2023 р. рівень БП залишився приблизно на рівні 2022 р.

Аналіз загроз опосередковано вказує, що основною причиною збереження недостатнього рівня БП в Україні є неефективність ДержПБП. Імовірно, ДержПБП стала неефективною в умовах, коли усі авіаційні перевізники здійснюють польоти за межами України [11].

На рис. 4 наведено кількість АП та інцидентів за категоріями подій у період з 2019 по 2023 роки, що сталися з ПС, зареєстрованими в Державному реєстрі цивільних ПС України [10]. Найбільша кількість АП та інцидентів була пов’язана з відмовою або несправністю систем та компонентів ПС.

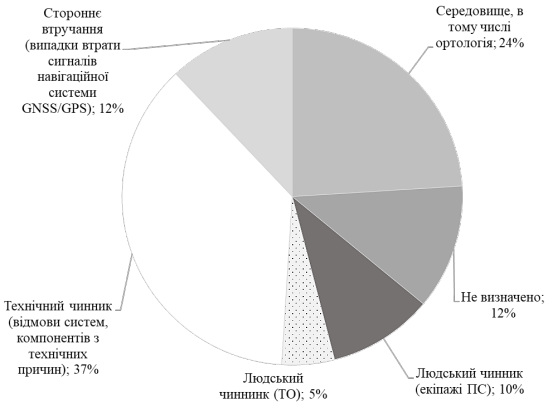


Рис. 3. Розподіл АП та інцидентів з цивільними ПС України за певними чинниками в період з 2021 по 2023 роки

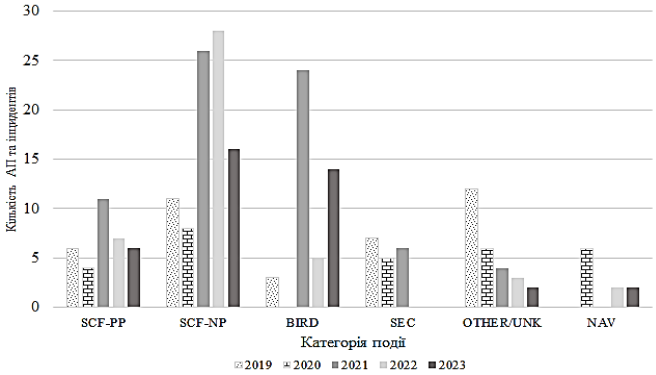


Рис. 4. Кількість АП та інцидентів за категоріями подій (тільки ПС української реєстрації) в період з 2019 по 2023 роки:
SCF-PP – відмова або несправність систем/компонентів (СУ);
SCF-NP – відмова або несправність систем/компонентів (не СУ);
BIRD – зіткнення з птахами; SEC – події, що пов'язані з авіаційною безпекою;
OTHER – інші причини; UNK – невідомо чи не визначено; NAV – помилки у навігації

Система управління БП – це система для забезпечення безпечної експлуатації ПС шляхом ефективного управління ризиками для БП. Ця система розроблена для постійного підвищення рівня БП шляхом виявлення загроз, збору й аналізу даних та оцінки ризиків БП. СУБП спрямована на проактивне стримування або пом’якшення ризиків до того, як вони призведуть до АП.

Станом на травень місяць 2024 р. в Україні схвалені 102 організації з ТО Part-145, з яких 79 зареєстровані в Україні [12].

Концептуальні рамки для впровадження та підтримки функціонування

СУБП в організаціях з ТО складаються з 4 компонентів та 12 елементів, що відображають мінімальні вимоги до впровадження СУБП [13].

1. Політика та цілі забезпечення БП:

1.1. Зобов'язання та відповідальність керівництва.

Організація з ТО визначає свою політику у сфері забезпечення БП відповідно до міжнародних та національних вимог. Політика у сфері БП відображає зобов'язання організації щодо забезпечення БП, містить чітку заяву про надання ресурсів, необхідних для реалізації політики у сфері БП, включає процедури звітності у сфері БП тощо.

1.2. Ієрархія відповідальності за БП.

Організація з ТО визначає відповідального керівника, який несе остаточну відповідальність від імені організації за впровадження та підтримання функціонування СУБП. Також він встановлює чітку ієрархію відповідальності у всій організації, визначає відповідальність усіх керівників, незалежно від інших виконуваних ними функцій, а також відповідальність працівників за ефективність забезпечення БП у рамках СУБП.

1.3. Призначення провідних співробітників, відповідальних за БП.

Організація з ТО призначає керівника, який відповідає за БП та забезпечує впровадження та підтримання функціонування ефективної СУБП.

1.4. Координація планування заходів у разі аварійних обставин.

Організація з ТО забезпечує належну координацію плану заходів у разі аварійних обставин з планами заходів у разі аварійних обставин організацій, із якими взаємодіє при наданні своїх продуктів та послуг.

1.5. Документація по СУБП.

Організація з ТО розробляє план впровадження СУБП, в якому визначається підхід організації до управління БП, що забезпечує досягнення організацією її цілей у сфері БП. Також вона розробляє та веде документацію по СУБП, яка містить політику та цілі забезпечення БП, вимоги до СУБП, процеси та процедури СУБП, ієрархію відповідальності, зобов’язання та повноваження стосовно процесів та процедур СУБП, результати функціонування СУБП та Керівництво по СУБП.

2. Управління ризиками для забезпечення БП:

2.1. Виявлення джерел загрози.

Організація з ТО визначає та здійснює процес, що забезпечує виявлення джерел загроз, пов'язаних з авіаційними продуктами чи послугами, що вона надає. Виявлення джерел загроз ґрунтується на поєднанні реагуючих, проактивних та прогностичних методів збору даних про БП.

До типових загроз, пов’язаних з діяльністю організацій з ТО можливо віднести:

- відхилення від інструкцій з ТО;
- умови зберігання не відповідають інструкціям виробника (температура, вологість, термін придатності тощо);
- недостатньо кваліфікований персонал;
- виробничі приміщення та засоби не відповідають вимогам, які

визначені в даних для ТО;

- калібрування/обслуговування інструменту/обладнання не контролюється або прострочено;
- використання невірного інструменту;
- використання застарілих даних для ТО;
- помилки та відсутність інформації в записах з ТО;
- дані з ТО не доступні для використання персоналом, який виконує ТО;
- внутрішня система звітування не функціонує належним чином;
- невірне оцінювання дефекту/пошкодження та інші.

2.2. Оцінка та зменшення ризиків для БП.

Організація з ТО визначає та здійснює процес, що забезпечує аналіз, оцінку та контроль ризиків для БП, пов'язаних із виявленими джерелами загроз.

3. Забезпечення БП:

3.1. Контроль та кількісна оцінка ефективності забезпечення БП.

Організація з ТО розробляє та застосовує методи перевірки ефективності забезпечення організацією БП та підтвердження дієвості засобів контролю ризиків для БП. Ефективність забезпечення БП встановлюється по відношенню до показників та цільових рівнів ефективності забезпечення БП у рамках СУБП.

3.2. Здійснення змін.

Організація з ТО розробляє та здійснює процес, спрямований на виявлення змін, які можуть вплинути на рівень ризиків для БП, визначає ризики для БП, які можуть бути викликані цими змінами, і керує такими ризиками.

3.3. Постійне вдосконалення СУБП.

Організація з ТО проводить оцінку ефективності процесів у рамках своєї СУБП з метою подальшого підвищення загальної ефективності СУБП.

4. Популяризація питань БП:

4.1. Підготовка кадрів та навчання.

Організація з ТО розробляє та виконує програму підготовки кадрів щодо БП, яка забезпечує належну підготовку та кваліфікацію співробітників для виконання ними своїх обов'язків у рамках СУБП. Рамки програми підготовки відповідають ступеню участі кожного співробітника у забезпеченні функціонування СУБП.

4.2. Обмін інформацією щодо БП.

Організація з ТО розробляє та застосовує офіційні засоби обміну інформацією про БП, які забезпечують ознайомлення співробітників із СУБП в обсязі, пропорційному займаним ними посадам, надають важливу з погляду БП інформацію, пояснюють причини конкретних дій щодо БП, пояснюють причини введення або зміни процедур щодо БП тощо.

Результати проведеного EASA опитування щодо основних джерел витрат на впровадження СУБП як організацій з ТО, так і компетентних органів, наведені на рис. 5 [14]. Детальний аналіз витрат і переваг впровадження СУБП в організаціях з ТО Part-145 є досить складним через саму природу БП.

Нематеріальні вигоди, такі як покращена культура БП, ефективне дотримання нормативних вимог, зобов'язання керівництва щодо БП, акціонерна вартість і довіра громадськості, важко підрахувати кількісно. Крім того, ефективна система управління, яка включає управління ризиками БП, є результатом взаємодії багатьох різних організаційних елементів, дій і процесів, які ідеально вбудовані в існуючу систему організації.

Таким чином, вплив окремих елементів структури системи управління не завжди легко виділити з метою аналізу витрат і вигод. Також визнається, що СУБП створює негайні та прямі витрати, тоді як її користь, швидше за все, потребує часу, щоб матеріалізуватися. Ця точка зору заперечує потенціал СУБП не тільки для усунення ризиків виникнення серйозних інцидентів, але й для виявлення та усунення неефективності ТО, покращення комунікації, сприяння кращій корпоративній культурі та більш ефективного контролю підрядників і субпідрядників.



Рис. 5. Основні джерела витрат на впровадження СУБП

Розвиток можливостей управління ризиками, які не обмежуються лише ризиками БП, сприятиме прийняттю кращих стратегій управління. Крім того, завдяки покращенню відносин з компетентними органами впровадження системи управління, яка включає управління ризиками для БП, може призвести до зменшення тягаря нагляду. Таким чином, розглядаючи СУБП як щось, що впроваджується не тільки для запобігання АП, але й для забезпечення успіху якомога більшої кількості елементів бізнесу організації, будь-які інвестиції в БП слід розглядати як інвестиції в продуктивність та успіх організації.

За результатами порівняльного аналізу вимог додатку 2 (Part-145) до АПУ з підтримання ЛП ПС та нової редакції додатку 2 (Part-145) до Регламенту (ЄС) №1321/2014 (із змінами відповідно до Регламенту (ЄС) № 2021/1963) визначено вимоги до організацій з ТО Part-145 та ДАСУ, які необхідно виконати для впровадження СУБП.

А) Запропоновані дії для ДАСУ:

1. Розробити та впровадити державний план забезпечення БП, у якому мають бути враховані виявлені, в рамках проведеного державного аналізу, системні та операційні проблеми та заходи щодо зниження/уникнення ризиків, який враховує ГПБП та EUR RASP.

2. Розробити та впровадити зміни до АПУ з підтримання ЛП ПС та прийнятних методів відповідності та керівного матеріалу (AMC&GM) з урахуванням Регламенту (ЄС) № 2021/1963.

3. Переглянути та внести зміни до процедур ДАСУ, включаючи, але не обмежуючись:

а) стандарти підготовки, кваліфікації та відповідні повноваження для персоналу ДАСУ, які гарантують, що підготовка за новими вимогами Part-145 була отримана;

б) процедури оцінювання системи управління організації;

в) процедуру опрацювання змін, які не вимагають попереднього схвалення, включаючи потенційний обсяг, потреби сповіщення, періодичність;

г) процедуру розгляду та схвалення альтернативних методів відповідності вимогам АПУ з підтримання ЛП;

д) процедуру процесу управління ризиками для БП;

е) процедуру первинного схвалення, схвалення змін та нагляду за організаціями з ТО;

і) процедуру розробки програми нагляду, яка залежить від розміру, складності та характеристиках організації;

ї) процедуру схвалення керівника з БП організації з ТО.

4. Початкова підготовка та підготовка з підтримання кваліфікації персоналу ДАСУ, зокрема щодо СУБП для Part-145 та оцінки системи управління організацій Part-145.

5. Розробити план впровадження та відстежувати хід впровадження.

6. Державіаслужбі надати інформацію та вказівки організаціям і особам, які зазнали впливу, щодо основних відмінностей і нових вимог Part-145:

– структура АПУ;

– варіанти комбінацій схвалень і привілеїв;

– підготовка персоналу організації з ТО (наприклад, СУБП для Part-145)

– процес подання заявки з урахуванням нового Розділу В Part-145;

– терміни та наслідки (наприклад, припинення схвалення).

7. Оновити бази даних та форми.

8. Оцінити вплив на ресурси та вжити необхідних заходів.

Б) Запропоновані дії для організацій з ТО Part-145:

1. Переглянути та внести зміни до процедур МОЕ відповідно до вимог нової редакції Part-145, включаючи, але не обмежуючись:

- заяву, підписану відповідальним керівником, що підтверджує роботу згідно з новим Part-145;

- політику з БП;

- особу(-и), призначену(-і) відповідно до пунктів 145.A.30(c) і (ca) та їхні обов'язки та відповідальність;

- нову організаційну структуру;

- загальний опис робочих ресурсів та системи забезпечення наявності відповідного персоналу;

- процедуру визначення обсягу змін, які не вимагають попереднього схвалення, та опис того, як про такі зміни організація буде повідомляти та як вони будуть відбуватися;

- перелік затверджених місць розташування, в т.ч. лінійних станцій відповідно до 145.A.75(d);

- список затверджених на даний момент альтернативних методів відповідності, які використовуються організацією.

2. Встановити вимоги та процедури контролю компетентності керівника з БП, а також всього персоналу організації щодо розуміння застосування принципів управління БП.

3. Початкова підготовка та підготовка з підтримання кваліфікації персоналу організації, зокрема щодо СУБП для Part-145.

4. Переглянути організаційну структуру організації, призначити керівника з БП та керівника з моніторингу відповідності (попередньо керівник з якості), створити нові робочі групи (в т.ч. Комітет з перегляду БП).

5. Розробити план впровадження та відстежувати хід впровадження.

6. Оновити програмне забезпечення та інші інструменти (наприклад, система звітності).

7. Розробити процедури та впровадити вимоги щодо системи управління організації: реєстр небезпечних чинників, ідентифікація загроз БП та управління ризиками, сприяння БП, управління змінами, документування всіх ключових процесів системи управління тощо відповідно до вимог Part-145.

8. Оцінити вплив на ресурси та вжити необхідних заходів.

Очікується, що впровадження змін до Part-145 щодо СУБП в Україні:

– покращать БП шляхом запровадження принципів СУБП, зокрема управління ризиками для БП, ефективність БП та постійне вдосконалення;

– сприятимуть організаційній культурі безпеки для ефективного управління БП та ефективного звітування про події;

– оптимізують вимоги компетентного органу щодо нагляду (тобто Розділ B Part-145 145) завдяки підходу, який є загальним з іншими доменами.

Очікувані переваги полягатимуть у:

– підвищенні БП шляхом сприяння ефективній ідентифікації небезпеки та оцінці ризику; підвищення можливостей управління ризиками з розробкою стратегій пом'якшення виявлених проблем БП і зменшення помилок;

– покращенні вимірювання та моніторингу показників БП організації;

– позитивній культурі безпеки;

– підвищенні гнучкості і пропорційності щодо вимог системи управління [15].

Список літератури

1. Авіаційні правила України «Вимоги до провайдерів аеронавігаційного обслуговування, провайдерів послуг дизайну процедур польотів, провайдерів аеронавігаційних даних та до системи сертифікації та нагляду за ними», затверджені наказом ДАСУ від 30.04.2021 р. № 700, зареєстрованого в

Міністерстві юстиції України 30.07.2021 р. за № 991/36613.

2. Авіаційні правила України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для сертифікації аеродромів», затверджені наказом ДАСУ від 06.11.2017 р. № 849, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 28.12.2017 р. за № 1574/31442.

3. Авіаційні правила України «Технічні вимоги та адміністративні процедури щодо льотної експлуатації в ЦА», затверджені наказом ДАСУ від 05.07.2018 р. № 682, зареєстрованого в МЮУ 27.09.2018 р. за № 1109/32561.

4. Авіаційні правила України «Технічні вимоги та адміністративні процедури щодо видачі свідоцтв та сертифікатів диспетчерів управління повітряним рухом», затверджені наказом ДАСУ від 31.05.2018 р. № 485, зареєстрованого в МЮУ 21.09.2018 р. за № 1089/32541.

5. Авіаційні правила України «Технічні вимоги та адміністративні процедури для льотних екіпажів цивільної авіації», затверджені наказом ДАСУ від 20.07.2017 р. № 565, зареєстрованого в МЮУ 28.09.2017 р. за № 1056/30924.

6. Закон України «Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу»

7. Авіаційні правила України «Підтримання льотної придатності ПС та авіаційних виробів, компонентів і обладнання та схвалення організацій і персоналу, залучених до виконання цих завдань», затверджених наказом ДАСУ від 06.03.2019 № 286, зареєстрованого в МЮУ 28.03.2019 р. за № 316/33287.

8. Commission Regulation (EU) No 1321/2014 of 26 November 2014 on the continuing airworthiness of aircraft and aeronautical products, parts and appliances, and on the approval of organisations and personnel involved in these tasks. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2014:362:FULL

9. Льотна придатність повітряних суден, які зареєстровані в Державному реєстрі цивільних повітряних суден України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://avia.gov.ua/lotna-pridatnist-povitryanih-suden-yaki-zareyestrovani-v-derzhavnomu-reyestri-tsivilnih-povitryanih-suden-ukrayini/

10. Сайт Національного бюро з розслідувань на транспорті. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nbaai.gov.ua/

11. Аналіз стану БП за результатами розслідування АП та інцидентів з цивільними ПС України та суднами іноземної реєстрації, що сталися у 2023 р. № 3.1-1А від 29.03.2024 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nbaai.gov.ua/wp-content/uploads/2024/03/2023.pdf.

12. Перелік схвалених за Part-145 організацій з ТО, які мають діючий сертифікат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://avia.gov.ua/npdrd/slug-3/

13. .ICAO Doc. 9859. Safety Management Manual, видання 4.

14. .EASA NPA 2019—05(A). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.easa.europa.eu/en/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2019-05

15. EASA Opinion No 04/2020. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.easa.europa.eu/en/document-library/opinions/opinion-042020

УДК 629.71

В.І. Личик, к.т.н., О.М. Білякович, Л.В. Курбет
(Національний авіаційний університет, Україна)

Управління транспортними засобами при наземному обслуговуванні в аеропортах

Метою даної статті є аналіз сучасного стану аеропортових послуг з наземного обслуговування, а саме - управління транспортними засобами в аеропорту, і розробка напрямків їх покращення. Розглянуто аеропортовий хендлінг обслуговування екіпажів ПС.

Вступ. Повітряний кодекс України визначає наземне обслуговування в аеропортах як послуги з наземного обслуговування повітряних суден, екіпажу, пасажирів, вантажу, багажу, пошти, що надаються користувачам аеропорту на території аеропорту (аеродрому) або за його межами [1].

Перелік послуг з наземного обслуговування регламентується Керівництвом з наземного обслуговування в аеропортах (АНМ) IATA («Airport Handling Manual» [2] та Керівництвом з наземного обслуговування ІКАО (Doc 10121. Manual on Ground Handling) [3].

У Європі ці послуги викладені у Директиві Ради ЄС «Про доступ до ринку наземного обслуговування в аеропортах Співтовариства» від 15.10.1996 № 96/67/ЄС [4].

Управління транспортними засобами для наземного перевезення екіпажів, пасажирів, багажу, вантажів та пошти в аеропортах (УТЗ) входить до переліку послуг, які надаються як аеропортами, так і хенділінговими компаніями, що працюють в аеропортах.

Управління транспортними засобами для наземного перевезення екіпажів, пасажирів, багажу, вантажів та пошти в аеропортах - це комплексний процес, який включає в себе координацію роботи водіїв, персоналу аеропорту та пасажирів.

Основний текст. Аеропортові транспортні засоби (Ground Support Equipment, GSE) є англійським еквівалентом нашого поняття авіаційна наземна техніка (АНТ), яка використовуються для наземного обслуговування літаків та пасажирів.

Одним з основних завдань УТЗ є забезпечення безпеки польотів при наземному обслуговуванні та комфорту пасажирів і членів екіпажів. Для цього водії GSE повинні володіти високою кваліфікацією та вмінням ефективно взаємодіяти з пасажирами, дотримуючись правил дорожнього руху та внутрішніх правил аеропорту.

УТЗ також включає в себе планування маршрутів, відстеження руху транспортних засобів та вчасне реагування на зміни у розкладі рейсів ПС.

Крім того, УТЗ забезпечує ефективну роботу всіх GSE в тому числі їх регулярне технічне обслуговування та ремонт.

Загалом, УТЗ є складним та відповідальним процесом, який вимагає високої організації та професійної компетентності водіїв та персоналу аеропорту

і хендлінгових компаній.

Ключові документи IATA та ICAO [2,3] містять рекомендації щодо роботи GSE в аеропорту. АНМ IATA визначає стандарти та правила щодо розміщення, обслуговування та експлуатації GSE, а також забезпечення безпеки під час їх роботи.

Крім того, IATA визначає стандарти та правила для транспортування пасажирів та вантажів в аеропорту, включаючи правила щодо розміщення та перевезення багажу, визначення ваги вантажів та вимоги до їх упакування.

Усі ці правила та стандарти IATA встановлює з метою забезпечення безпеки пасажирів та ефективного функціонування аеропортів, що є важливим для підтримання безпеки польотів та безперебійної і надійної роботи авіаційного транспорту.

Основні питання, які регулюються цими документами, включають вимоги до допуску транспортних засобів на територію аеропорту, регламентацію руху транспортних засобів на території аеропорту, вимоги до безпеки експлуатації транспортних засобів, вимоги до регулярного технічного обслуговування транспортних засобів та вимоги до кваліфікації та підготовки водіїв транспортних засобів.

УТЗ є важливим елементом наземного обслуговування ПС та пасажирів, і вимагає відповідального та професійного підходу з боку персоналу, що працює з транспортними засобами.

На сьогодні хендлінгові компанії є ключовими гравцями в галузі наземного обслуговування літаків та пасажирів у аеропорту. Вони забезпечують широкий спектр послуг, включаючи управління транспортними засобами для наземного перевезення екіпажів, пасажирів, багажу, вантажів та пошти в аеропортах.

Хендлінгові компанії залучаються до цієї послуги через тендерний процес, де вони змагаються з іншими компаніями за право надавати послуги УТЗ у конкретному аеропорту. Цей процес зазвичай включає в себе подання пропозицій на різні види послуг, включаючи ціни та рівень обслуговування.

Прикладом такого тендерного процесу може бути той, що відбувається у Лондонському міжнародному аеропорту Heathrow.

Хендлінгові компанії, такі як Swissport International Ltd, Menzies, WFS та Dnata, змагаються за право надавати послуги наземного обслуговування ПС та пасажирів у цьому аеропорту. Вони пропонують різні пакети послуг, включаючи рух транспортних засобів, обробку багажу та обслуговування пасажирів, а також пропонують різні ціни та технічні рішення.

Після виграшу тендерного процесу хендлінгова компанія укладає контракт з аеропортом на надання послуг наземного обслуговування літаків та пасажирів. У рамках цього контракту хендлінгова компанія зобов'язується надавати широкий спектр послуг на високому рівні якості та безпеки, а також дотримуватися всіх вимог і правил, встановлених аеропортом та регулюючими органами.

Наприклад, хендлінгова компанія Swissport International Ltd є однією з найбільших хендлінгових компаній у світі та має контракти на надання послуг з наземного обслуговування в більш ніж 300 аеропортах по всьому світу,

включаючи Лондонський міжнародний аеропорт Gatwick, міжнародний аеропорт Лос-Анджелеса та інші [5].

Компанія Menzies Aviation має контракти на надання послуг в більш ніж 200 аеропортах по всьому світу, включаючи Лондонський міжнародний аеропорт Gatwick, аеропорт Heathrow та Міжнародний аеропорт Ататюрка в Стамбулі.

При цьому названі хендлінгові компанії відповідають за управління GSE, такими, як автобуси для перевезення пасажирів та екіпажів між терміналом і ПС, технікою для транспортування багажу, навантажувачами багажу та контейнерів, аеродромними тягачами, вантажними автомобілями та іншим аеропортовим обладнанням.

Ці хендлінгові компанії забезпечують управління вантажоперевезеннями, які надходять та відправляються через аеропорт. Це включає навантаження та розвантаження вантажу, складське управління, організацію перевезень та інші послуги.

Хендлінгові компанія забезпечують координацію між різними департаментами та службами аеропорту в питаннях. що стосуються диспетчеризації та безпеки польотів при наземному русі GSE.

Крім послуг УТЗ, які, певною мірою, можуть дублюватись з послугами обслуговування на пероні, досить поширеним для хендлінгових компаній є забезпечення перевезення екіпажів ПС.

Для перевезення екіпажів в аеропортах використовуються різноманітні транспортні засоби, які забезпечують комфортні та безпечні умови перевезення.

Ці засоби включають автобуси для перевезення екіпажу, електромобілі, спеціальні транспортні засоби з підйомниками тощо.

Автобуси для перевезення екіпажу ПС є досить зручним та ефективним способом перевезення екіпажу від терміналу до літака або з літака до терміналу.

Ці автобуси зазвичай мають спеціальні двері та тримачі для вантажу, які забезпечують безпеку під час руху.



Рис. 1 Електроавтобус EP (Англія)

Сучасний електроавтобус для аеропорту це екологічний, маневрений електричний транспортний засіб, який ідеально підходить для перевезення екіпажів ПС в аеропорту. Наприклад, електроавтобус моделі EP (Англія) розрахований на 11 пасажирів і має розміри 2100 х 3860 1480 мм, забезпечуючи

радіус повороту всього 4,8 м. При цьому швидкість такого електроавтобуса становить 30 км/год.

Транспортні засоби зі спеціальними підйомниками використовуються для виходу екіпажу з високо розташованих палуб ПС або надання можливості екіпажу спуститися на землю . Вони зазвичай мають спеціальні платформи, які забезпечують безпечний та стійкий перехід із транспортного засобу до ПС.

Електромобілі використовуються для перевезення екіпажу в аеропортах на короткі відстані. Вони зазвичай мають дуже компактні розміри та низький рівень шуму, що робить їх ідеальними для перевезення екіпажу у будь-який час дня та ночі.

Наприклад, авіакомпанія Emirates використовує спеціальні автобуси для перевезення своїх екіпажів в аеропортах. Ці автобуси мають спеціальні двері та місця для багажу, що забезпечують безпеку та комфорт під час перевезення. Крім того, деякі аеропорти, наприклад, аеропорт Heathrow в Лондоні, використовують електромобілі для перевезення екіпажів між терміналом та ПС.



Рис. 1 Електромобіль для аеропорту на 6 осіб AV6-01 (Англія)

Висновок. Таким чином, комплекс послуг з наземного обслуговування, які відносяться до послуг з управління транспортними засобами для наземного перевезення екіпажів, пасажирів, багажу, вантажів та пошти в аеропортах, є важливим аспектом сучасного аеропортового хендлінгу. Аналіз комплексу цих послуг показує, що в ряді нормативних документів з наземного обслуговування є дублювання окремих технологічних процесів, пов'язаних з використанням GSE, що може негативно впливати на організацію наземного обслуговування окремими хендлінговими компаніями в аеропортах.

Список літератури

1. Повітряний кодекс України від 19.05.2011 № 3393-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3167-12.
2. IATA Airport Handling Manual (AHM) 41st Edition 2021.
3. ICAO Doc 10121. Manual on Ground Handling. First Edition, 2019.
4. Директива ради ЄС «Про доступ до ринку наземного обслуговування в аеропортах Співтовариства» від 15.10.1996 №96/67/ЄС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://old.minjust.gov.ua/file/31565.
5. Офіційний сайт компанії Swissport International Ltd - Режим доступу: https://www.swissport.com/en.

УДК 629.735:377.004.4

О.П. Шемейко, А.В. Пророченко, О.В. Попов, к.т.н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Сучасні аспекти формування контингенту персоналу з технічного обслуговування повітряних суден в умовах воєнного стану

На процес технічного обслуговування повітряних суден і їхніх компонентів впливає безліч чинників, які зумовлюють вимоги щодо кількісних та якісних характеристик персоналу. Розглядається проблематика забезпечення необхідного контингенту технічного персоналу для української авіації в сучасних умовах.

Вступ

Сучасний простір авіаційної діяльності потребує застосування широкого спектру інновацій та значного законодавчого регулювання з метою підтримання належного рівня безпеки польотів. Технічне обслуговування (ТО) є важливою частиною підтримання льотної придатності (ЛП) повітряного судна (ПС). Ефективність експлуатації ПС, у великій мірі, залежить від можливостей здійснення ТО не тільки в процесі експлуатації, а й у періоди простою з різних причин [1]. З метою попередження небажаних наслідків неякісного ТО враховуються інструкції та рекомендації виробників, а також стандарти міжнародних організацій щодо підвищення якості та безпеку польотів [2].

Так як підтримання ЛП ПС є складним та багатогранним процесом, залучення необхідної кількості та підтримання кваліфікації персоналу є значною проблемою у переважній більшості схвалених організацій з ТО різних країн світу[1]. З початком повномасштабного вторгнення та закриття повітряного простору України сформувались певні умови для підтримання схвалення і формування контингенту персоналу, які пропонується розглянути детальніше.

Основна частина

Організації з ТО, схвалені за вимогами державного управління цивільної авіації відповідно до Part-145 EASA, можуть бути як структурним підрозділом компанії-експлуатанта, так і мати схвалення в якості самостійної одиниці, що надає послуги в обсязі переліку робіт згідно чинного сертифікату [3]. Для отримання схвалення та його підтримання у компетентний орган мають бути подані документи згідно Додатку ІІ до Авіаційних правил України У № 286 та PR AMO.A-001, які підтверджують можливості виконання заявленого переліку робіт на прийнятному рівні не тільки у матеріальних та технічних аспектах, а й у забезпеченні потрібними людськими ресурсами. Необхідно підтвердити наявність достатньої кількості керівного, технічного та допоміжного складу для заявлених процесів ТО (PR AMO.A-120), а також відповідність кваліфікації співробітників в частинах, що стосуються (PR AMO.A-126). Для цього можуть бути надані чинні свідоцтва персоналу з ТО за Part-66, сертифікати підготовки відповідно до напрямку діяльності, підготовки на тип ПС або компоненти, документи з підвищення кваліфікації тощо [3]. Підготовка персоналу має здійснюватися згідно затверджених компетентним органом програм в

організаціях, схвалених за Part-147 або у організації з ТО за наявності відповідних процедур та ресурсів [3].

Однією з ключових сфер моніторингу відповідності персоналу з ТО ПС та їх компонентів є набуття й підтримання прийнятного рівня практичного досвіду. Саме практичним шляхом отримано значну долю інформації для покращень у сфері підтримання ЛП ПС та можливостей застосування передових технологій [4]. Процеси ТО мають великий вплив на витрати протягом життєвого циклу, а тому відіграють важливу роль у розвитку діяльності не тільки експлуатанта, а й організацій-учасників на різних ланках забезпечення обслуговування ПС. Своєчасність та повнота заходів з діагностування несправностей, розвитку втомлювальних процесів конструкції й компонентів ПС, рішення про модернізацію або розширення обсягу чергової форми базового ТО здатні покращити ефективність використання кожного екземпляра та подовжити термін його безпечної експлуатації [4]. З метою підтримання належного рівня кваліфікації персоналу в організаціях з ТО впроваджуються заходи з періодичної внутрішньої атестації персоналу та контроль записів у книгах обліку практичного досвіду у відповідності до AMC 66.A.20(b)2 та PR AMO.A-128 [3].

Від початку військових дій на території України діяльність вітчизняних експлуатантів ПС і супутніх організацій зазнала суттєвих змін. Частина українських авіакомпаній нині працюють в обмеженому режимі на висококонкурентному ринку авіаперевезень за межами нашої держави. Персонал аеропортів та інших, пов’язаних з авіаційною діяльністю, компаній або працює у неповному режимі або перебуває у вимушеному простої, що призводить до скорочення штату [5]. Додатковими факторами скорочення кадрового складу у галузі є перехід до суміжних сфер діяльності та міграція у межах України або за кордон [5, 6].

На сьогоднішній день можливо виділити наступні проблеми вітчизняної ЦА: збереження льотнопридатного стану парку ПС та відповідної інфраструктури на території України; забезпечення підтримання необхідного контингенту і кваліфікації персоналу, залученого до авіаційної діяльності; пошук можливостей здійснення рейсів та обслуговування парку ПС вітчизняних експлуатантів за кордоном; ускладнення логістичних процесів та зміну ризиків, пов’язаних з доставкою персоналу і документообігом, забезпеченням запасними частинами тощо; створення кадрового резерву для можливостей розширення діяльності та/або відкриття повітряного простору[5, 6].

Військові дії змусили українські авіакомпанії повністю перенести діяльність з надання послуг за межі нашої держави, конкуренція на ринку суттєво посилилась як і вимоги щодо дотримання стандартів ЄС у галузі. Таким чином виникла потреба відповідного документального супроводу і додаткових капіталовкладень. Для забезпечення ЛП ПС вітчизняних типів було додатково створено та схвалено відокремлені бази з ТО. В умовах гострих фінансових обмежень та економічної нестабільності це є дуже непростим завданням так як необхідно забезпечити хоча б мінімальну кількість обладнання та персоналу на такій базі й налагодити процес доставки компонентів для ТО на збережених схвалених потужностях в Україні [5]. Ці завдання ускладняються не тільки за

рахунок митних процедур, часу, особливостей транспортування, виділення додаткових матеріальних ресурсів, а й за рахунок мобілізаційних процесів, що впливають на можливості перетину кордону для необхідного персоналу [6].

Для діяльності українського персоналу з підтримання ЛП ПС також склалися дуже непрості обставини: кількість схвалених організацій з ТО скоротилась; у діючих організаціях персонал часто працює в обмеженому режимі; працевлаштовані за кордоном нерідко опиняються у складних матеріальних обставинах, змушені цукати іншу роботу, що негативно впливає на підтримання їх кваліфікації; частина персоналу мобілізована до лав ЗСУ і не завжди служить за фахом. Таким чином, значний відсоток спеціалістів вітчизняної авіаційної галузі виїхав з країни на тривалий термін. Звичайно, що частина висококваліфікованого персоналу успішно працює у місцевих європейських компаніях і чим довше триватиме цей період, тим менше шансів на їх повернення [6].

Що стосується процесів ТО ПС, на території України наразі можливе виконання процесів зберігання, ремонтів, відновлення та або модернізації, обслуговування компонентів. Для літаків, переважно, забезпечується зберігання, а для гелікоптерів різні процеси ТО мають більшу інтенсивність через виконання небойових завдань під контролем відповідних підрозділів ЗСУ. Зазначене вище обумовлює перехід значної кількості спеціалістів з ТО літаків на виробництво та обслуговування безпілотних літальних апаратів. При цьому у їхньому практичному досвіді, згідно свідоцтва персоналу за Part-66, виникає перерва а супутні сертифікати згідно з PR AMO.A-126 можуть втратити чинність [3]. У разі відновлення діяльності такого працівника сфері ТО ПС може виникнути потреба у значних капіталовкладеннях на перепідготовку і певний період для поновлення практичних навичок на тип, що вплине на можливості повноцінної роботи, а отже існує можливість остаточної зміни роду діяльності такого спеціаліста.

Формування кадрового резерву для ТО ПС можливе за рахунок наявного персоналу в організаціях або залучення нових співробітників. При цьому процес підготовки нового персоналу вимагає як витрат на базове навчання так і дотримання вимог щодо набуття базового досвіду, що займає не один рік. На сьогоднішній день кількість організацій, схвалених за Part-147 (Додаток IV до АПУ № 286) скоротилась, а в організаціях з ТО не завжди є схвалені необхідні програми внутрішньої підготовки [3]. Слід зазначити, що виконання вимог відповідності персоналу для отримання свідоцтва за Part-66 за рахунок лише внутрішніх процедур організації з ТО унеможливлено на законодавчому рівні, що є корисним з точки зору безпеки польотів [1, 2].

Окрім підготовки нового персоналу також необхідно передбачити можливість підвищення категорій та розширення привілей для тих співробітників, які вже мають свідоцтва. Це можливо не тільки за умов дотримання вимог щодо досвіду й кваліфікації, а й за рахунок розробки та впровадження програм підготовки на робочому місці PR AML.A-004 [3]. Слід зазначити, що в умовах скорочення обсягів, зміни структури робіт з ТО ПС та необхідності забезпечення практичної частини навчальними посібниками, даний процес також суттєво ускладнюється та вимагає розширення часових меж для виконання.

Висновки

Ефективне функціонування процесів з підтримання ЛП ПС, зокрема ТО, в авіації має вирішальне значення для забезпечення безпеки та надійності експлуатації ПС. З метою збереження та відновлення кількісного і якісного складу потрібного персоналу, постає необхідність розробки додаткових заходів, які б дозволили діючим схваленим організаціям з ТО цивільних ПС забезпечити підтримання практичної складової кваліфікації співробітників. Також бажано створити сприятливі умови для залучення і підготовки молодих спеціалістів з метою забезпечення необхідного кадрового резерву. Це можуть бути групи з базової підготовки згідно вимог п. 66.A.25 Додатку III до АПУ № 286 [3], схвалених ознайомчих курсів на тип ПС та періодичних зборів для набуття досвіду з певних видів ТО ПС з оформленням відповідних документів. Дані заходи мають відбуватись на пільгових умовах шляхом надання грантів, виділення стипендій, часткової організації навчання та/або стажування за кордоном. Працівникам Агентства відновлення та розвитку інфраструктури бажано вже зараз розробляти відповідні процедури з умов, обсягів підготовки та відбору кандидатів додатково до плану відновлення [5]. Дана рекомендація також може бути застосована щодо персоналу із забезпечення інших видів наземного забезпечення авіаційної діяльності.

Список літератури

1. Korba, P.; Šváb, P.; Vereš, M.; Lukáč, J. Optimizing Aviation Maintenance through Algorithmic Approach of Real-Life Data. Appl. Sci. 2023, 13, 3824. https://doi.org/10.3390/app13063824.
2. Regattieri, A.; Giazzi, A.; Gamberi, M.; Gamberini, R. An innovative method to optimize the maintenance policies in an aircraft: General framework and case study. J. Air Transp. Manag. 2018, 44–45, 8–20. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.02.001.
3. Офіційний сайт Державної авіаційної служби України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://avia.gov.ua/
4. Passlick, J.; Dreyer, S.; Olivotti, D.; Grützner, L.; Eilers, D.; Breitner, M.H. Predictive maintenance as an internet of things enabled business model: A taxonomy. Electron. Mark. 2020, 31, 67–87. https://doi.org/10.1007/s12525-020-00440-5.
5. Горбаль Н.; Радченко Я. П. Стан та перспективи розвитку авіатранспортної галузі України в умовах євроінтеграції, пост пандемії та війни. SMEU. 2023; Випуск 5, Номер 1: сс. 249 – 260. https://doi.org/10.23939/smeu2023.01.249
6. Марія Бабенко; Два роки без рідного неба. Де і як виживає українська цивільна авіація під час повномасштабної війни. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://thepage.ua/ua/economy/yak-vizhivaye-ukrayinska-civilna-aviaciya-pid-chas-povnomasshtabnoyi-vijni

UDC 629.7355.03

O.A. Tamargazin, Doctor of Engineering Sciences, S.M. Kabyka, I.A. Nechaev
(National Aviation University, Ukraine)

Problems of creating projects for the phased introduction of hydrogen technologies at airports

The main problems associated with the introduction of liquid hydrogen aircraft in civil aviation are considered. The main attention is paid to the complexity in the management of such projects at the national and international level.

Airport as a hydrogen hub

Limitations on the level of harmful emissions and noise imposed on new civil aviation facilities in 2030-2040 force developers to find complex technological and design solutions for the use of various power plant schemes on aircraft, the use of alternative fuels, etc. According to ICAO standards, a reduction in NOx relative to the CAEP/8 level of 60% is expected. Since the thermodynamic cycle of a traditional gas turbine engine is at a high level of thermal energy use, it is extremely difficult to achieve such a high reduction in emissions by changing the cycle parameters and using advanced design solutions for the combustion chamber. An innovative solution is the use of cryogenic fuel, in particular liquid hydrogen. Its use for power plants eliminates CO_2 emissions, reduces mass emissions of NO_x by 1.85 times less than that of kerosene. Maintaining the temperature of liquid hydrogen, no higher than the boiling point of -20 K opens up great opportunities for designing various schemes using, in particular, electric machines based on high-temperature superconductivity. In such schemes, it is possible to select the required amount of mechanical energy of the engine and distribute electrical energy flows to the required number of movers.

In 2020, Airbus unveiled three ZEROe zero-emission commercial aircraft concepts. It proposes to use hydrogen as an energy source, which Airbus considers a promising type of clean aviation fuel. Airbus plans to make the first flight of the aircraft in 2035 [1]. The aircraft will be equipped with modified gas turbine engines. The first version of the aircraft will have two turbofan engines and will be similar in appearance to a classic passenger aircraft. This aircraft will carry 120-200 passengers over a range of more than 4,000 kilometers. The second version of the aircraft will receive two turboprop engines that drive propellers with six blades. The plane will accommodate up to 100 passengers and will be able to fly about 2,000 kilometers. The third version of the aircraft will have a mixed wing, where the wing merges with the body of the aircraft. The plane will accommodate up to 200 passengers and will be able to fly 4,000 kilometers. The spacious fuselage opens up numerous possibilities for hydrogen storage, as well as for the layout of the passenger cabin.

These hydrogen-powered aircraft options will allow Airbus to study and refine the design and layout of the first zero-emission aircraft. Therefore, governments should invest more money in research and encourage the use of

environmentally friendly aviation fuel, and airports will have to change their infrastructure to transport hydrogen and refuel aircraft.

The number of new airports that will be built that could theoretically be designed as “hydrogen airports” will be relatively small compared to existing airports. Therefore, it is necessary to adapt existing airports to the gradual transition to hydrogen aircraft. The projected phase-out of kerosene and the medium to long-term use of hydrogen as an aviation fuel require a new approach to transforming existing airport fuel infrastructure. The development of hydrogen infrastructure may be a few years away, but existing airports will need to expand their hydrogen infrastructure in parallel with increasing flight capacity. At the same time, it is necessary to maintain a supply of fuel for flights using kerosene and synthetic fuel in the near future. All of this must be economically feasible, since installing large hydrogen production capacities that will not be fully utilized until several years later creates a financial burden that most airports will not be able to finance on their own. In most cases, the necessary space for additional installations can be created by gradually dismantling the kerosene infrastructure.

At the first stage, airports can create a “non-aviation” infrastructure based on integration with power plants. To obtain maximum efficiency from the introduction of new technologies, it is necessary to convert as much equipment used at the airport to hydrogen as possible. These primarily include public taxis, ground support equipment and machinery, airport cargo and mail handling, and truck and train logistics. Heating and air conditioning of buildings at the airport can also be converted to hydrogen use.

These steps will create a need for hydrogen production on or near the airport. In subsequent stages, the use of hydrogen technologies can be used, for example, for truck logistics and the growing supply of LH_2 in the commercial market of the industrial gas industry as a stable base load for a liquid hydrogen production plant.

Technology development

The design of hydrogen storages always depends on the storage technology chosen. Nevertheless, in most cases, a metal case is used, because when storing pure hydrogen, the containment of the medium in respect of the permeability of the medium has always to be taken into account. In the case of chemical or adsorption storage the used components have to be contained in a vessel, whereas some of them like ammonia are even hazardous. Because of the experimental status with almost all alternative storage technologies and the risks going along with this, the use of physical hydrogen storage systems are the main focus of the commercial aviation industry. It has to be noted, that in some special cases like unmanned flight vehicles the advantages could be higher than the risk to go over to alternative technologies.

The basic technologies necessary to create a hydrogen infrastructure at the airport have now already been developed. Special refueling installations (for example, flexible transfer lines with robotic control for connection to an aircraft) and the aircraft coupling device itself are not yet available. International rules and standards for the use of liquefied hydrogen in civil aviation should also be developed. In addition, technological processes must be economically optimized for aviation applications.

Since each airport has unique parameters, the phased creation of hydrogen infrastructure must be planned individually. However, for reasons of economy, it is also necessary to standardize the design and production of equipment as far as possible. As a basis for managing a hydrogen airport project, it is proposed to distinguish between the terms “site-specific” and “site-independent”. “Site independent” means, for example, that the proposed LH_2 production facility could be used at multiple airports. “Site specific” means, for example, that the connection to the local power supply or LH_2 distribution system must be adapted to local specific requirements. Similarly, for example, the permitting process could include a standardized part related to the production of LH_2 and a specific part related to the integration of this facility at a particular airport [2].

Project management

Traditional project management is based on technologies associated with the execution of a specific project based on a technical specification until the facility is commissioned and handed over to the customer [3]. Since the transition from kerosene to hydrogen at an airport will be a long-term process with several intermediate stages, the project will be managed not only by the intermediate stages themselves, but also by a long-term perspective and coordinated actions with other airports. Such coordinated planning makes sense not only to accommodate point-to-point flight requirements, but also to find synergies for equipment development. This can be illustrated by the following example. If the initial demand for hydrogen at the airport is constantly increasing, a new LH_2 production plant with sufficient buffer capacity must be installed. The initial low-capacity plant could then be moved to a lower LH_2 consuming airport that has just begun to embrace hydrogen aviation. With such strategic planning, the relocation or planned refurbishment of equipment would already be taken into account when designing technologies at specific airports. Such a coordinated alliance of airports (national and international) would be beneficial and economically superior to individual airport transformation planning.

Therefore, long-term planning is mandatory, which requires some flexibility regarding the required fuel supply by decommissioning older aircraft and gradually replacing them with hydrogen aircraft. Long-term planning and project management must be organized in such a way that they differ significantly from the typical project delivery models currently used in practice.

Concluding remarks

The considered problems of creating a hydrogen aviation infrastructure show the importance of strategic planning, high flexibility, continuous integration of technical developers and project management with the internal structure of hydrogen aviation, focused not on a single final solution, but on a “moving target”.

References

1. https://www.airbus.com/en/innovation/energy-transition/hydrogen/zeroe
2. John Whurr. Future Civil Aero engine Architectures & Technologies. Rolls-Royce, 2013
3. Mark Thomas. Better power for a changing world. Next Generation Engines. 2014

УДК 629.7

О.В. Лелюшок
(Національний авіаційний університет, Україна)

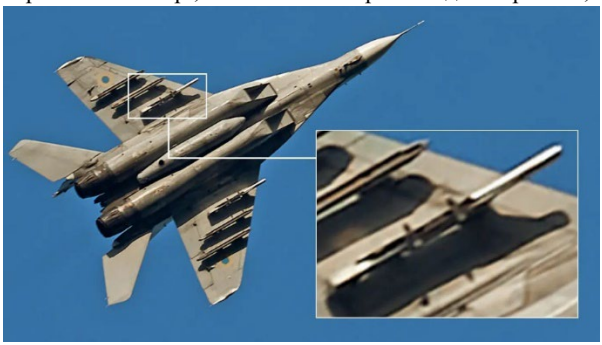
Аналіз та оцінка проблем експлуатації винищувачів ПС ЗС України

В сучасних реаліях, під час дії правового режиму військового стану ПС ЗСУ мають гостру проблему в підтримці боєздатності наявного авіапарку, а також додатковому забезпеченні винищувальною авіацією своїх підрозділів.

Після здобуття незалежності, в спадок наша країна отримала значну кількість військових літаків різних типів (близько 1500 одиниць), але на жаль значна їх кількість була виведена з бойового чергування, внаслідок дії різного роду договорів про скорочення озброєнь (наприклад дальня стратегічна авіація), та браку фінансування.

Попри початок постачання союзниками бойової авіації західного зразка, основними багатоцільовими винищувачами ПС ЗСУ, не зважаючи на поважний вік, та значний наліт, все ще являються, успадковані раніше літаки типу СУ, та МіГ. До того ж наша країна має достатньо льотного та обслуговуючого персоналу під ці машини.

СУ-27 – багатоцільовий винищувач-бомбардувальник четвертого покоління, з бойовим радіусом в 1500 км. Був розроблений для отримання переваги в повітрі, та може нести різні види озброєння, починаючи від ракет типу Р-27 повітря-повітря, блоків некерованих ракет повітря-поверхня, та авіабомб типу ФАБ. Оскільки випуск боєприпасів вітчизняними підприємствами до даного літака за останні роки не було налагоджено, проте спроби схрестити його із озброєнням західного зразка активно реалізуються. Так наприклад восени 2022-го року було підтверджено застосування даними літаками протирадіолокаційних ракет AGM-88 HARM, в 2023-му році з'явились підтвердження застосування керованих авіабомб Mark-82 з комплектом корекції JDAM-SE. Робота винищувачів з комплектами озброєнням західного типу підтверджується використанням не характерних пілонів підвісного озброєння. [1,3]

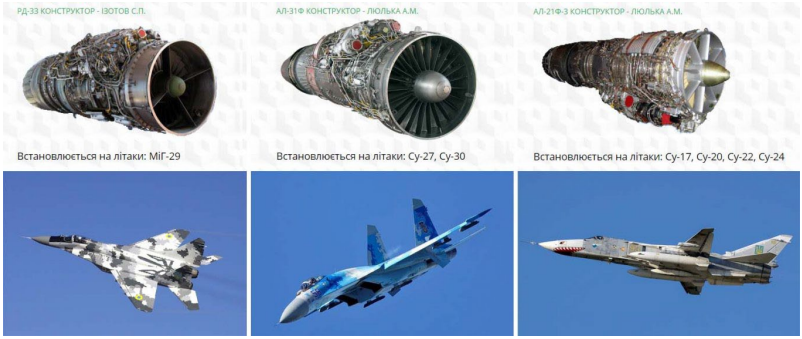


1 Винищувач МиГ-29 українських Повітряних Сил з новими пілонами. Червень 2023. Україна. Фото: @air.force.ua.official

Міг-29 багатоцільовий винищувач має схожі ТТХ, та виконує схожі задачі, що й СУ-27, але має значно менший бойовий радіус дії (близько 700 км), меншу вагу, компактніші розміри, та як наслідок може споряджатись озброєнням масою до 3500кг (СУ-27 при цьому може нести 8000 кг) на точках підвіски. Даний літак наразі також застосовується з схожою номенклатурою озброєння, що і СУ-27. [2]

Наліт основної маси машин скорочує ресурс, та провокує вихід з ладу агрегатів, в тому числі двигунів. СУ-27 має пару двигунів типу ТРДД АЛ-31Ф, які після певного періоду експлуатації, внаслідок дії значних навантажень, температур, потребують ремонту та заміни деяких елементів. Тож для підтримки боєздатності літаків, вітчизняні підприємства займаються їх ремонтом та модернізацією. Так наприклад ДП «Івченко-Прогрес» ще до початку повномасштабного вторгнення виконувало замовлення по повному циклу виготовлення робочих лопаток компресора турбіни високого тиску двигуна АЛ-31Ф, що дозволило повернути в стрій деяку кількість машин.

рисТОВ «Луцький ремонтний завод Мотор» робить значний вклад у вітчизняну авіаційну галузь, так наприклад на його потужностях відбувається ремонт двигунів АЛ-21Ф-3; АЛ-31Ф; РД-33, та низки інших.



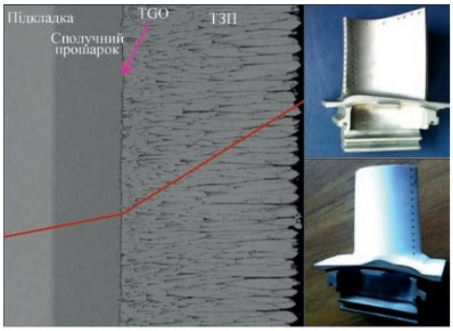
До речі, в рамках імпортозаміщення тут налагодили виробництво деталей для авіадвигунів, які раніше купували в агресора. [5]

Основними несправностями ТРДД як правило є:

- прогари та пошкодження лопаток турбіни (внаслідок впливу високих температур);
- пошкодження лопаток вхідного пристрою компресора, (при потраплянні сторонніх предметів, твердих уламків зі злітної смуги);
- прогари жарової труби;
- збої подача палива через форсунки (закоксованість форсунок);
- ушкодження певних частин регульованого реактивного сопла.



Державне госпрозрахункове підприємство «Міжнародний центр електронно-променевих технологій Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України» розробило технології для нанесення градієнтних захисних покриттів, що забезпечують вищий ступінь повторюваності складу, структури та довговічності порівняно із покриттями, які отримуються за традиційною багатоступінчатою технологією. Наприклад, градієнтні термобар'єрні покриття типу Ni-Co-Cr-Al-Y(AlCr)/YSZ для захисту лопаток газотурбінних двигунів, з товщиною керамічного шару близько 160 мкм. На малюнку показано робочі лопатки з



металевим та керамічним покриттям, та структуру теплозахисного покриття. Ці покриття мають низький рівень теплопровідності (близько 1,2 Вт/(м²), а їхня термоциклічна довговічність у2-3 рази вища, ніж у традиційних термобар'єрних покриттів. [4]

Для посилення ескадрилій ПС ЗСУ, союзники почали передачу військової авіації західного зразка, зокрема, багатоцільових винищувачів,F-16 (Fighting Falcon - Бойовий сокіл). На даному етапі наші ПС мають гостру потребу в спеціалістах льотного складу (пілотів що можуть літати на таких машинах поки дуже мало), спеціалістів з обслуговування та підготовки літаків, а також запчастин та матеріалів для міжпольотного обслуговування, та передпольотної підготовки. Також проблемою виступає обмежений ресурс інфраструктури, придатної для базування, та злітно-посадкових смуг належної якості.

Перевагами F-16 виступає універсальність платформи: бойове навантаження по масі він візьме навіть більше ніж «СУ-шка», та і номенклатура озброєнь значно ширша. Бойовий радіус становить біля 570км, але з додатковими паливними баками виростає до 1700км, чого більш ніж достатньо. До того ж бортова РЛС в модифікації F-16 Block 42 має вдвічі більшу максимальну дальність виявлення цілі. Сучасні версії F-16 оснащені радаром AN/APG-83, який може відстежувати одночасно до 35 цілей і обстрілювати 8. Причому цілі можуть бути як повітряними, так і наземними, перемикати режими нема потреби.

Що до номенклатури боєприпасів, то окрім вже відомих JDAM-ів та HARM-ів,, літак може нести ракети типу:



1. Повітря-повітря AIM-120 AMRAAM — це найпоширеніша ракета середнього радіусу світі по принципу вистрілив-забув.
2. Повітря-поверхня, такі як «Маверік», «Гарпун», «JASSM»
3. Бомбове озброєння типу Mark та GBU

Крім власне озброєння F-16 може обладнатися контейнерами зі спеціальним обладнанням.

Контейнери радіоелектронної боротьби AN/ALQ-131 або AN/ALQ-184. Служать для встановлення перешкод ворожим радарам. Прицільні контейнери AN/AAQ-33 Sniper, AN/AAQ-13 LANTIRN або AN/AAQ-28 LITENING - контейнери з лазерними прицілами для малорозмірних і рухливих цілей на землі. AN/ASQ-213 HTS спеціальний контейнер для наведення ракет HARM. [6]

Висновок. Авіапарк винищувачів ПС ЗСУ потребує окрім планових ремонтів та модернізації наявних літаків, подальшої адаптації по застосуванню озброєння західного зразка, за для підвищення бойових можливостей. Наявність навченого особового складу, та інфраструктури дозволяє розширити авіапарк літаків типу СУ-27 та МіГ-29, тоді як навчених фахівців, що можуть працювати з літаками західного зразка на даному етапі все ще не достатня кількість.

Список літератури

1. Громадське об'єднання Український мілітарний центр, «СУ-27», публікація від 28.11.2009р. https://mil.in.ua/uk/articles/su-27/

2. Громадське об'єднання Український мілітарний центр, «В Україні модифікували МиГ-29 під нове озброєння», публікація від 21 Червня, 2023р https://mil.in.ua/uk/news/v-ukrayini-modyfikuvaly-myg-29-pid-nove-ozbroyennya/

3. Громадське об'єднання Український мілітарний центр, «Українські Су-27 застосовують високоточні JDAM-ER», публікація від 24 Серпня, 2023р https://mil.in.ua/uk/news/ukrayinski-su-27-zastosovuyut-vysokotochni-jdam-er/

4. Міжнародний науково-теоретичний та виробничий журнал «Сучасна електрометалургія» №1 2020рік. https://patonpublishinghouse.com/sem/pdf/2020/sem202001part.pdf

5. ТОВ «Інформаційно-консалтингова компанія «Діфенс Експрес»», ЛРЗ «Мотор» відремонтує двигуни для трьох бойових літаків ЗСУ», публікація від 25 березня 2021р https://defence-ua.com/people_and_company/lrz_motor_vidremontuje_dviguni_dlja_troh_bojovih_litakiv_zsu-3231.html

6. ТОВ «Файненс.юа» - незалежний фінансовий портал, «Літак F-16. Характеристики, ціна, і чим він кращий від Міг-29», публікація від 15 лютого 2023р https://finance.ua/ua/goodtoknow/litak-f-16

УДК 621.691.4

О.Д. Близнюк, Р.М. Марчук
(Національний авіаційний університет, Україна)
О.Г. Бондаренко
(Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Україна)

Діагностування та моніторинг технічного стану протяжних трубопроводів низькочастотними ультразвуковими спрямованими хвилями

У статті розглянуто застосування методу низькочастотного ультразвукового діагностування для контролю протяжних трубопроводів у нафтогазовій промисловості. Проаналізовано процедуру ідентифікації втрат металу у трубах під час експлуатації. Обговорено використання порогової логіки для визначення дефектів у стінках трубопроводу та необхідність переходу від неруйнівного контролю до технічного діагностування.

Початок XXI ст. у різних країнах світу ознаменувався розвитком нових методів і технічних засобів для діагностування та моніторингу технічного стану відповідальних промислових об'єктів, до яких, в першу чергу, слід віднести метод та технологію неруйнівного контролю протяжних інженерних систем на основі застосування далеко діючих низькочастотних ультразвукових спрямованих хвиль. До таких відповідальних протяжних об'єктів, які потребували вирішення задачі оцінки їхнього технічного стану в процесі довготривалої експлуатації у різних країнах світу, відносяться протяжні нафто- і газопроводи, технологічні трубопроводи промислових підприємств, залізничні рейки, канатні висячі мости тощо.

Вважається, що вперше далеко діючий низькочастотний ультразвук (LRUT) був представлений у 1998 році фірмою Plant Integrity Ltd (Англія) у вигляді методики Teletest для контролю протяжних трубопровідних систем (трубопроводів) у нафтогазовій промисловості для виявлення корозії та інших втрат металу у стінці труби, наприклад, ерозійного зносу стінки в процесі довготривалої експлуатації трубопроводу [1, 2]. Таку увагу до технічного стану трубопроводів в усіх країнах світу можна пояснити тим, що ці протяжні об'єкти належать до об'єктів підвищеної небезпеки, які обумовлені високими тисками транспортованих речовин, складними-кліматичними умовами їхньої експлуатації тощо.

Тому проблема визначення технічного стану різноманітних трубопровідних систем, забезпечення їхньої надійності та безпечної експлуатації поступово стала предметом геополітики. В цій ситуації важливо значення для забезпечення працездатності трубопроводів має постійний моніторинг їхнього технічного стану. В зв'язку з цим адаптація адекватної технології для діагностування та моніторингу технічного стану протяжних трубопроводів, якої є метод низькочастотного ультразвукового діагностування спрямованими хвилями, має велике значення для зниження втрат потенційно небезпечних продуктів, що транспортуються зазначеними трубопроводами.

Великою перевагою НЧ УЗД спрямованими хвилями є можливість 100% охоплення при контролі стінки труби за всією довжиною контрольованої ділянки трубопроводу, основні характеристики та особливості низькочастотного хвильового процесу в протяжних трубопроводах розглянуто в роботі [3].

Визначення контрольних та діагностичних ознак при діагностуванні технічного стану протяжних трубопроводів. Перехід від процесу неруйнівного контролю до технічного діагностування протяжних трубопроводів вимагає визначення контрольних та діагностичних ознак які відображають геометричні параметри дефектів трубопроводу, та їх класифікацію, що дозволить оцінити рівень його технічного стану. Тому дані процесу неруйнівного контролю любого об'єкта, які надають можливість отримати інформацію про його технічний стан для оцінки можливості продовження ресурсу його експлуатації, відносяться до технічного діагностування та є його головною задачею [4].

Основою процесу технічного діагностування прийнято вважати загальну теорію розпізнавання, яка складає важливий розділ технічної кібернетики й займається розпізнаванням образів любої природи і характеру. Щодо процесу технічного діагностування при визначенні технічного стану протяжних трубопроводів, що основні стани його проведення включають необхідність виконання операції класифікації дефектів з точки зору їхньої небезпеки, визначення основних діагностичних ознак дефектів відносно розпізнавання дефектів при прийнятті рішень тощо. Це дозволить отримати кількісну інформацію щодо належності дефектів до кожного класу, виконати оцінку технічного стану протяжного трубопроводу та проводити періодичний моніторинг щодо можливого ресурсу його експлуатації.

Щодо інформації, яка вкладена в поняття «образ» з самого початку його застосування у неруйнівному контролі, то в найбільш загальному розумінні образ є деякою множиною одночленних спостережень, якій можна поставити у відповідність вектора

$$X = (X_1, X_2, \ldots, X_n), \qquad (1)$$

компонентами якого є окремі спостереження, взяті в сукупності [5].

Загалом вектор X за виразом (1), що носить назву вектору ознак, можна розглядати як вектор ознак у просторі множини ознак Ω_x. Математична задача класифікації ознак образу за допомогою відокремлюючих функцій формуються таким чином [6].

Хай $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_m$ позначають m можливих класів ознак, що підлягають розпізнаванню за виразом (1), де x_i уявляє собою і-у ознаку.

Тоді відокремлююча функція $D_j(X)$, яка відноситься до класу ознак ω_j, $j = 1, 2, \ldots, m$, така, що якщо вхідна множина ознак, що являє собою вектор X, належить класу ω_i, то величина $D_i(X)$ повинна бути

найбільшою. Хай X значить, що вектор ознак X належить класу ω_i. Тоді можна записати, що для всіх X критерій сортування ознак буде визначатися набором відокремлюючої функції

$$D_i X > D_j(X), \text{ для всіх } i, j = 1, \ldots, m, i \neq j. \quad (2)$$

Таким чином, у просторі ознак Ωx межа розбиття, що носить назву розв‘язуючої межі, між областями, які відносяться відповідно до класу ω_i та класу ω_j, буде виражатися рівнянням:

$$D_i(X) - D_j(X) = 0. \quad (3)$$

Відомо, що дослідження будь-якого явища, як правило, починається з класифікації. Будь-які факти та явища повинні бути упорядковані, перш ніж ми зможемо їх зрозуміти та розробити загальні принципи, які пояснюють їх появу та очевидний порядок. З цієї точки зору стверджується, що саме класифікація є одним із фундаментальних процесів у наукових дослідженнях і тому вважається інтелектуальною діяльністю високого рівня, необхідного нам для розуміння природи любого факту та явища. Але оскільки класифікація – це упорядкування об‘єктів за їх подібністю, а об‘єктом можна назвати все що завгодно, включаючи процеси, дії та характеристики, то можна прийти до висновку, що класифікація не обмежується рамками людського інтелекту і в дійсності є фундаментальними властивостями всіх живих організмів.

Для застосування теорії розпізнавання у процедурі діагностування технічного стану технологічних трубопроводів визначимо основні поняття контрольних та діагностичних образів, які будуть використовуватися у процедурі діагностування.

Контрольний образ – підмножина відбитих сигналів від експлуатаційних несуцільностей труби, що відображають у відсотках втрати металу стінки труби внаслідок корозійного пошкодження або ерозійного її зношення.

Ознака контрольного образу – підмножина амплітуд відбитих сигналів від експлуатаційних несуцільностей стінки труби. Саме підмножина амплітуд відбитих сигналів у відсотках втрати металу буде характеризувати технічний стан трубопроводу й дозволяє розділити контрольні образи на класи. У закордонних системах низькочастотного УЗК підмножину відбитих сигналів стосовно відсотків втрати металу стінкою труби розділено на три класи: незначні, помірні, серйозні.

Діагностичний образ – підмножина відбитих сигналів від штучних несуцільностей стінки труби, що відображають у відсотках втрати металу стінки та визначають відповідні розв‘язуючі межі між обґрунтованими класами дефектів стінки труби.

Ознака діагностичного образу – підмножина амплітуд відбитих сигналів від штучних несуцільностей стінки труби, які визначають пороги ідентифікації дефектів між класами на відповідній розв‘язуючій межі.

Інформативний параметр процесу діагностування технічного стану трубопроводу – значення залишкової частини амплітуди відбитого сигналу контрольного образу від експлуатаційної несуцільності, яке виникає після автоматичного порівняння (розпізнавання) амплітуди контрольного образу з амплітудою (порогом) діагностичного образу на визначеній розв’язуючій меті та буде віднесене до відповідного класу дефектів стінки труби.

У процесі розробки технології Teletest далекодіючого низькочастотного ультразвукового діагностування протяжних трубопроводів методом ультразвукової локації з використанням не дисперсійних спрямованих хвиль дефекти класу ω_1 менше 9 % втрати металу стінки труби отримали назву «незначних». Дефекти стінки труби класу ω_2, відбиті від яких сигнали перевищують 9 %, але менше 12 %, одержали назву «помірних».

Нарешті дефекти класу ω_3, сигнали від яких перевищують 12 % втрати металу стінки труби, називаються «серйозними» [7].

Контрольно-діагностичний процес при визначенні технічного стану протяжного трубопроводу. Структурна схема процедури контрольно-діагностичного процесу при визначенні технічного стану протяжного трубопроводу наведене на рисунку.

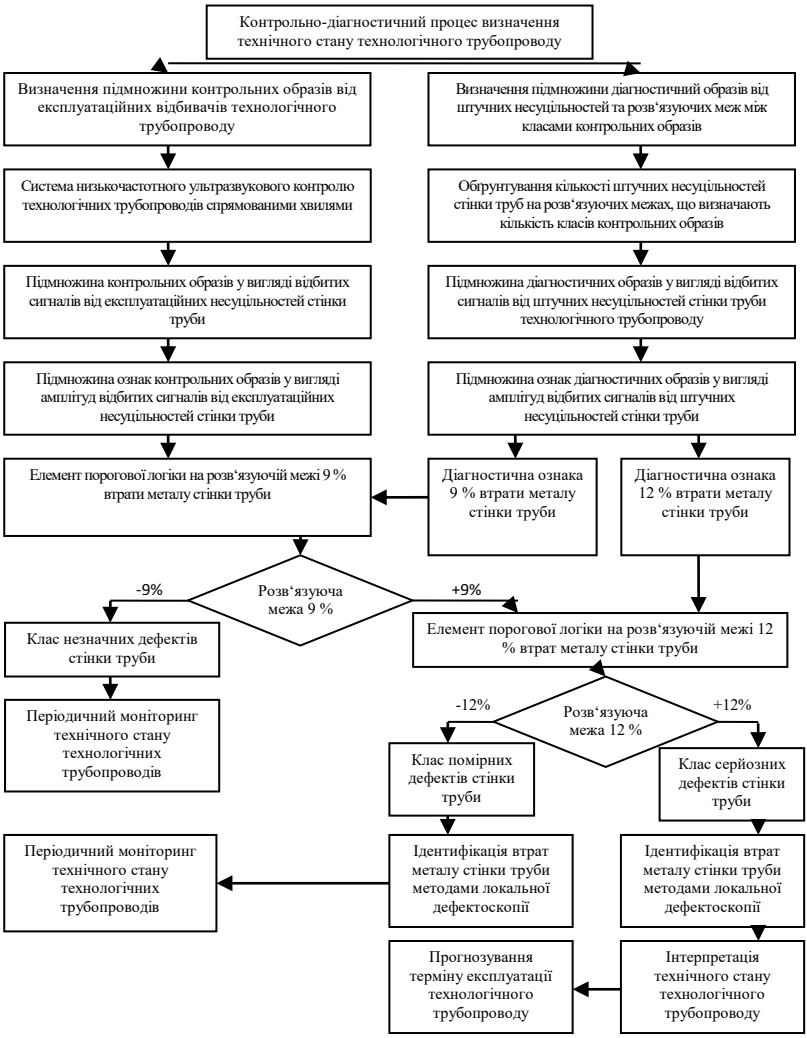


Рисунок 1. Структурна схема процедури контрольно-діагностичного процесу протяжного трубопроводу

Проведення процедури контрольно-діагностичного процесу згідно рисунку ґрунтується на виконанні операції ідентифікації втрат металу стінки труби технологічного трубопроводу протягом часу його експлуатації, яка здійснюється за допомогою двох методів:

1. Розділення підмножини ознак контрольних образів технологічного трубопроводу на розв‘язуючих межах здійснюється з застосуванням так званого «правила порогової ідентифікації дефектів» на основі використання елементів порогової логіки.

2. Визначення розмірів втрат металу стінки труби здійснюється з використанням методів і засобів локальної дефектоскопії, зокрема, ультразвукової та магнітної товщинометрії.

Відомо, що практично кожний метод неруйнівного контролю при визначенні виявленої несуцільності в якості дефекту ґрунтується на використанні найбільш розповсюдженого способу, який носить назву «правила порогової ідентифікації дефектів», для реалізації котрого в неруйнівному контролі застосовуються елементи порогової логіки. В основі правила порогової ідентифікації у методах НК лежить порогове значення інформативних сигналів від виявлених несуцільностей, що розділяє виміряні значення інформативних сигналів від виявлених несуцільностей на відповідність бездефектним і дефектним ділянкам об‘єкта контролю. Застосування правила порогової ідентифікації в НК полягає в порівнянні інформаційного сигналу від несуцільності з деяким сигналом від несуцільності, прийнятим в якості порогового, котрий однозначно дозволяє визначити характер несуцільності: дефект чи не дефект.

Принцип дії правила порогової ідентифікації дефектів в неруйнівному контролі реалізується за допомогою порогових елементів, що базуються на основі двійкових сигналів, тобто двійковій системі числення, яка використовується в різних системах автоматизованого неруйнівного контролю.

Список літератури

1. Report (2001) Long Range Ultrasonic Testing Technique – Performance Details./Document Reference: TTP (01). May. 21p.
2. Long Range Ultrasonic Test System (2004). Section 1. System Overview and Principles of Operation – September. 6p.
3. Бондаренко О. (2019) Основні характеристики та особливості низькочастотного хвильового процесу в протяжних трубопроводах. Методи та прилади контролю якості. 1.5-23.
4. Неруйнівний контроль і технічна діагностика. (2001). Під редакцією 3 т. Назарчука. Львів : ФМІ ім. Г.В. Карпенка. 1134 с.
5. Research Techniques in Nondestructive Testing (1970). Edited by R.S. SHARPE. London. 490p.
6. Fuk. (1968). Sequential Methods in Pattern Recognition and Machine Learning. London. 265 p.
7. Бондаренко О. (2022) особливості діагностування технічного стану технологічного трубопроводів низькочастотними спрямованими хвилями на основі теорії розпізнавання обрізів. Методи та прилади контролю якості. 2.5-26.

UDC 629.7,621.397

S.S. Yutskevych, PhD, O.Ye Yakobchuk, S.V. Zubets
(National Aviation University, Ukraine)

Optimization of the winglet geometry of a small airplane-type UAV wing

This study provides an analysis of the impact of key geometric parameters of winglets on the lift-to-drag (L/D) ratio for airplane-type UAV. The results of this analysis, conducted using Statgraphics Centurion, are presented and discussed.

The development of unmanned aerial vehicles (UAVs) has accelerated significantly due to improvements in structural materials and technologies that allow for lightweight and durable vehicles with improved aerodynamic performance. Modern design approaches include the use of composite materials and additive technologies to optimise trough shapes, bringing them closer to the optimal aerodynamic shape, which reduces drag and increases manoeuvrability. One of the key elements may be the use of winglets, which reduce inductive drag, thereby improving flight efficiency [1-2].

Winglets, as part of the wing structure, play an important role in improving the aerodynamic characteristics of the UAV. They help to reduce vortex wakes at the ends of the wings, which in turn reduces fuel consumption or battery charge and increases the range of the vehicle. Thanks to this design solution, UAV can not only perform their tasks more efficiently, but also demonstrate better performance and stability during flight in severe weather conditions [2].

The winglet, which has been given the name Zirael and its modifications, is discussed below. The Zirael is mounted on an airplane-type UAV. The wing tip used has been modified according to the number of parameters (Fig.1) [3].

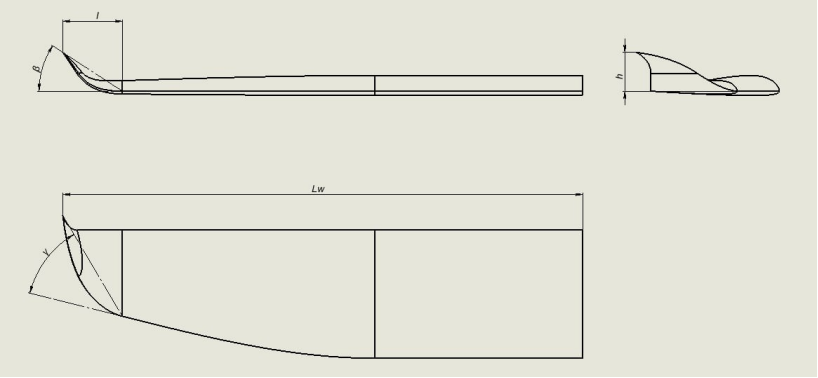


Fig. 1. “Zirael” winglet

The wing area (*S*) and the wingspan (or half wingspan - *Lw*) are important parameters that determine the total lift force generated by the aircraft. In the case of winglets, changes in wing area can have a significant effect on lift over drag (L/D) ratio.

Winglet angle (β) plays a key role in reducing wing tip vortex and reducing inductive drag. Changing the winglet angle affects the distribution of airflow around the wing.

The height (h) of the winglet and winglet length (l) determines their effects on the airflow and pressure distribution over the wing. A higher height can improve flight characteristics by allowing better airflow at the wing tips and reducing vortex impact and improving the overall L/D ratio of the UAV.

The winglet shear angle (γ) determines how the winglet interacts with the airflow and can be tuned to maximise efficiency and minimise drag.

Modifications to the Zirael winglet were carried out to optimise its aerodynamics for specific UAV applications. The simulation provided lift and drag data for each modification. The modifications made to the winglet geometry allowed a more accurate determination of how different configurations affect aerodynamic efficiency. Results of simulations for different modifications of winglets are represented in Table 1.

Table 1.

Geometrical parameters and results of the L/D simulations

Modification	*S*, m2	*Lw*,m	*β*	*h*, mm	*l*, mm	γ	L/D
Z1	0.330918	1.229	38.1	106.38	135.67	46.43	12.27
Z2	0.33269	1.239	36.14	106.38	145.67	44.65	12.34
Z3	0.331879	1.235	36.37	104.04	141.29	45.42	12.31
Z4	0.331951	1.235	36.26	103.93	141.71	45.35	12.33
Z5	0.331446	1.232	38.92	112.04	138.76	45.87	12.29
Z6	0.331049	1.23	40.7	117.41	136.51	46.48	12.31
Z7	0.331943	1.235	33.05	92.17	141.66	45.36	12.36
Z8	0.331338	1.235	33.1	92.26	141.52	47.8	12.45
Z9	0.331387	1.235	33.1	92.26	141.53	45.38	12.487

Subsequent analysis of the effects of the listed parameters was given in the Statgraphics Centurion program, which has a powerful toolbox for multi-regression analysis, allowing the construction and evaluation of models where one dependent variable is related to several independent variables. The program supports variable selection methods, analysis of model quality using statistical measures, and verification of model assumptions through residual analysis. It also allows us to examine interactions between variables (Table 2) and provides graphical

representations of the results (Fig.2). Additionally, Statgraphics Centurion supports modelling of nonlinear effects and forecasting based on the created models.

Table 2.

Analysis of the impact of geometric characteristics on the L/D Ratio

Parameter	Estimate	Standard Error	T-Statistic	P-Value
CONSTANT	101.185	47.7696	2.11819	0.1683
S	-238.025	41.9508	-5.67391	0.0297
Lw	-5.21206	40.0649	-0.13009	0.9084
β	-0.264432	0.109383	-2.41749	0.1368
h	0.0690253	0.0289191	2.38684	0.1397
l	-0.000857901	0.0483269	-0.017752	0.9874
γ	-0.0193519	0.00954345	-2.02776	0.1798

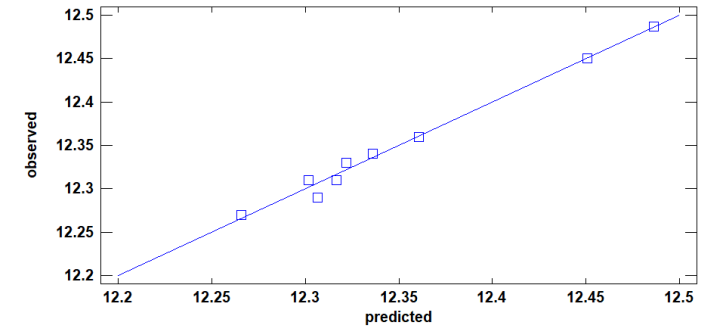


Fig.2. Relationship between observed and predicted values

$$L/D = 101.185 - 238.025 \cdot S - 5.21206 \cdot Lw - 0.264432 \cdot \beta + 0.0690253 \cdot h - 0.000857901 \cdot l - -0.0193519 \cdot \gamma$$

R-squared = 98.85%
R-squared (adjusted for d.f.) = 95.41 %
The results of analysis show that the R-squared value of 98.85% for the equation (1) indicates that the model explains a substantial portion of the variability in L/D. The adjusted R-squared, which accounts for the number of predictors, is 95.41%, reflecting a robust model fit.
Analysis of Variance (ANOVA) results indicate that the independent variables collectively contribute to explaining the variance in the *L/D*.
The T-statistic measures how many standard deviations the coefficient differs from zero. The larger the absolute value of the T-statistic, the less likely it is that the

coefficient is zero by chance, indicating a significant relationship between the predictor and the dependent variable.

The P-value tests the null hypothesis that the coefficient is zero (no effect). A low P-value (typically <0.05) indicates strong evidence against the null hypothesis, suggesting that the variable is a significant predictor of the dependent variable.

According to the data presented in Table 1, the variable *S* has a significant impact on the *L/D* with a P-value of 0.0297, indicating its strong impact. In contrast, the variables *Lw* and *l* show very low T-Statistics and high P-Values and are not statistically significant. They could be excluded from further analysis for simplification (Table 3).

Table 3.

Analysis of the impact of key geometric characteristics on the L/D Ratio

Parameter	Estimate	Standard Error	T-Statistic	P-Value
CONSTANT	96.0949	8.37065	11.48	0.0003
S	-243.149	24.2306	-10.0348	0.0006
β	-0.237375	0.021452	-11.0654	0.0004
h	0.0619155	0.00617548	10.026	0.0006
γ	-0.019549	0.00686849	-2.84618	0.0466

The output shows the results of fitting a multiple linear regression model to describe the relationship between L/D and 4 independent variables.

$$L/D = 96.0949 - 243.149 \cdot S - 0.237375 \cdot \beta + 0.0619155 \cdot h - 0.019549 \cdot \gamma$$

R-squared = 98.80%

R-squared (adjusted for d.f.) = 97.61 %

The new results demonstrate an overall improvement in the statistical significance and reliability of the model estimates:

Every parameter, including the constant, showed improvement in the form of lower P-values and higher T-statistics compared to the previous model. This indicates better predictability and reliability of the estimates. Parameters β, *h* and γ have changed their influence from insignificant to significant, indicating an improvement in model specification.

References

1. Azlin M.A., Taib C.F.M., Kasolang S. CFD analysis of winglets at low subsonic flow. // Proceedings of the World Congress on Engineering 2011. – WCE, 2011. – P. 87–91.
2. Gavrilović N.N., Rašuo B.P., Dulikravich G.S. Commercial aircraft performance improvement using winglets. // FME Transactions. – 2015. – P. 45–56.
3. Mattos B., Macedo A., Silva Filho D. Considerations about winglet design. // Proc. 21st AIAA Applied Aerodynamics Conference. – AIAA, 2003. – P. 1-12.

UDC 629.735.083.02

T.R. Balandiuk, Y.I. Smirnov, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Landing gear hubcap modification

The hubcap modification for tire wear reducing upon touchdown is considered. This modification provides improvement to landing gear wheel hubcap design that allows spool up of the main landing gear during landing stage.

Tires are the crucial part of the landing gear of modern age commercial aircraft. They are designed to withstand high loads and strong friction during landing. Aircraft tire tread patterns are designed to facilitate stability in high crosswind conditions, to displace water away to prevent hydroplaning, which degrade braking effect. Because of such loads, time in service of the tires of the landing gear are significantly shortened and airlines have to keep a revolving fund of landing gears for quick replacement in case of tire burst or damage. Maintaining such infrastructure creates significant additional expenses for an operator.

There are several factors affecting tire performance to consider. Internal tensile force acting on each tire fabric layer are uniformly distributed while in the unloaded condition. When loaded, tensile force on the outer part of the tire will be higher than on the inner part. As a result, shear force is developed between layers of fabric. Common types of damage associated with these forces are shoulder separation and lower sidewall compression break (Fig.1).

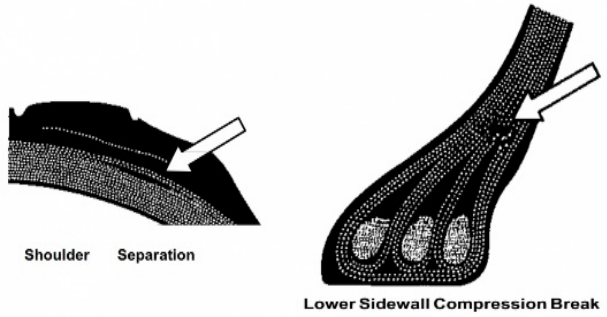


Figure 1: Common types of tire damages

Heavy load and high speed cause a major heat generation. The resulting high temperature adversely affects physical properties of rubber compound. As a result, when rubber reverts to the incurred state, both strength and adhesion are lost.

Because of centrifugal force and inertia during touchdown, the tire surface overshoots, briefly distorting from its natural shape, causing a traction wave in the tread surface. Traction wave is mostly affected by two factors - speed and underinflation.

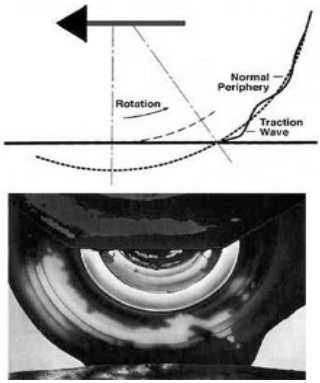


Figure 2: Traction wave in the tread surface

All forces listed above are negatively affect tires service life and mainly caused by the impact with the runway during the touchdown. Reducing impact of those forces on the landing gear tires could drastically increase lifespan of those components. By pre-rotating the wheel of the landing gear, one could achieve a significant decrease on those degrading forces.

Hubcap modification

Conventional landing gear hubcap are usually made of uniform material to cover the bolt connection of the gear to the trolley for better aerodynamic during take-off and landing while gears are in extend position. While such design improves an aerodynamic characteristics of landing gears, it also misses the opportunity for pre-rotating wheels before landing to minimize impact wear on tires, especially during the touchdown.

By shaping the hubcap as a fan, leveraging of the airstream flowing around the landing gear in flight could be achieved. The spool up device captures the airstream to produce torque that initiates rotation of wheels. This torque continues to accelerate the wheel until them matches the airstream speed. In ideal case, wheel rotation speed would be equivalent to the aircraft's landing speed. In practice, device could achieve a fraction of landing speed, leading to significant reduction in tire wear as wheels will be already spinning during the touchdown, reducing traction waves.

Due to various landing gear types are used in aviation, multiple configurations of a spool up device could be necessary. For general aviation, hubcaps with simpler design could be manufactured by metal stamping or forming. For larger commercial aircraft, more advanced production techniques could be used such as machining or forming of composite materials. Regardless of the specific variants, hubcap manufacturing cost will be still more commercially compelling than maintenance costs of unserviceable tires.

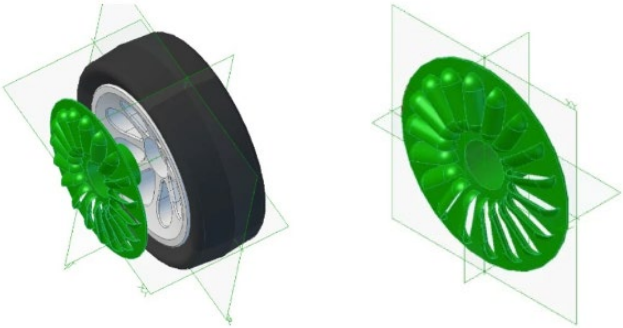


Figure 3: Modified landing gear hubcap

Conclusion

The proposed modification to the landing gear hubcap could lead to a significant reduction in tire wear during aircraft landings. By redesigning the hubcap to function as a fan, the airstream during flight can be harnessed to pre-rotate the landing gear wheels before touchdown. This mitigates the harmful forces exerted on tires upon landing, thereby extending their service life and reducing the frequency of costly replacements and excessive maintenance, increasing operator's profitability.

References

1. Aircraft Tyre Maintenance [Website] // SKYbrary, - 2024. https://skybrary.aero/articles/aircraft-tyre-maintenance
2. Aircraft Wheel Hub Cap [Website] // The Create the Future Design Contest, - 2011. https://contest.techbriefs.com/2011/entries/transportation/1834

УДК 629.7.023:539.421(045)

С.Р. Ігнатович,д.т.н., Є.В. Каран, к.т.н.,
(Національний авіаційний університет, Україна)
І.І. Джавадова
(АТ «АНТОНОВ», Україна)

Залишковий ресурс авіаційних панельних конструкцій з алюмінієвих сплавів при випадковому зростанні втомних тріщин

Запропонована модель росту втомних тріщин в алюмінієвих сплавах, у якій використовується показник степені m закону Періса. З використанням отриманих результатів проведено моделювання випадкового росту тріщини в листових конструкціях обшивки фюзеляжу літака та отримані прогнозні значення їх напрацювання до граничного значення довжини тріщини.

Вступ.

Обслуговування авіаційних конструкцій за їх фактичним станом є найбільш прийнятною стратегією, що забезпечує оптимізацію технічного обслуговування авіаційної техніки в експлуатації і яка спрямована на скорочення кількості традиційних планових форм обслуговувань. Поряд з обслуговуванням за станом може застосовуватися і стратегія прогнозного обслуговування, де у якості індексу прогнозування використовується залишковий ресурс [1]. Наприклад, для панельних конструкцій літака (обшивка фюзеляжу) прогнозується розподіл напрацювання, що відповідає росту втомних тріщин від порогового розміру виявлення a_d до критичної довжини a_f.

Прогнозування залишкового ресурсу базується на положенні щодо випадкового росту втомної тріщини. Найбільш розповсюдженою моделлю, що описую ріст втомних тріщин є степеневий закон Періса:

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m, \qquad (1)$$

де a – половина довжини тріщини; N – число циклів навантажування; ΔK – розмах коефіцієнта інтенсивності напруження (КІН) в циклі; C і m – коефіцієнти регресії для матеріалу.

Напрацювання конструкції при зростанні тріщини в діапазоні напівдовжин від a_d до a_f визначається з рівняння (1) як

$$N = \frac{1}{C}\int_{a_d}^{a_f} \frac{da}{(\Delta K)^m}, \qquad (2)$$

Згідно з моделлю (1) випадковий ріст тріщини при детермінованому ΔK буде визначатися випадковими величинами коефіцієнтів C і m.

Треба зазначити, що в абсолютну більшість моделей випадкового росту втомних тріщин, побудованих на базі рівняння (1), закладається кореляційна залежність між коефіцієнтами m і C. Це положення має фундаментальне значення для опису випадкового росту втомних тріщин – воно дає можливість використовувати при моделюванні один параметр (C або m) замість двох [2].

Метою роботи є отримання залежності між коефіцієнтами m і C закону Періса для алюмінієвих сплавів, побудова моделі випадкового росту втомних

тріщин і на її базі отримати прогнозний розподіл залишкової довговічності авіаційних листових конструкцій на стадії росту тріщин від початкової до критичної довжини.

Модель випадкового росту втомних тріщин.

Питання наявності кореляції між коефіцієнтами m і C степеневого закону Періса вже багато років є дискусійним [3].

Вважається, що константи закону Переса залежать від умов випробувань (асиметрії циклу навантаження $R = \sigma_{min}/\sigma_{max}$, геометрії та розмірів зразків і т.п.) але не є константами матеріалу [3]. Головне те, що в багатьох експериментальних дослідженнях різних за класом матеріалів (сталі, кольорові сплави) підтверджується кореляція між цими параметрами. Для металевих матеріалів величина $logC$ лінійно зменшується зі збільшенням значень m. Виходячи з цього, можна записати

$$C = \frac{V_F}{\Delta K_F^m}, \tag{3}$$

де V_F і ΔK_F – постійні, причому V_F має розмірність швидкості росту тріщини, а ΔK_F – розмірність КІН.

Зі співвідношення (3) випливає відома експериментальна залежність:

$$logC = logV_F - m \cdot \ log\Delta K_F. \tag{4}$$

Тоді запис закону Періса (1) з врахуванням (3) буде мати вигляд

$$\frac{da}{dN} = V_F \left(\frac{\Delta K}{\Delta K_F}\right)^m. \tag{5}$$

При $\Delta K = \Delta K_F$ із (5) маємо $da/dN = V_F$. Тобто, якщо для набору діаграм втомного руйнування, які описуються законом Періса, виконується залежність (4), то ці діаграми мають спільну точку перетину з координатами $(log\Delta K_F; logV_F)$.

Проаналізуємо експериментальні дані щодо росту втомних тріщин, які приведені в публікаціях, виключно для конструкційних алюмінієвих сплавів, хоча аналогічні результати мають місце і для інших матеріалів. Усі залежності, які будуть використовуватися, представлені для вимірів швидкості росту тріщини в м/цикл і КІН в МПа·м$^{1/2}$. Логарифми величин – десятині.

Усі експериментальні дані, що аналізуються, можна розділити на лабораторні та міжлабораторні. В лабораторних дослідженнях випробування проводилися на одному чи різних матеріалах але за спільною методикою (однакові зразки, умови навантажування, способи визначення КІН). В міжлабораторних даних матеріали можуть бути однакові, але методики випробувань різні.

Класичними дослідженнями, що демонструють випадковий ріст втомної тріщини в однакових умовах випробувань одного і того ж матеріалу (лабораторні дослідження), є дослідження [4]. Досліджувався ріст втомних тріщин в центрі пластинчатих зразків з алюмінієвого сплаву 2024-Т3 при коефіцієнті асиметрії циклу R = 0,2. Після обробки даних з траєкторій росту тріщин в 68 зразках, отримано [5]:

$$logC = -6{,}66 - 1{,}04 \cdot m. \tag{6}$$

Коефіцієнт m для цих 68 зразків змінюється від 2,25 до 3,2 і має нормальний розподіл [4].

В роботі [2] проведені випробування пластинчатих зразків з множинними отворами, виготовленими зі алюмінієвого сплаву Д16 АТ. За однаковими методиками випробувань і визначення КІН було отримано 32 значень коефіцієнтів закону Періса, показник степені m змінювався у діапазоні від 1,5 до 6. Регресійна залежність між m і C (коефіцієнт кореляції R^2=0,977) має вигляд

$$logC = -6{,}75 - 1{,}0955 \cdot m. \qquad (7)$$

Порівняння результатів із [2] і [4], отриманих при лабораторних дослідженнях двох типів алюмінієвих сплавів, показує задовільне їх співпадіння у відповідному діапазоні значень m (рис. 1).

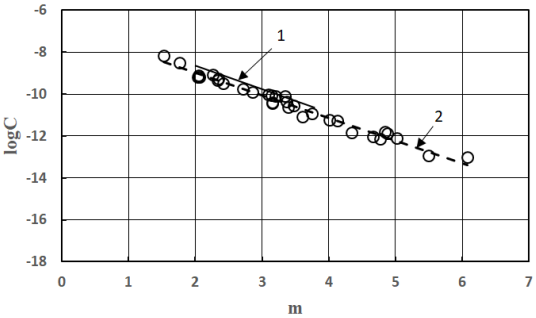


Рис.1. Залежність між коефіцієнтами закону Періса для алюмінієвих сплавів 2024 Т3 (лінія 1) і Д16 АТ (точки і лінія 2). Лінія 1 відповідає рівнянню (6), лінія 2 – рівнянню (7).

Дані щодо кінетики росту втомних тріщин, які відносяться до міжлабораторних випробувань алюмінієвих сплавів 2024 Т3 і 7075 Т6, приведені у роботі [6]. В ній зібрані результати випробувань різних авторів за різними методиками і приведені значення коефіцієнтів m і C діаграм втомного руйнування.

Об'єднані дані різних випробувань кінетики росту втомних тріщин для сплавів 2024 Т3 (20 значень) і 7075 Т6 (36 значень), які приведені в роботі [6], дані для сплаву Д16 АТ (31 значення) [2], а також результати випробувань різних модифікацій алюмінієвих сплавів (20 значень) з роботи [7], представлені на рис. 2 і описуються залежністю (коефіцієнт кореляції R^2 = 0,924)

$$logC = -6{,}446 - 1{,}1554 \cdot m. \qquad (8)$$

З врахуванням значень коефіцієнтів регресії у рівняннях (4) і (8), модель (5) для росту втомних тріщин в алюмінієвих сплавах буде мати вигляд

$$\frac{da}{dN} = 3{,}58 \cdot 10^{-7} \left(\frac{\Delta K}{14{,}3}\right)^m, \qquad (9)$$

де швидкість росту вимірюється в м/цикл, а КІН – в МПа· м$^{1/2}$

Згідно з виразом (9) випадковий ріст втомної тріщини буде визначатися тільки значенням випадкової величини показника степені m.

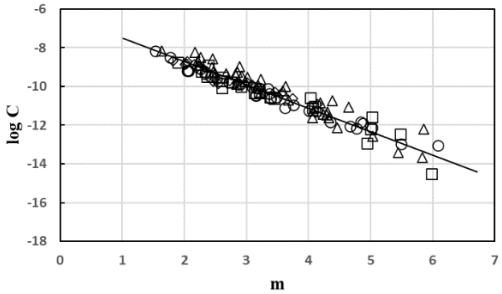


Рис.2. Узагальнена залежність між коефіцієнтами закону Періса для різних алюмінієвих сплавів. Точки (о) відповідають сплаву Д16 АТ [2]; точки (Δ) – сплаву 7075 Т6 [6]; точки (□) – сплаву 2024 Т3 [6]; точки (◊) - модифікаціям алюмінієвих сплавів [7]; лінія – регресійна залежність (8).

Для прогнозування напрацювання пошкодженої листової панелі обшивки фюзеляжу визначимо число циклів зростання втомної тріщини від порогового розміру a_d до поточної напівдовжини a_N. Використовуючи модель (9) отримуємо

$$N = \frac{14{,}3^m}{3{,}58\cdot 10^{-7}} \int_{a_d}^{a_N} \frac{da}{(\Delta\sigma\sqrt{\pi a})^m} = \frac{5{,}6\cdot 10^6}{2-m} \left(\frac{14{,}3}{\Delta\sigma\sqrt{\pi}}\right)^m \left(a_N^{1-\frac{m}{2}} - a_d^{1-\frac{m}{2}}\right), \qquad (10)$$

де довжина тріщини вимірюється в метрах, а напруження – в МПа.

Приймаємо наступні значення параметрів, що входять до виразу (10): a_d=0,001 м; $a_N = a_f$ = 0,0463 м; $\Delta\sigma$=78,63 МПа. Значення m використовуємо на базі статистики можливих значень цього показника для росту тріщин в алюмінієвих сплавах, які використовувалися для побудови залежності на рис. 2. Розрахунки за формулою (10) показують, що розподіл залишкової довговічності відповідає логарифмічно нормальному закону (рис. 3) з числовими характеристиками: математичне очікування $\mu[N]$=249529 циклів; середнє квадратичне відхилення $\sigma[N] = 176059$ циклів.

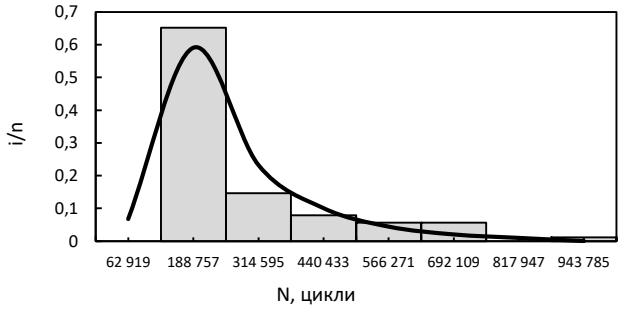


Рис. 3. Гістограма і функція щільності розподілу (лінія) залишкової довговічності для панельних конструкцій фюзеляжу літака.

Висновки

1. З врахуванням параметрів узагальненої залежності між коефіцієнтами закону Періса, запропонована модель росту втомних тріщин в алюмінієвих сплавах, у якій швидкість тріщини визначається лише одним змінним параметром – показником степені m. Ця модель може використовуватися для моделювання випадкового росту втомних тріщин з врахуванням випадкових значень параметру m.

2. З використанням запропонованої моделі проведені розрахунки залишкової довговічності панельної конструкції фюзеляжу літака з врахуванням випадкового росту втомної тріщини. Прогнозні значення напрацювання конструкції з тріщиною мають логарифмічно нормальний розподіл з числовими характеристиками, які залежать від значень початкової та граничної довжини тріщини.

Список літератури

1. Wang Y., Gogu C., N Binaud et al. Predictive air frame maintenance strategies using model-based prognostics. Proc. of Instit. of Mech. Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability. – 2018. – **232** (6). – P. 690-709.
2. Ignatovich S.R., Karan E.V. Fatigue crack growth kinetics in D16AT aluminum alloy specimens with multiple stress concentrators. Strength Materials. – 2015. – No 4. – P. 586-594.
3. Carpinteri A., Paggi M. Are the Paris' law parameters dependent on each other? Frattura ed Integrità Strutturale. – 2007. – **2**. – P. 10-16.
4. Virkler D.A., Hillberry B.M., Goel P.K. The statistical nature of fatigue crack propagation. AFFDL-TR-78-43. Air Force Flight Dynamics Laboratory – 1978.
5. Baker M., Stanley I. Assessing and modelling the uncertainty in fatigue crack growth in structural steels. HSE Research Report RR643 – 2008.
6. Sinclair G.B., Pierie R.V. On obtaining fatigue crack growth parameters from the literature. Intern. Journ. of Fatigue. – 1990. – **12** No 1. – P. 57 – 62.
7. Bergner F., Zouhar G. A new approach to the correlation between the coefficient and the exponent in the power law equation of fatigue crack growth. Intern. Journ. of Fatigue. – 2000. – 2**2**. – P. 229 – 239.

UDC 620.178.3

M.V. Karuskevych, Dr.Sc, T.P. Maslak, PhD, Yu.V. Vlasenko
(National Aviation University, Ukraine)

Current state of the R&D on indicator for biaxial fatigue monitoring

Current state of the research and development headed to the development of the family of sensors for fatigue monitoring of aircraft parts subjected to uniaxial and biaxial cyclical loading is described. Phenomenological basis for the fatigue sensor is described. Examples of the sensor's designs are shown as physical and digital models. Areas of the fatigue sensors application are outlined.

Fatigue damage monitoring problem

Metal fatigue is one of the main factors limiting lifespan of machines and mechanisms, in some cases leading to the catastrophic failure. One of the inherent features of the process of fatigue damage accumulation is its stochastic nature, which manifests itself at the stages of fatigue crack formation and propagation. The reason of fatigue life scatter is the diversity and large number of factors influencing the process of damage: material properties, design features, the presence of stress concentrators, the level of operating loads, the order of loads action, etc.

Irregularity of loading is a factor that cannot be avoided due to the real operational conditions and external and internal loads.

Aircraft structure is subjected to the action of aerodynamic loads, inertia, excessive pressure in the cabin, motor vibration, oscillations caused by the aerodrome unevenness and so on. These loads have different frequency and amplitude, at the same time almost all cyclically repeated loads contribute into fatigue damage of metal structural elements. The simultaneous action of these loads makes the fatigue process almost unpredictable.

The basis for the fatigue life calculation of structural elements loaded irregularity is the rule of linear summation of fatigue damage proposed first by the Palmgren [1] and then developed for practical needs by Miner [2].

Despite the absence of phenomenological substantiation of the Palmgren-Mainer' rule as well as observed deviation from the expected prediction, this rule still widely used in different areas including aviation due to its simplicity and possibility to get at least preliminary forecast.

To increase the accuracy of the fatigue life prediction in addition to analytical methods, nowadays the numbers of researches and developments have been carried out in the field of the development the instrumental tools for fatigue damage assessment. This methods belong to the nondestructive diagnostic of metal, conducted by: a) direct diagnostic of structural material; b) assessment of the accumulated fatigue damage of fatigue sensors (aka fatigue indicators, fatigue gauges, specimen-witnesses, etc.), which are being attached to structural elements are involved into the work of structural element under operational spectrum of loads and change their state according to the loading history. Early proposed sensors are based on the possibility to measure change of electrical resistance, length of the crack, intensity of the light reflection, etc. [4, 5]. Apparently, the application of

sensors is preferable way to monitor fatigue damage because of the big number of metal properties evolving under the loading, and possibility to control the sensitivity of sensors according to the conditions of their work.

The contribution into the field of fatigue sensors development has been made at National Aviation University by the introduction of concept of multifunctional Structurally Sensitive Indicators [6]. It is obvious that variety of machines, mechanisms and their loading conditions encourages the efforts for development of the family of fatigue sensors.

Aim of the research and development

Taking into account drawbacks of the analytical methods for quantitative assessment of accumulated fatigue damage, the family of the fatigue sensors for wide range of loading modes is being under development. New research and development is based on the successful development of the uniaxial fatigue sensor of the first generation, new experimental data on multiaxial fatigue and possibilities of the 3D design and Finite Elements Analysis.

Uniaxial and biaxial fatigue sensors

The first surface relief indicator was made of a 20mm x 10mm x 0.2mm single-crystal aluminum foil (99.99% Al) [7]. Being attached to the structural element (specimen) sensor reacts to the loading by appearance of slip lines on the surface, thus the density of slip lines was considered as an indicator of accumulated fatigue damage. Accuracy of the fatigue damage was improved by application of fractal analysis [8].

Polycrystalline Surface Relief Fatigue Indicator (PSRF) looks like a miniature specimen of aluminum alloy 2024T3 for fatigue test with stress concentrator for localization of the damage accumulation and precise determination of the check spot. As a result of the cyclical loading the extrusion/intrusion structure appears and intensifies in the fatigue process, thus making it is possible to assess fatigue damage by the methods of light microscopy [9, 10].

One of the current versions of the uniaxial fatigue indicator is shown in Fig. 1.

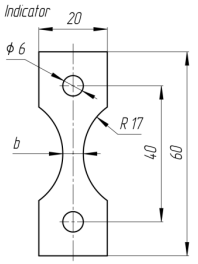


Fig. 1. Uniaxial fatigue indicator

As proved both by the conventional calculating methods and by the Finite Elements Analysis, the geometry of the indicators influences local stresses in the mid-sections of the indicators. Thus, the possibility of the indicator's sensitivity variation exists.

It is proposed now to use the same principle for fatigue monitoring at biaxial loading. In the process of the search for the optimum geometry for the biaxial indicator, its shape evolved from the shape of the typical cruciform specimen [11] to the sensor's design with the required sensitivity and localization of inspected spot.

In the latest variant of the sensor the effect of the local increase of the stresses for improvement of the indicator sensitivity has been achieved by two factors: a) by narrowed arms, b) by cone reduction of the indicator thickness at the center area (Fig. 2).

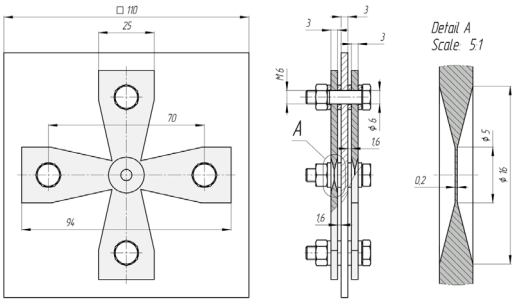


Fig. 2. Dimensions of accepted conceptual design (unit: mm)

As a result of the geometry optimization, the new Indicator design has got the following features: the arms of the indicator's cross are narrowed from the attachment points to the center; the center section in the area is limited by the circle having reduced thickness from 3.0 mm to 0.2 mm. There is a flat surface at the center with a radius of 5 mm. The thickness of the flat center area is 0.2 mm.

The clad layer is absent as the indicator's center spot, so there is no possibility for surface relief formation. Two options are possible:

- attachment of the aluminum single crystal foil sensitive element;
- attachment of the polycrystalline aluminum foil sensitive element.

Both materials are sensitive to cyclical loading and demonstrate surface deformation relief (extrusion/intrusion structure). Dimensions of the sensitive element are 5 mm diameter; 0.15 mm thickness. The cyanoacrylate glue provides attachment, widely used in the aviation industry for strain gauge attachment at fatigue tests or aircraft flight tests.

Aircraft structure withstands different combination of loads: pressurization of the cabin, bending and twist of the fuselage due to the control surface deflection, loads transmitted from aircraft parts; hence the demand for fatigue monitoring can be met by the diversity of the sensor's geometry and correspondent sensitivity.

Conclusions

Fatigue monitoring and assessment of the consumed life span of aircraft and many others metal engineering structures can be performed by the application of fatigue sensors, based on the possibility to monitor surface deformation relief.

Fatigue sensors can be used both for the uniaxial and multiaxial fatigue monitoring. Design and application of sensor for uniaxial fatigue monitoring to the moment is completely substantiated and ready for practical application. Due to the indefinite number of stress components combination for multiaxial loading of engineering structures, the interpretation of surface relief at the multiaxial loading requires additional experimental data.

References

1. Palmgren A (1924) Lebensdauer von Kugellagern. Fatigue life of ball bearings. VDI-Z 68:339–341.
2. Miner MA (1945) Cumulative damage in fatigue. J Applied Mechanics 12:159–164.
3. Chung D.D.L. Structural health monitoring by electrical resistance measurement. Smart Mater. Struct., 10 (2001), pp. 624-636.
4. Foedinger R.C., Rea D.L., Sirkis J.S., Baldwin C.S., Troll J.R., Grande R., Davis C.S., Van Diver T.L. Embedded fiber optic sensor array for structural health monitoring of filament wound composite pressure vessels. Proc. SPIE, 3670 (1999), pp. 289-301.
5. Dattoma V., Nobile R., Panella F.W., Saponaro A. Real-time monitoring of damage evolution by nonlinear ultrasonic technique. Procedia Struct Integrity, 24 (2019), pp. 583-592.
6. Mikhail Karuskevich, Jean-Bernard Vogt, Ingrid Proriol Serre, Tetiana Maslak. Surface relief sensor for Structural Health Monitoring: thesis of the 13th International Spring meeting JIP 2013 “Fatigue behaviour: from specimen to structure” (Paris, France – May 22-23, 2013).
7. Single-crystal as an indicator of fatigue damage. M.V. Karuskevich, A.I. Radchenko, E.E. Zasimchuk // Fatigue Fract. Engng. Mater. Struct. – 1992. – Vol.15. №12. – P.1281–1283.
8. Karuskevych, M.V., Zhuravel’, I.M. & Maslak, T.P. Application of Fractal Geometry to the Problems of Prediction of the Residual Service Life of Aircraft Structures. Material Science. – 2012. – Vol. 47. Issue 5. – P. 621–626.
9. Karuskevich M., Karuskevich O., Maslak T., Schepak S. Extrusion/intrusion structures as quantitative indicators of accumulated fatigue damage. International Journal of Fatigue. – 2012. – Vol. 39. – P. 116-121.
10. Ł. Pejkowski, M. Karuskevich, T. Maslak Extrusion/intrusion structure as a fatigue indicator for uniaxial and multiaxial loading. Fatigue Fract Eng Mater Struct. – 2019. - Volume 42. Issue 10 – P.2315-2324.
11. M. Karuskevich, T. Maslak, Yu. Vlasenko, Ł. Pejkowski, Biaxial fatigue indicator, Procedia Structural Integrity, Volume 59, 2024, Pages 642-649.

UDC 539.3:543.1

B.P. Maslov, Dr. Sci.
(S.P. Timoshenko Institute of Mechanics NAS Ukraine, Ukraine)

Long-term strength of quasilinear composite elastomers of the periodic structure

A model and criterion of long-term strength for composite elastomers of periodic structure is constructed. The parameters of the stress concentration at the boundary of the components are determined. The possibility of predicting the long-term strength of the hereditary material is shown. The computer software Wolfram Mathematica 14.1 is used for numerical analysis and illustrations.

Introduction

Composite elastomers of a periodic structure in the modern classification of mechanical metamaterials belong to a group with certain mechanical properties [1, 2, 6] arising from the geometry of their subunits, and not only from the composition of the material [1, 3, 4]. The concept of metamaterial has been introduced from electromagnetics and acoustics to mechanics. Composite structures are the object of research in the mechanics of long-term deformation and fracture [1, 5, 7]. Still, methods for three-dimensional analysis and design of these engineering microstructures are only emerging.

Generally, metamaterials have a variety of significantly improved mechanical properties, including zero or negative Poisson's ratio, vanishing shear modulus, significantly nonlinear time-dependent behavior, and other features that distinguish them from conventional natural and composite structures. In contrast to purely elastic or viscous heterogeneous media, the connection of conservative and dissipative deformation mechanisms can lead to new effective properties that are absent at the scale of individual components. This can be confirmed using the correspondence principle [3], which allows you to transform a viscoelastic problem into a symbolically elastic one in the domain of variables of the Laplace–Carson transform. It is of practical interest to use the complex given properties characterizing the reaction of the composite medium to harmonic loads [6].

State of the Problem

From the principle of Boltzmann superposition, the reaction to stress of a linear hereditary viscoelastic material with a given deformation history $\mathbf{e}(u)$, $u \in [0;t]$ with the initial condition $\boldsymbol{\sigma}(t=0)=0$, we can write [3, 6]

$$\boldsymbol{\sigma}(t)=\frac{d}{dt}[\int_0^t \mathbf{R}(t-u)\mathbf{e}(u)]du$$

with $\mathbf{R}(t)$ the viscoelastic stiffness tensor (relaxation function) or, in a short form of notation

$$\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{x},t)=(\mathbf{R}*d\mathbf{e})(\mathbf{x},t). \qquad (1)$$

Here $*$ the product of the integral convolution, tensors are in bold throughout the text. Similarly, the response of the deformation $\mathbf{e}(t)$ to the stress history $\boldsymbol{\sigma}(u), u \in [0;t]$, and the initial condition $\mathbf{e}(t=0)=0$, is written

$$\mathbf{e}(t) = (\mathbf{J} * d\boldsymbol{\sigma})(t) \tag{2}$$

$\mathbf{J}(t)$ is the viscoelastic compliance tensor (creep function), the general form of which is

$$\mathbf{J}(t) = \mathbf{S} + \frac{1}{\boldsymbol{\eta}_r} t + \int_0^{\infty} \mathbf{H}(\tau)(1 - e^{-t/\tau}) d\tau$$

with $\mathbf{S}$ elastic compliance, $\frac{1}{\boldsymbol{\eta}_r}$ retarded viscous compliance and $\mathbf{H}$ retardation spectrum. The relaxation and retardation spectra characterize the viscoelastic transient process of the long-term reaction of the material.

We apply the formulation of the problem in terms of quasi-linear hereditary creep with fractional defining equations [3, 6]. The constitutive equation has the form (1) with a fractional relaxation function $\mathbf{R}_{\mu}(t)$

$$\mathbf{R}_{\mu}(t) = \mathbf{C}_r + \int_0^{+\infty} \mathbf{G}(\tau) E_{\mu}[-(t/\tau)^{\mu}] d\tau,$$

where $E_{\mu}(t)$ is the Mittag-Leffler function [3, 6]. It is obvious that for $\mu = 1$ the relaxation function $\mathbf{R}_{\mu}(t)$ corresponds to the classical relaxation function $\mathbf{R}(t)$. Deformation in hereditary materials is determined by the stress history $\boldsymbol{\sigma}(u)$, $(u \in [0,t])$, as well as the initial conditions $\boldsymbol{\sigma}(0) = \mathbf{0}$. For a linear medium, after integration in (2, it is possible to write down in the general tensor form [4, 6]

$$\mathbf{e}(\mathbf{x},t) = \int_0^t \mathbf{J}(t-u) \frac{d}{du} \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{x},u) du,$$

where $\mathbf{J}(t) = \mathbf{J}^e(\boldsymbol{\sigma}) g(t)$ is the nonlinear creep tensor function (retardation). In a short symbolic form [3], we have

$$\mathbf{e}(\mathbf{x},t) = \frac{d}{dt}(\mathbf{J} * \boldsymbol{\sigma})(\mathbf{x},t) = (\boldsymbol{\sigma} * \dot{\mathbf{J}})(\mathbf{x},t), \tag{3}$$

where the asterisk denotes the integral convolution operation. Thus, the expression $(\boldsymbol{\sigma} * \dot{\mathbf{J}})(t) = (\boldsymbol{\sigma} * d\mathbf{J})(t)$ is a Stieltjes convolution [7].

Harmonic loads of multi-component elastomers

The local problem for harmonic loads is solved according to the principle of correspondence to the transformation of the fractional viscoelasticity problem into the symbolic elasticity problem. From time to time, the problem is transferred to the LC region and allows you to determine the moduli that characterize the viscoelastic reaction of the material. Consider an inhomogeneous medium occupying the volume Ω, and consisting of N homogeneous phases with the characteristic function

$\chi^{(s)}(\mathbf{x})$ and the volume $\Omega^{(s)}$, $(s \in [0;N])$. In addition, it is assumed that $\Omega^{(s)} << \Omega$ and that the phases are perfectly connected. The fractional hereditary relaxation function of the phase (s) is denoted by $\mathbf{R}_{\mu}^{(s)}(t)$. It follows that the local relaxation tensor $\mathbf{R}_{\mu}(\mathbf{x},t)$ has the form

$$\mathbf{R}_{\mu}(\mathbf{x},t) = \sum_{s=1}^{N} \mathbf{R}^{(s)}(t)\chi^{(s)}(\mathbf{x})$$

with $\chi^{(s)}(\mathbf{x}) = 1$ if $\mathbf{x} \in \Omega^{(s)}$ and 0 otherwise. The average volume values for Ω and $(\Omega^{(s)}$ are denoted by $\langle\cdot\rangle$ and $\langle\cdot\rangle^{(s)}$, respectively. By definition, the characteristic function, the volume fraction of the phase (s) is $c_s = \langle\chi^{(s)}\rangle$. The volumetric averages of the function f for the Ω composite and for the Ω^r phase are denoted respectively.

The reaction of a viscoelastic inhomogeneous medium to sinusoidal load is transformed into a spectral region by considering the Laplace–Carson transform of the basic equation for a purely imaginary transformation variable $z = i\omega, (i^2 = -1)$.

Assuming the total strain load $\overline{e}(t) = LC(\overline{e}^{A}) * e^{i\omega t}$, the local problem corresponding to the steady-state mode at angular frequency ω is written as

$$\boldsymbol{\sigma}^{*}(\mathbf{x},i\omega) = \mathbf{R}^{*}(\mathbf{x},i\omega)\mathbf{e}^{*}(\mathbf{x},i\omega), \qquad div\ \boldsymbol{\sigma}^{*}(\mathbf{x},i\omega) = \mathbf{0},$$

$$curl(curl\ \mathbf{e}^{*}(\mathbf{x},i\omega)) = \mathbf{0}, \qquad \forall(\mathbf{x},\omega) \in \Omega \times [0;+\infty] \tag{4}$$

with given boundary conditions $\langle\mathbf{e}^{*}\rangle = \overline{\mathbf{e}}^{*}$.

The constitutive equation in the complex domain is written

$$\langle\boldsymbol{\sigma}^{*}\rangle(i\omega) = \overline{\mathbf{R}}_{\mu}^{*}(i\omega)\langle\mathbf{e}^{*}\rangle(i\omega), \qquad \forall\,\omega \in [0;+\infty[, \tag{5}$$

Then the relaxation tensor is represented as the sum of real and imaginary parts

$$\overline{\mathbf{R}}_{\mu}^{*}(i\omega) = \overline{\mathbf{R}}_{\mu'}(\omega^{\mu}) + i\overline{\mathbf{R}}_{\mu'}(\omega^{\mu}). \tag{6}$$

Here $\overline{\mathbf{R}}_{\mu'}(\omega^{\mu})$, $\overline{\mathbf{R}}_{\mu''}(\omega^{\mu})$ are the accumulation and dissipation moduli proportional to the stored and dissipated energy. Since $i^{\mu} = e^{i\pi\mu/2}$, then

$$\overline{\mathbf{R}}_{\mu'}(\omega^{\mu}) = \overline{\mathbf{C}}_r + \int_0^{+\infty} \frac{1}{q}[\theta cos(\frac{\pi\mu}{2}) + \theta^2]\overline{\mathbf{G}}(\tau)d\tau$$

$$\overline{\mathbf{R}}_{\mu''}(\omega^{\mu}) = \int_0^{+\infty} \frac{1}{q}[\theta sin(\frac{\pi\mu}{2})]\overline{\mathbf{G}}(\tau)d\tau.$$

At the same time,

$$\theta = (\omega\tau)^{\mu}, \qquad q = 1 + 2\theta cos(\frac{\pi\mu}{2}) + \theta^2.$$

The effective scattering tensor $\tilde{\boldsymbol{\eta}}(\omega^{\mu})$, which characterizes the attenuation, is determined by

$$\tilde{\boldsymbol{\eta}}(\omega^{\mu}) = \mathbf{R}''(\omega^{\mu})[\mathbf{R}'(\omega^{\mu})]^{-1}. \quad (7)$$

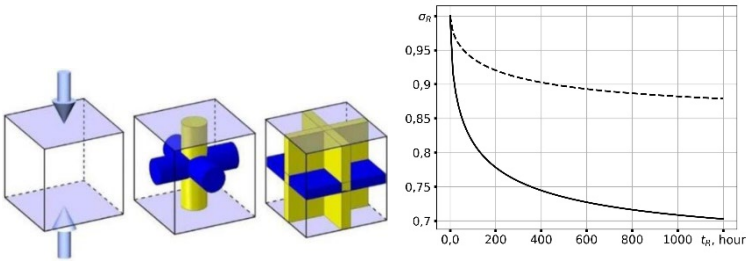
The gradients of displacements of the second approximation are decomposed into dilatational and deviator parts. Then for the deviators of the second approximation the condition of incompressibility will coincide in shape with the analogous condition of the linear theory of viscoelasticity [2, 6]. Consider the case when the material is composed of periodically spaced cells. A periodic environment is obtained due to periodic cell transfer along different directions in space [7].

For most metal elastomers the linearity range is relatively small, and satisfactory results can be obtained at low stress and only for short loading duration. So we use here quasilinear equations of viscoelasticity given in [3, 6]. It is known that constitutive equations formed by multiple integrals make it impossible to identify integral kernels and determine their parameters in typical experiments. An approach based on the similarity of isochronous creep diagrams is more promising for building nonlinear models of hereditary creep [7]. In [3], this algorithm was further developed due to the expansion of the initial condition of similarity, which includes the diagram of instantaneous deformation as an isochrone for the zero moment. The extension of the similarity condition made it possible to build a nonlinear creep model with a time-invariant nature of the nonlinearity, which is determined by the instantaneous deformation diagram.

Examples

It is of practical interest to use such complex given properties to characterize the reaction of the composite medium to harmonic loads. For example, a typical solid propellant material consists of polymeric binder and other additives for improved bonding and burning [2, 6].

Fig1.



(a) (b)

Solid propellants show distinct nonlinear time-and temperature-dependent viscoelastic behavior because of unexpected damage propagation under various loading and pressurizing conditions. Therefore, the study of the mechanical properties

and viscoelastic behavior for the structural integrity of propellant grain is the goal of practical importance in the strength and durability of aviation machines.

Figure 1a shows a schematic diagram of options for improving the efficiency of composite elastomer metastructures In fig. 1b shows comparative graphs of the dependence of the critical stress σ_R on time t matrix (dashed line) and the reinforced composite (solid).

The software complex Wolfram Mathematica 14.1 [8] (license 8801-3966) was used for numerical analysis and preparation of illustrative.

Conclusions:

The method of successive approximation is used to obtain the full system of the hereditary creep equations of the second order. The creep functions of the laminate composite are found. Also, interface stress concentration parameters are determined. The examples show the importance of the mutual influence of nonlinear elastic and creep properties of the components on long-term fracture parameters. A practical result is the possibility of finite element modeling the long-term strength of composite multilayered structures.

References

1. Bobyr M., Criterion of the limit state of composite materials. Mech. Adv. Technol. – 2022, vol. 6, no. 3. – P. 229–236, Dec. 2022.
2. Fang C., Shen X. Application of fractional calculus methods to viscoelastic behaviours of solid propellants. Phil. Trans. R. Soc. A 378. – 2020. - 20190291. http://dx.doi.org/10.1098/rsta.
3. Maslov, B. Nonlinear Hereditary Creep of Transversely Isotropic Composites of Random Structure In: Advanced Structured Materials, 2023, 191. – P. 367–390.
4. Maslov B.P. Nonlinear Hereditary Creep of Isotropic Composites of Random Structure. Int. Appl. Mech. – 2022. – **58**. – N1, P. 75 –90.
5. Maslov B.P. Hereditary creep of isotropic composites of random structure under a complex stress state. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv Series Physics and Mathematics. – 2021. – **3**. – P. 77 – 80.
6. Torrent D., Parnell WJ. Norris AN. Loss compensation in time-dependent elastic metamaterials. Phys. Rev. - 2018. - B 97, 014105.
7. Маслов Б.П. Побудова критерію довготривалого руйнування втоми для тонкостінних шаруватих оболонок. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2023. – №2, Серія фіз.-мат. науки. – С. 136-139. DOI: 10.17721/1812-5409.2023/2.22.
8. Wolfram Mathematica 14.1, https://www.wolframcloud.com

UDC 629.735

A.V. Balalaiev
(National Aviation University, Ukraine)

Modeling the deflection of a composite cantilever beam with varying reinforcement angle of unidirectional fabric

The paper presents a modeling of the stress-strain state of a composite cantilever beam taking into account the reinforcement angle.

Introduction.

In modern engineering, composite materials are gaining wider application due to their unique mechanical properties, such as high strength at low weight and resistance to corrosion. One of the pressing challenges is the study of the deflection of composite structures subjected to various types of loads. This article focuses on the modeling of the deflection of a cantilever beam made of composite material with unidirectional reinforcement. Special attention is given to the influence of the reinforcement angle on the structural behavior under load. The study of such parameters allows for the optimization of the design of composite elements, enhancing their performance and durability.

The modeling is carried out using numerical experiment methods, which make it possible to accurately predict the behavior of the beam at various reinforcement angles. The results of the study may be useful to designers and engineers working with composite materials in the aerospace, automotive, and construction industries.

The main part.

The object of the study is a cantilever beam 0.5 m long, 4.5 cm in diameter, with a wall thickness of 3.15 mm. The beam is formed by twenty-one layers of unidirectional fabric. The following options for the reinforcement angle are considered in the work. Fig. 1 shows a three-dimensional model of the beam under study.



Fig. 1. 3D model of a beam

Twenty-one layers make up seven identical sets. In each set, the angle of the first and third layers changes, the angle of the second layer does not change and is 0º. The following combinations of angles are considered: (0; 0; 0), (+10; 0; -10), (+20; 0; -20), (30; 0; -30), (45; 0; -45), (90; 0; -90). In order to estimate the deflection from loading, loading with a concentrated force F = 500 N, torque M = 100 N m and complex loading with a concentrated force F = 500 N and torque M = 100 N m were considered separately. The loading scheme is shown in Fig. 2.

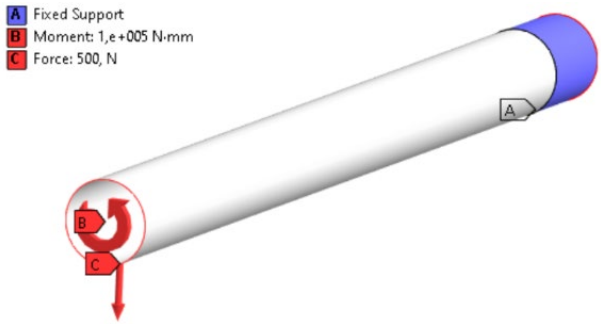


Fig. 2. Loading diagram

To simulate the loads of a composite beam, a mesh model was constructed (Fig. 3), the cell edge length is 3 mm, the mesh type is structured.

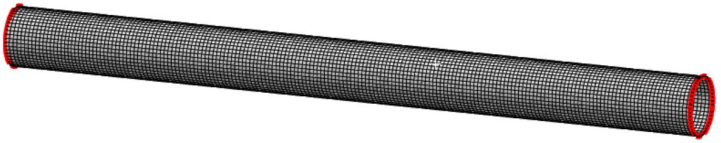
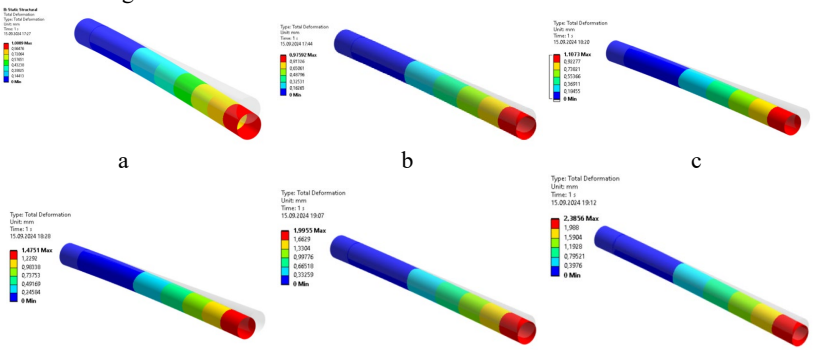


Fig. 3. Grid model of a beam

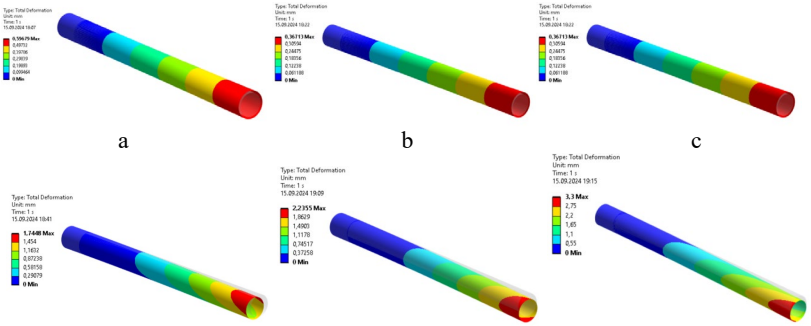
Fig. 4 shows visualizations of the distribution field of total deformations under loading with a concentrated force F=500N.



a b c

d i f

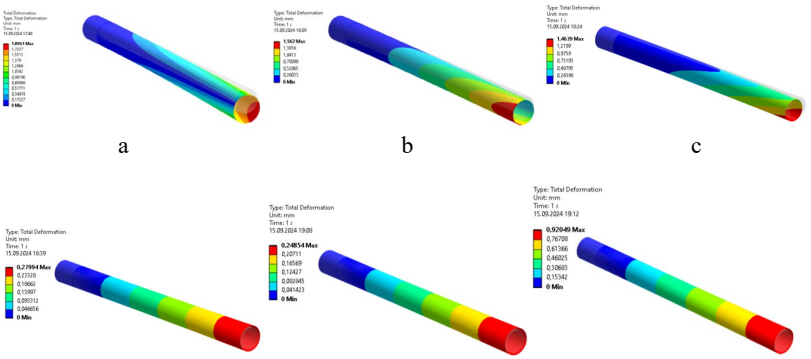
Fig. 4. Visualization of the distribution field of total deformations under loading with a concentrated force F=500N:
a - combination of reinforcement angles (0;0;0), b - combination of reinforcement angles (+10;0;-10), c - combination of reinforcement angles (+20;0;-20), d - combination of reinforcement angles (30;0;-30), i - combination of reinforcement angles (45;0;-45), f - combination of reinforcement angles (90;0;-90)



a b c

d i f

Fig. 5. Visualization of the distribution field of total deformations under loading with a torque of M = 100 N·m:
a - combination of reinforcement angles (0;0;0), b - combination of reinforcement angles (+10;0;-10), c - combination of reinforcement angles (+20;0;-20), d - combination of reinforcement angles (30;0;-30), i - combination of reinforcement angles (45;0;-45), f - combination of reinforcement angles (90;0;-90)



a b c

d i f

Fig. 6. Visualization of the distribution field of total deformations under complex loading:
a - combination of reinforcement angles (0;0;0), b - combination of reinforcement angles (+10;0;-10), c - combination of reinforcement angles (+20;0;-20), d - combination of reinforcement angles (30;0;-30), i - combination of reinforcement angles (45;0;-45), f - combination of reinforcement angles (90;0;-90)

The results of modeling the stress-strain state showed that the reinforcement angle of the composite beam affects the deflection value. To estimate the reinforcement angle, the dependence of the deflection value on the reinforcement angle of the first layer of unidirectional fabric of the sample was constructed (Fig.

7).

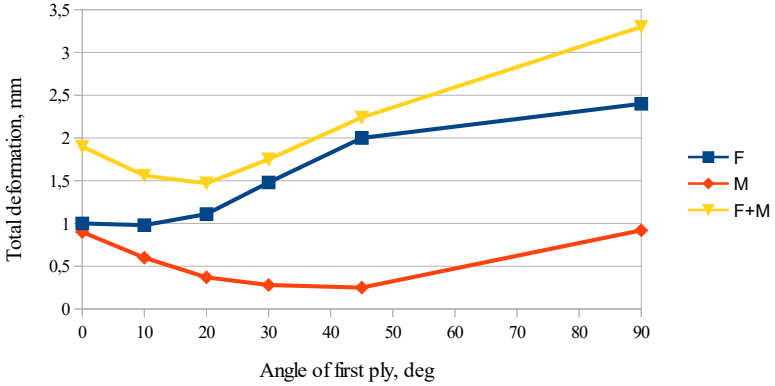


Fig. 5. Dependence of the deflection value on the reinforcement angle of the first layer of unidirectional fabric

When loaded with a concentrated force F=500N, the smallest value of the deflection is shown by the sample with a combination of reinforcement angles (0;0;0) and (+10;0;-10), with an increase in the angle, the total deformation also increases. When loaded with a torque of M=100Nm, the smallest value of the deflection is shown by the sample with a combination of reinforcement angles (45;0;-45). With complex loading, the most optimal reinforcement angle is (+20;0;-20).

Conclusion

The results of stress-strain modeling showed that the reinforcement angle of the composite beam affects the deflection value. In the future, it is planned to study the optimization of the shape of a composite beam of variable cross-section with an optimal reinforcement angle of unidirectional and bidirectional fabric.

УДК 620.22

О.А. Шевченко, PhD, А.А. Панасюк, С.М. Нитка
(Національний авіаційний університет, Київ, Україна)

Методи контролю та випробування композитних посудин під тиском

Представлено класифікацію посудин під тиском включно з посудинами з композитним обгортанням. Для найбільш поширених посудин з композитними оболонками типу COPV, які мають металевий вкладиш, на основі аналізу літературних джерел представлені найефективні неруйнівні методи контролю, що використовуються при виробництві, випробуваннях та при їх експлуатації

Аналіз посудин що працюють під тиском

Посудини що працюють під тиском знайшли широке застосування в паливних, пневмогідравлічних та системах життєзабезпечення літальних апаратів (ЛА) як для польотів в атмосфері, так і у космічному просторі. В залежності від конструктивного призначення, посудини виготовляють сферичної або циліндричної форми. Відповідно до класифікації Американського товариства інженерів-механіків (ASME) та Міжнародної організації стандартизації (ISO) посудини під тиском поділяють на п’ять типів: I - повністю металеві сталеві або алюмінієві; II - сталевий або алюмінієвий лайнер (вкладиш) та композитний обруч обгортання; III - сталевий або алюмінієвий лайнер та повне композитне обгортання; IV - пластиковий лайнер та повне композитне обгортання; V – немає лайнера - повністю композитна оболонка на Рис. 1 [1].

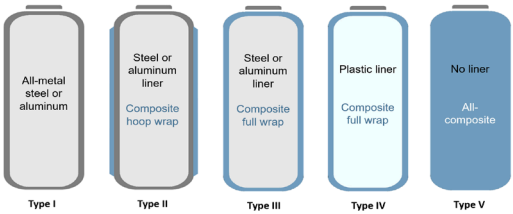


Рис.1. Класифікація типів посудин, що працюють під тиском

Найбільш поширеними посудинами з композитними оболонками, що працюють під тиском є посудини III типу, які відомі в англомовних джерелах як COPV (composite overwrapped pressure vessels). Широка комерціалізація COPV почалась в результаті успіху концепції дихальної системи Національного управління з аеронавтики і дослідження космічного простору “National Aeronautics and Space Administration” (NASA), прийнятої пожежними службами США, яка включала нові запропоновані промисловістю посудини з композитними оболонками із скловолокна, що мали вдвічі меншу вагу в порівнянні з суцільнометалевою посудиною, зберігаючи при цьому необхідну кількість повітря для дихання пожежників. Після сертифікації цих COPV в 1975 році розпочалось їх комерційне виробництво [2].

COPV потребують специфічних вимог до проектування, виготовлення, випробувань, експлуатації, які регламентовані стандартом ANSI/AIAA S-081B-2018 Space systems- Composite Overwrapped Pressure Vessels. Проектування COPV вимагає аналізу вкладиша (англійською – liner), волокнистого покриття і взаємодії між ними. Металевий вкладиш в COPV виконує декілька функцій: герметичне ущільнення рідин та газів, форма або оправка, на яку намотується композитна оболонка, і в деяких випадках несучий елемент конструкції. Металевий вкладиш виготовляють з алюмінію, високоміцної сталі, сплаву Inconel®, титану або кріогенної нержавіючої сталі типу AISI [2].

Композитну оболонку отримують намотуванням просочених в'яжучим волокон, які виконують функцію сприйняття основної частини навантаження. Правильне розміщення волокон покращує розподіл навантаження та забезпечує захист. Зазвичай в'яжучим є полімерна матрична смола, а волокна використовують вуглецеві, скляні та арамідні (Kevlar® і Zylon®) [3]. Якщо посудина не сферична а циліндрична, зазвичай застосовують як поздовжнє (спіральне), так і окружне (обручеве) намотування волокна. Після намотування просочених волокон, полімерізації смоли при підвищеній температурі і наступної полімеризації, посудина може бути піддана автофретажу для поліпшення характеристик. Автофретаж – це процес, за допомогою якого тиск COPV перевищує межу текучості металевого вкладиша, що призводить до пластичної деформації, а залишкова деформація стиснення у вкладиші призводить до подовження його терміну служби [2]. Приклади COPV, які мають оболонку з арамідних та вуглецеві волокон представлені на Рис. 2 [4].



а б

Рис.2. COPV композитну оболонку з арамідних (а) та вуглецеві (б) волокон

Кількість випробувань і контролю, які проводять на різних етапах створення COPV призначених для ЛА, є значною. До них відносять перевірку фізико-хімічних властивостей матеріалів, неруйнівний контроль, перевірку герметичності, і такі специфічні для COPV, як візуальне випробування порогу механічного пошкодження, випробуванням на пошкодження оболонки, стійкість до пошкоджень у найгіршому випадку, витік перед вибухом (LBB) (англійською – Leak before burst). Під LBB розуміється такий підхід до проектування, при якому будь-який попередньо існуючий дефект збільшиться

і проявиться крізь стінку COPV на рівні або нижче максимального очікуваного робочого тиску (MEOP) і призводе до витоку, що скидає тиск, а не до розриву (катастрофічного руйнування) [3].

Велика кількість випробувань і контролю викликана складністю прогнозування поведінки конструкції COPV, а також різноманітністю режимів відмов. Так, до прикладу в NASA, зокрема в Раді з контролю за руйнуваннями Космічного центру імені Джонсона, визначають чотири режими відмови COPV для контролю в звітах про небезпеку [2]:

1. Розрив від надлишкового тиску (Burst from Over-pressurization). Несподіваний розрив COPV від надлишкового тиску можна запобігти за допомогою сертифікації матеріалів, проектування з використанням консервативних матеріалів і випробування посудини під пробним тиском під час приймально-здавальних випробувань. Зовнішнє джерело тиску також має контролюватися, щоб запобігти випадковому надлишковому тиску.

2. Втомне руйнування металевого вкладиша (Fatigue Failure of the Metallic Liner). Втомне руйнування металевого вкладиша пом'якшується перевіркою та випробуванням. Неруйнівний контроль вкладиша на виробництві гарантує, що критичні розміри дефектів адекватно перевірені. Конструкція COPV може бути випробувана циклом під тиском під час кваліфікації на коефіцієнт, значно більший за проектний термін служби, щоб забезпечити адекватний запас на життєвий цикл.

3. Розрив в результаті пошкодження металевого вкладиша або композиту (Burst Resulting from Metallic Liner or Composite Damage). Пошкодження композиту пом'якшуються належним захистом від пошкоджень і випробуванням на стійкість до пошкоджень. Візуальний огляд може бути корисним для виявлення поверхневих пошкоджень, хоча підповерхневі пошкодження композиту або вкладиша може бути непросто ідентифікувати.

4. Розрив композитної оболонки під напруженням (Stress Rupture of the Composite Overwrap). Розрив під напруженням - це ситуація, в якій композит зазнає деградації в залежності від часу. Розрив під напруженням - це раптовий режим руйнування, який може статися при нормальних робочих тисках і температурах. Цей режим руйнування може виникати при рівнях напружень нижчих за межу міцності протягом тривалого часу. Механізм руйнування є складним, недостатньо вивченим, і його важко точно передбачити або виявити до руйнування. Розташування і механізм запуску пошкодження, що спричиняє раптове руйнування, є високо локалізованим, але у випадковому місці. Тиск, тривалість перебування під тиском і температура сприяють деградації волокна та/або взаємодії волокно-матриця, особливо навколо скупчення розривів волокон, і це збільшує ймовірність розриву COPV під напруженням.

Важливими факторами підтримки COPV у працездатному стані є використання неруйнівних методів контролю як на етапі розробки, виробництва, а також в процесі їх експлуатації, при цьому повинно використовуватись спеціальне випробувальне обладнання.

У декількох спеціалізованих центрах NASA та за підтримки комерційного сектору проводились дослідження багатьох застарілих COPV, що використовувались NASA, з метою кращої оцінки їхньої надійності та

з'ясування ймовірності виходу з ладу через розрив під напруженням “stress rupture” (SR), а також проблем, пов'язаних з терміном служби посудин. До цих досліджень була залучена група експертів з неруйнівного контролю “Nondestructive Evaluation“ (NDE) для забезпечення компетенції в галузі неруйнівного контролю для перед-випробувальної оцінки випробувальних зразків і застосування технології неруйнівного контролю для проведення випробувань в реальному часі. Були підібрані і застосовані в програмах випробувань методи, які забезпечили впевненість у тому, що випробувальний зразок має достатню структурну цілісність і таку послідовність виготовлення, щоб вважатися прийнятним для випробувань. Також проводились руйнівні випробування для того, щоб краще розуміти зміни фізичних і хімічних властивостей, пов'язаних з переходом до “розриву під напруженням“ (SR), а також реакцією на це неруйнівного контролю, щоб його можна було використати для прогнозування довговічності роботи посудин. Програми випробувань також включали оцінку залишкових напружень під час руйнування оболонки, лабораторну оцінку зразків, вилучених з оболонки, для оцінки змін фізичних властивостей, а також кількісну мікроскопію для застосування теоретичної мікромеханіки.

Для перевірки товщини кевларового композиту COPV використовувались прикріплені до кевларової поверхні зонди вимірювання відриву вихрових струмів для ефективного вимірювання відстані між зондом і вкладишем, тобто товщини кевларового композиту (див. Рис. 3) [5].

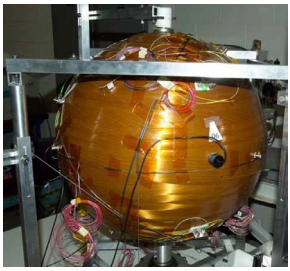


Рис.3. Приклад COPV із підключеними датчиками вихрових струмів

З метою виявлення та локалізації ізольованих пошкоджень COPV проведені дослідження показали ефективність застосування методів неруйнівного контролю NDE. Виявлення відшарувань у COPV може бути успішно виконано за допомогою таких методів, як термографія, ультразвук, шерографія (спекл-інтерферометрія) та акустична емісія. Деякі удосконалення методів NDE дозволяють покращити виявлення та характеристику розшарування, розриву волокна та розтріскування матриці, Рентгенівська комп’ютерна томографія високої роздільної здатності є перспективною для аналізу на лабораторному рівні. Метод акустичної емісії дозволяє виявляти появу та контролювати активний ріст дефектів у COPV під навантаженням.

Акустична емісія виникає лише тоді, коли досягається новий пік тиску, але може бути індикатором того, що розрив неминучий.

При виборі методів, які можуть характеризувати глобальне руйнування, було виявлено, що наразі невідомо жодного методу NDE, який би міг бути безпосередньо застосовним для прогнозування розриву та інших проблем COPV, від чого залежать їх життєвий цикл.

У дослідженнях було виявлено, що варіації залишкового напруження або концентрації напружень у волокнах також можуть сприяти виходу з ладу COPV: якщо одні волокна зазнають більших навантажень, ніж інші, після того, як волокна з більшим навантаженням виходять з ладу, ланцюгова реакція може призвести до передачі постійно зростаючого навантаження на інші волокна, що призводить до руйнування COPV. Було виявлено кілька методів NDE для COPV з метою потенційної оцінки деградації волокна, яка призведе до розриву під напруженням, але ці методи потребують додаткової оцінки [5].

Глобальні та локальні вимірювання деформації повинні бути включені в процес проектування та аналізу COPV, щоб уможливити кореляцію цих вимірювань з моделями аналізу методом скінчених елементів (FEA). Ця кореляція покращує розуміння стану вкладиша, взаємодії вкладиша/обгортки та реагування на деформацію композиту в COPV. Підвищена точність зменшує помилки в наступних аналізах, такі як руйнування, втома та розрив під напруженням, які є критичними для кваліфікації COPV.

В роботі представлені короткі відомості про виробництво, випробування, методи контролю, і матеріали для виготовлення посудин, що працюють під тиском з композитними оболонками (COPV), які призначені для застосування у ЛА. Наведена інформація щодо типів та режимів відмови COPV і методів контролю для прогнозування та запобігання появи цих відмов.

Список літератури

1. Composites end markets: Pressure vessels (2022) URL: https://etcwinders.com/news/compositesworld-the-markets-pressure-vessels-2022/.

2. Composite Overwrapped Pressure Vessels, A Primer, NASA/SP–2011–573, P.B. McLaughlan, S.C. Forth, L.R. Grimes-Ledesma. NASA, Johnson Space Center, Houston, TX 77058, March 2011. ─ 20 p.

3. Implementation Guidelines for ANSI/AIAA S-081: Space Systems Composite Overwrapped Pressure Vessels. J.B. Cheng, Structural Mechanics Subdivision Vehicle Systems Division Engineering And Technology Group, 2003. ─ 89 p.

4. Kevlar 49/Epoxy COPV Aging Evaluation J.K. Sutter, J.L. Salem, J.C. Thesken, R.W. Russell, J. Littell, C. Ruggeri, M.R. Leifeste, NASA. Aging Aircraft 2008. – 23 p.

5. Nondestructive Methods and Special Test Instrumentation Supporting NASA Composite Overwrapped Pressure Vessel Assessments, AIAA-2007-2324, R. Saulsberry, N. Greene, K. Cameron, E. Madaras, L. Grimes-Ledesma, J. Thesken, L. Phoenix, P. Murthy, D. Revilock. 2007. ─ 76 p.

УДК 629.735.018.7.01

К.С. Чава, О.В. Паламар
(Національний авіаційний університет, Україна)

Порівняння авіаційних кисневих балонів з нержавіючої сталі та композитних матеріалів за характеристиками міцності, корозійної стійкості та економічними показниками

Проаналізовано ключові аспекти заміни традиційних матеріалів в виробництві кисневих балонів інноваційними, відображено поліпшення продуктивності, відповідність сучасним вимогам напрямку впровадження композиційних матеріалів для підвищення ефективності авіаційних систем.

Вибір матеріалів для виготовлення кисневих балонів (КБ) є критично важливим, оскільки експлуатація КБ безпосередньо впливає на безпеку, ефективність та економічність експлуатації літаків. Нержавіюча сталь традиційно використовується для КБ через свою стійкість до механічних навантажень і корозії, однак зростаюча популярність композитних матеріалів (КМ), завдяки їх легкості та міцності, робить їх конкурентоспроможними альтернативами. Дослідження Джонсона та Вільсона [1], Сміта [2] продемонстрували переваги композитних матеріалів, у порівнянні з традиційними металевими конструкціями. Важливою є також нова інформація з досліджень, проведених на основі методів оцінки життєвого циклу та показниками вартості виробів з КМ [3]. Зважаючи на ці фактори, аналіз впливу матеріалів на загальні технічні та економічні характеристики КБ набуває особливої актуальності для забезпечення оптимального вибору матеріалів в авіаційній індустрії.

Для комплексного порівняння застосування КБ з нержавіючої сталі та композитних матеріалів використано кілька методичних підходів:

1) проведено аналітичний огляд наявних досліджень та технічних специфікацій для обох типів матеріалів та проаналізовано вибірку системних даних експериментальних випробувань на зразках балонів, виготовлених з обох матеріалів (на міцність, корозійну стійкість та витривалість при екстремальних умовах експлуатації);

2) проведено економічний аналіз, який включав порівняння витрат на виробництво, обслуговування та довговічність балонів.

Вивчення кисневих балонів з нержавіючої сталі та композитних матеріалів включає аналіз численних досліджень та технічних специфікацій, що висвітлюють ключові характеристики матеріалів. Нержавіюча сталь традиційно відзначається високою міцністю і стійкістю до корозії, що робить її надійним матеріалом для авіаційних застосувань. Наприклад, дослідження Брауна і Грея [4] показує, що максимальне робоче навантаження нержавіючих балонів становить близько 200 МПа, а їхній об’єм зазвичай не перевищує 5 м³, при цьому вага одного балона може досягати 50 кг. Композитні матеріали, як зазначено в дослідженнях Кларка і Джона [5], пропонують переваги в легкості та підвищеній стійкості до корозії, що знижує загальну вагу системи. Вони

можуть витримувати тиск до 250 МПа і мають об'єм до 10 м³, при цьому їх вага не перевищує 30 кг.

Експериментальні випробування, проведені Тейлором і Доу [6], включали тестування на міцність, корозійну стійкість та витривалість при екстремальних умовах. Наприклад, при тестуванні на корозійний вплив в умовах підвищеної вологості і агресивних хімічних середовищ, композитні матеріали показали зниження корозійного зносу до 2%, порівняно з 15% для нержавіючої сталі.

Економічний аналіз, здійснений Нельсоном [7], включає порівняння витрат на виробництво та обслуговування кисневих балонів з нержавіючої сталі і композитних матеріалів. Розрахунки показують, що початкові витрати на виробництво композитних балонів на 20% вищі, ніж на КБ з нержавіючої сталі. Однак витрати на обслуговування композитних балонів є на 30% нижчими через їхню стійкість до корозії та триваліший термін служби, що може зменшити загальні витрати в довгостроковій перспективі.

Проаналізуємо результати експериментальних випробувань на зразках балонів з різних матеріалів.

1. Випробування на міцність. Випробування проводилися на зразках обох типів балонів шляхом механічного навантаження в лабораторних умовах. Використовували спеціалізовану установку для тестування на розрив та компресію, що дозволяє створити навантаження до 300 МПа [8]. Зразки нержавіючої сталі і композитні балони піддавалися поступовому збільшенню навантаження до моменту їхньої деформації або руйнування. Випробування показали, що нержавіюча сталь витримує максимальне навантаження близько 200 МПа до початку значної деформації. У випадку з композитними матеріалами, максимальне навантаження, яке вони можуть витримати без критичних пошкоджень, досягало 250 МПа [9]. Композитні балони демонструють вищу міцність на розрив, що є важливою характеристикою для забезпечення безпеки при високих тисках.

2. Випробування на корозійну стійкість. Для перевірки корозійної стійкості зразки балонів піддавалися агресивним середовищам у спеціальних камерах з контролем температури та вологості. Нержавіюча сталь та композитні балони тестувалися в умовах підвищеної вологості (90% RH) і під впливом хімічних речовин, таких як соляна кислота та сірчана кислота [10]. Випробування тривали 500 годин, після чого проводилися вимірювання ступеня корозії і механічних властивостей. Нержавіюча сталь продемонструвала рівень корозійного зносу до 15%, що включає появу іржі і втрату міцності [11]. У той же час, композитні балони показали значно нижчий рівень корозійного зносу - лише 2%, без суттєвих ознак руйнування або зменшення міцності [12]. Це свідчить про витривалість композитних матеріалів при експлуатації в умовах агресивного середовища.

3. Випробування на витривалість при екстремальних температурах. Для оцінки витривалості при екстремальних температурах зразки балонів піддавалися циклам охолодження та нагрівання в температурних камерах [13]. Балони поміщалися в камеру при температурі -40°C на 24 години, потім нагрівалися до +70°C протягом ще 24 годин. Цикли

повторювались 10 разів, щоб імітувати реальні умови експлуатації. Нержавіюча сталь показала певне зменшення міцності і збільшення деформацій після циклів температурних змін, що пов'язано з її меншою еластичністю при низьких температурах [14]. Композитні матеріали, навпаки, зберегли свої механічні властивості і не показали суттєвих змін в міцності або структурній цілісності [15]. Це підтверджує вищу стійкість композитних матеріалів до термічних змін.

4. Випробування на витікання газу. Зразки балонів заповнювалися киснем під високим тиском (150 МПа) і перевіряли на витікання протягом 72 годин [16]. Спеціалізоване обладнання для вимірювання витоку дозволяло точно оцінити рівень витікання газу через будь-які потенційні дефекти в матеріалі. У випадку нержавіючої сталі, витікання газу становило близько 0.5% від загального обсягу, що може бути пов'язане з мікроскопічними тріщинами або пористістю матеріалу [17]. Композитні балони продемонстрували значно менший рівень витікання – менше 0.1%, що підтверджує їхню високу герметичність і надійність в умовах високого тиску [18].

Експериментальні випробування підтвердили, що композитні матеріали переважають нержавіючу сталь за багатьма критеріями, включаючи корозійну стійкість, витривалість при екстремальних температурах та герметичність, однак нержавіюча сталь залишається конкурентоспроможною завдяки своїй міцності та витривалості при високих навантаженнях.

В рамках економічного аналізу [8] були проведені порівняння витрат на виробництво, обслуговування та довговічність кисневих балонів з нержавіючої сталі та композитних матеріалів (табл. 1-3).

Таблиця 1.

Витрати на виробництво

Тип матеріалу	Вартість виготовлення (USD/балон)	Матеріали (USD)	Виробничі витрати (USD)	Інші витрати (USD)	Загальна вартість (USD)
Нержавіюча сталь	500	200	150	50	500
Композитні матеріали	600	250	200	150	600

Таблиця 2.

Витрати на обслуговування

Тип матеріалу	Річні витрати на обслуговування (USD/балон)	Корозій-ний захист (USD)	Технічне обслуговування (USD)	Очищення та перевірка (USD)	Загальні витрати (USD)
Нержавіюча сталь	100	50	30	20	100
Композитні матеріали	70	20	30	20	70

Таблиця 3.

Довговічність матеріалів

Тип матеріалу	Очікуваний термін служби (роки)	Загальна кількість циклів (тис.)	Кількість замін/ремонтів за 10 років
Нержавіюча сталь	15	500	1
Композитні матеріали	20	800	0

За результатами економічного аналізу встановлено, що балони з КМ мають вищу початкову вартість виготовлення, порівняно з нержавіючою сталлю. Вироби з КМ потребують менші витрати на обслуговування через їхню високу стійкість до корозії. Композитні балони мають довший термін служби, що може зменшити частоту замін та ремонту, забезпечуючи економічні переваги в довгостроковій перспективі.

Ці результати підтверджують, що, хоча початкові витрати на композитні балони є вищими, їхні довгострокові переваги можуть компенсувати ці витрати за рахунок знижених витрат на обслуговування та більшої довговічності.

Висновки. Кисневі балони з композитних матеріалів мають ряд значних переваг, порівняно з балонами з нержавіючої сталі. Композитні балони демонструють вищу міцність на розрив, більшу стійкість до корозії і краще витримують екстремальні температури, що забезпечує їхню надійність у складних умовах експлуатації. Ці матеріали також відзначаються низьким рівнем витікання газу, що свідчить про їх високу герметичність. Аналіз вартості балонів на етапах виробництва та експлуатації показує, що хоча початкові витрати на виробництво композитних балонів є більшими, їхня довговічність і менші витрати на обслуговування в довгостроковій перспективі можуть компенсувати першочергові витрати. Це робить композитні балони економічно вигідним вибором, особливо в умовах високих тисків і агресивних середовищ. Переваги композитних матеріалів вказують на їхню вищу ефективність і надійність, у порівнянні з нержавіючою сталлю, що може сприяти їх більш широкому застосуванню у сфері авіаційних технологій.

Список літератури

1. Johnson R., Wilson A. Advanced Materials in Aircraft Systems. *Journal of Aviation Technology*, 2018, 35(4), 234-250.
2. Smith L. Composite Materials in Modern Aviation. *Aerospace Engineering Review*, 2020, 22(1), 45-60.
3. Martin T. Lifecycle Cost Analysis of Aircraft Oxygen Systems. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2021, 40(2), 112-129.
4. Brown J., Gray P. Properties and Applications of Stainless Steel in Aerospace. *Materials Science Journal*, 2019, 44(2), 112-130.

5. Clark H., John M. Composite Materials for Aerospace Applications: A Review". *Aerospace Technology Review*, 2021, 28(3), 78-95.

6. Taylor B., Doe J. *Strength and Failure Modes of Composite Pressure Vessels*. Journal of Composite Materials, 2020, 33(6), 123-135.

7. Nelson R. Lifecycle Cost Evaluation of Aircraft Component Materials". *International Journal of Cost Analysis*, 2022, 15(4), 205-220.

8. Johnson H., Smith L. *Mechanical Load Testing Methods for Pressure Vessels*. Materials Testing Journal, 2018, 22(1), 78-85.

9. Taylor B., Doe J. *Strength and Failure Modes of Composite Pressure Vessels*. Journal of Composite Materials, 2020, 33(6), 123-135.

10. Martinez A., Brown P. Corrosion Resistance in High-Pressure Environments. *Corrosion Scien*ce, 2020, 27(3), 67-79.

11. Green R., Patel, K. Effects of Chemical Exposure on Metal Alloys. *Metal Science Reports*, 2021, 12(2), 91-104.

12. White L., Moore, J. Durability of Composite Materials under Harsh Conditions. *Composite Engineering*, 2022, 29(5), 143-156.

13. Harris M., Turner J. Temperature Cycling Effects on Structural Materials. *High-Temperature Materials Journal*, 2019, 18(4), 234-246.

14. Rogers K., Williams E.. Thermal Fatigue of Stainless Steel. *Journal of Thermal Analysis*, 2020, 25(2), 111-125.

15. Adams S., Nguyen H. Temperature Resistance in Composite Materials. *Aerospace Engineering Review*, 2021, 36(3), 56-69.

16. Wilson D., Scott A. Gas Leakage Testing Procedures for High-Pressure Vessels. *Safety Engineering Journal*, 2022, 14(1), 89-97.

17. Hughes G., Bennett C. Leakage Characteristics of Metal Pressure Vessels. *Journal of Pressure Vessels Technology*, 2020, 24(4), 101-115.

18. Evans F., Carter M.. Gas Tightness in Composite Pressure Tanks. *Composite Technology Reports*, 2021, 32(2), 77-88.

УДК 669.018.8-034.5(043.2)

М.А. Штейник, С.Р. Мнацаканов
(Національний авіаційний університет, Україна)
Б.О. Швець
(ВСП "Васильківський фаховий коледж НАУ", Україна)

Забезпечення корозійної стійкості металевих конструкцій гарячим цинкуванням

Проаналізовано вплив зовнішніх чинників на інтенсивність корозії сталі з цинковим покриттям, нанесеним методом гарячого цинкування.

Відповідно до Повітряного кодексу України, цивільні аеродроми України та аеродроми спільного використання підлягають сертифікації, яка включає в себе оцінку всіх елементів та об'єктів аеродрому на відповідність вимогам, установленим авіаційними правилами України. Вимоги до приаеродромної території включають спеціальні норми щодо розміщення та висоти різних об'єктів. Висотне положення об'єктів на приаеродромній території контролюється, виходячи із умов безпеки маневрування, зльоту та посадки повітряних суден [1]. Стаціонарне інженерне обладнання аеродромів (засоби аварійно-рятувального та протипожежного забезпечення; засоби зв'язку, навігації та спостереження (радіотехнічного забезпечення); світлосигнальне обладнання та електричні системи та ін.) розміщене на стаціонарних самонесучих вежах або щоглах. Переважна більшість веж виготовляються із сталі.

Сталеві вежі можуть бути як решітчастими, так і моноопорними. Вони дозволяють створювати надійні та витривалі конструкції різної висоти. Така металева конструкція забезпечує необхідну міцність, стійкість до навантажень та довговічність, що робить її ідеальним вибором для більшості типів веж. Для виробництва веж застосовуються наступні марки сталі: вуглецева сталь звичайної якості Ст3сп, конструкційна вуглецева сталь Ст20, низьколеговані конструкційні сталі 09Г2С та 17Г1С, високоміцна конструкційна легована сталь 10Г2ФБ та ін.

У процесі експлуатації металевих конструкцій можуть виникати різні види корозії: атмосферна, електрохімічна, біокорозія, виразкова та ін. [2]. Для запобігання та уповільнення процесів корозії на металевих конструкціях застосовуються різні антикорозійні заходи, такі як метод гарячого цинкування, нанесення захисних покриттів, катодний захист, використання корозійностійких матеріалів тощо [3].

Для цинкування металу може використовуватися гарячий, холодний, гальванічний, газотермічний та термодифузійний методи. Відмінність полягає у способі нанесення цинкового покриття: гаряче цинкування передбачає занурення виробу у розплавлений цинк при температурі 450°С з попередньою підготовкою поверхні; гальванічне цинкування відбувається шляхом електролізу у спеціальній ванні; газо-термічне цинкування напиленням – процес, при якому цинк наноситься на металеву поверхню методом термічного

розпилення цинкового порошку в газовому середовищі; термодифузійне цинкування – процес, при якому цинк осідає на металевій поверхні за рахунок дифузії цинку через поверхневий шар металу в спеціальній суміші порошків, що містить цинк та активатори; «холодне» цинкування шляхом фарбування металовиробів – процес, при якому на поверхню металу наноситься цинковмісна фарба за допомогою розпилювача або іншого інструменту, що створює захисне покриття від корозії.

Переваги методу гарячого цинкування, у порівнянні з холодним, гальванічним, газотермічним та термодифузійним методами: висока стійкість до корозії, ефективна адгезія між цинковим прошарком та основним металом, тривалий термін служби, висока стійкість до механічних пошкоджень, економічна ефективність.

Проведено дослідження корозійної стійкості цинкового покриття, сформованого на сталі 09Г2С методом гарячого цинкування (покриття нанесено за технологією ТОВ «Компанія «Метал Інвест», м.Черкаси) в умовах впливу зовнішніх чинників протягом 30 днів: 1 – дистильована вода, температура зовнішнього середовища -15…+30 ^{0}C; 2 – дистильована вода + 3% NaCl, температура зовнішнього середовища -15…+30 ^{0}C; 3 – дистильована вода + 1% лимонної кислоти, температура зовнішнього середовища -15…+30 ^{0}C (рис. 1); 4 – приміщення, середня вологість повітря 35…50%, температура +20…+30 ^{0}C; 5 – ґрунт темно-сірий опідзолений. Інтенсивність корозії цинкового покриття порівнювали з інтенсивністю корозії цвяху зі сталі конструкційної вуглецевої звичайної якості Ст3кп (рис. 1).

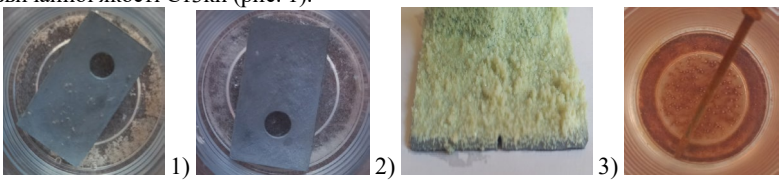


Рис. 1. Корозія цинкового покриття на сталі 09Г2С (1 – H_2O, 2 – H_2O+3%NaCl, 3 – H_2O+1% кислоти) та цвяху зі сталі Ст3кп

Встановлено, що цинкове покриття активно реагує з лимонною кислотою, pH розчину становить 2,2. Даний дослід був проведений з акцентуванням уваги на те, що цинк є амфотерним металом і проявляє стійкість лише в нейтральному середовищі. В навколишньому середовищі при експлуатації металевих конструкцій з цинковим покриттям можливе підвищення швидкості атмосферної корозії внаслідок домішок, що містяться в повітрі – SO_2, H_2S, NH_3, HCl та ін.: розчиняючись в плівці води, вони збільшують її електропровідність і підвищують гігроскопічність продуктів корозії.

У воді довговічність цинкового покриття залежить від формування оксидно-карбонатної плівки. Хімічні реакції, які відбуваються при формуванні цієї плівки, протікають від кількох тижнів до кількох місяців:

1. Окислення $2Zn + O2 = 2ZnO$
2. Гідратація $2Zn = 2H_2O + O2 = 2Zn(OH)_2$
3. Карбонізація $5Zn(OH)_2 = 2CO_2 + 2ZnCO_3.3Zn(OH)_2 + 2H_2O$

Формування карбонату цинку на третьому етапі забезпечує надійний антикорозійний захист цинкового шару при впливі вологи. В умовах відносно сухого середовища протікають всі три реакції, і на поверхні оцинкованого виробу формується оксидно-карбонатна плівка, майже непроникна для кисню і вологи, різко обмежує подальший процес взаємодії цинку з киснем. Однак, в умовах експерименту, за наявності постійного впливу води, підведення вуглекислого газу та кисню утруднено. У цьому випадку відбуваються лише фази окиснення та гідратації цинкового покриття. В результаті цього формується білий осад (гідроксид і оксид цинку), відбувається поступове окислення та розвиток процесів утворення білої іржі (рис. 2).

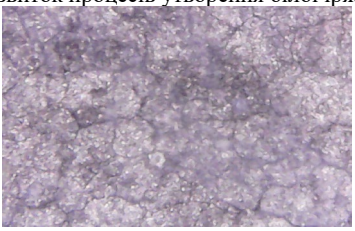
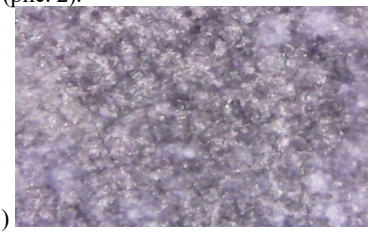

1)

2)

Рис. 2. Окислення цинкового покриття на сталі 09Г2С
(1 – H_2O, 2 – H_2O+3%NaCl).

На цинковому покритті домінують процеси міжкристалітної корозії, покриття поступово розтріскується. Через 20 днів за умов впливу дистильованої води або 3% розчину NaCl при температурі -15…+30 ^{0}C (8 годин заморожування з наступним розморожуванням) проявляються ознаки розтріскування покриття. В умовах експерименту не встановлено суттєвих відмінностей щодо швидкості протікання корозійних процесів цинкового покриття в дистильованій воді та при наявності у воді NaCl. Згідно [4], середня швидкість корозії сталі в морській воді становить від 0,05 до 0,20 мм/рік, а виразкової корозії - до 1 мм/рік. Загальна солоність морської води не сильно впливає на інтенсивність корозійного процесу, в той час як деякі відхилення від звичайного складу, наприклад, наявність сірководню або різних забруднень можуть у кілька разів збільшити швидкість корозії.

Висновок. Проаналізовано вплив pH, води, солі та температури на корозійну стійкість цинкового покриття. Встановлено інтенсивний прояв корозійних процесів на цинковому покритті в кислому середовищі. Наявність солі не впливає на інтенсивність корозії, в порівнянні з впливом дистильованої води, окислювальні процеси протікають за однаковим механізмом утворення гідроксиду і оксиду цинку у вигляді білого осаду.

Список літератури

1. Агєєва Г., Дубик О., Карпов В. та ін. Будівлі та споруди. Аеродроми. Частина І. Проектування Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.2-ХХ:2022. Мінрегіон України, 2022, 149с.

2. Al-Sherrawi M. H., Lyashenko V., Edaan E. M., Sotnik S. Corrosion of metal construction structures. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET).* 2018. Vol. 9, Is. 6. P. 437–446.

3. Černý M., Dostál P. Adhesion of zinc hot-dip coatings. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis.* 2014. 1, Vol. 62. P.53-64.

4. Особливості корозії сталевих конструкцій в різних умовах експлуатації. Режим доступу https://kron-industrial.com/files/docs/ukr/osoblivost-koroz-stalevih-konstrukc-y-v-r-znih-umovah-ekspluatac-.pdf (дата звернення 31.08.2024)

УДК 621.891

В.В. Харченко, М.А. Гловин, І.В. Костецький
(Національний авіаційний університет, Україна)

Дослідження характеру напружено-деформованого стану після лазерної обробки

Розглянуто модель структури ділянки матеріалу після обробки лазером, у якій між зміцненою ділянкою та матрицею є перехідна зона та проаналізовано процеси, спричинені в умовах тертя. Показано, що в результаті обробки лазером можуть бути розраховані та прогнозовані, залежно від виду навантаження, локальні напруження в матеріалі зважаючи на механічні властивості, вигляд та структуру перехідної зони.

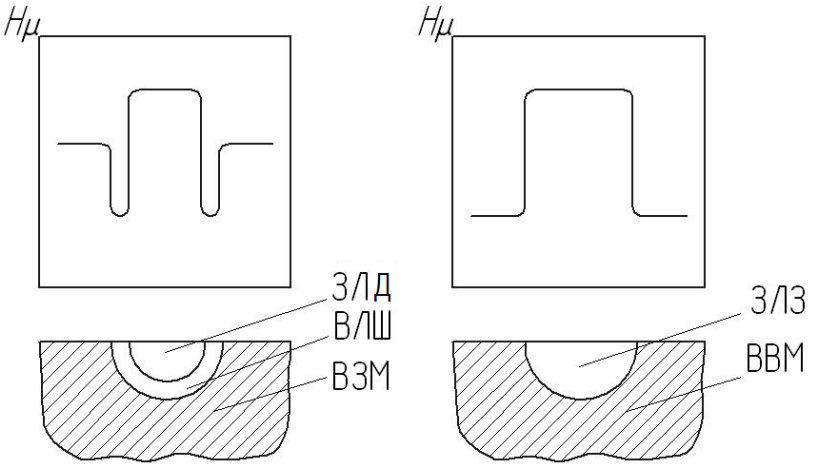
Вступ. Для деталей, що працюють в екстремальних умовах, досить важливий фактор коректності вибору гетерогенної структури при створенні матеріалів пар тертя. Напружено-деформований стан композиційного матеріалу є найвагомішим фактором, який виникає в матеріалі під контакту в парі тертя і потребує детального вивчення.

Створення композиційних зносостійких покриттів дискретними методами є перспективним напрямком задля підвищення довговічності деталей машин та їх зміцнення. Дискретна обробка проводиться за допомогою лазерного та електронного променя та електроіскрового легування.

При лазерній обробці в безперервному і в імпульсному режимах можуть утворитися так звані «зміцнені – незміцнені ділянки» - це перехідні зони. Важко сподіватися на успішне вивчення виникнення та подальшого розвитку руйнування, яке як правило найбільш ймовірне у найслабкішому місці, допоки не буде досліджено та вивчено природу та вплив перехідних зон.

У роботі досліджувався вплив на локальний характер напружено-деформованого стану механічних характеристик і будови, а також їх природи у перехідних зонах, які утворились під час лазерної обробки між зміцненими та незміцненими ділянками [1].

Постановка завдання. Від попередньої термообробки залежить структури ділянки лазерної обробки (СДЛО). Термічній лазерній обробці піддають загартовані, відпалені або нормалізовані сталі. На рис.1 зображено структуру (СДЛО) на загартованій сталі. В структурі (СДЛО) відбувається перезагартування і утворюється відпущена зона між ним та попередньо загартованим шаром матеріалу. Вона складається з феритно-карбідної суміші різного ступеня дисперсності (мартенсито-троостіт, троостіт, троостосорбіт).



а *б*

Рис. 1. Структура СДЛО і мікротвердість в перерізі залежно від попередньої обробки: *а* – попереднє гартування; *б* – попередній відпуск; ЗЛД – загартована лазером ділянка; ВЛШ – відпущений лазером шар; ВЗМ – вихідний загартований метал; ВВМ – вихідний відпущений метал

Під час відпалу сталі (рис.1, *б*), відпуску або нормалізованому станах досить чітко виділяється лише ділянка, загартована лазером [2]. Схожа будова СДЛО притаманна для одиничної плями (при імпульсному режимі) або поперечного перерізу доріжки (при безперервному режимі). Варто зазначити, що схеми будови СДЛО на рис. 1 є узагальненими. Між ними можуть бути відмінності на практиці, зумовлені або класом сталей, попередньою обробкою (хіміко-термічною, термо-механічною та ін.), або технологією лазерного опромінення (наприклад опромінення з оплавленням поверхні).

Перехідні зони утворюються під час дискретної обробки лазером, залежно від виду вихідної структури матеріалу, режимів обробки та параметрів лазерного пучка. Вони полегшують релаксацію структурних та термічних напружень, що можуть виникати у матеріалі за імпульсних теплових навантажень і самогартування та відіграють роль демпферів.

Результати дослідження. Дослідимо вплив характеру перехідної зони та закону зміни механічних властивостей в ній на прикладі моделі композиційного середовища зі структурою, сформованою однаково направленими і випрямленими циліндричними включеннями з однаковим поперечним перерізом, з в’яжучим середовищем у просторі – матрицею, що має пружні характеристики, які відрізняються від включень. Включення, складаються з ізотропної гомогенної серцевини і одно- чи багатошарової перехідної зони.

Задаючи певну кількість шарів, характеристики та їх товщину можна моделювати будь-який закон зміни властивостей в перехідній зоні [3].

Вплив перехідної зони та її величини, закон зміни її механічних властивостей досліджували на зразках після дискретної обробки, які мають зазначену структуру, перехідна зона якої утворена елементарними концентрично розташованими прошарками, фізико-хімічні і механічні властивості яких відмінні від таких у матриці, і включення тільки в напрямі радіус-вектора R_f. (рис.2). В той же час дозволяється подвійне періодичне розміщення включень, для спрощення завдання і вивчення поведінки елементарного об'єму, який містить одне включення, оскільки суміжні з ним об'єми при цьому перебувають в еквівалентному напруженому стані. Кожний i-й шар перехідної зони має свої механічні властивості (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона) і свої розміри (R_i – R_{i-1}). У першому наближенні припускаємо, що елементарний об'єм має коловий поперечний переріз, радіус якого – R_m.

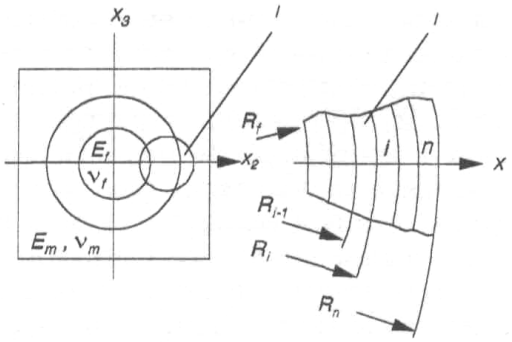


Рис. 2. Схема поперечного перерізу елементарного об'єму досліджуваного середовища

Змінюючи кількість елементарних шарів, їх товщину і механічні властивості, можна моделювати будь-який закон зміни властивостей в перехідній зоні між включенням і матрицею. За довільного розміщення включень відносно поверхні тертя трибоконтакту в елементарному об'ємі реалізується загальний випадок просторового напруженого стану, який за допущення про пружний характер деформування можна розділити на складові: зсунення в площині, паралельній осі вкраплення, – поздовжнє зсунення; розтягнення вздовж осі вкраплення – поздовжнє розтягнення (стискання); розтягнення – стискання у площині, перпендикулярній до осі вкраплення, – поперечне стиснення – розтягнення з поперечним зсувом.

Локальні поля напружень суттєво залежать від закону змінювання властивостей в перехідній зоні. За умов, що в перехідній зоні модуль пружності не змінюється за товщиною і значно перевищує модуль включення (загартована зона), напруження в останній суттєво змінюються. Однак,

перехідна зона створюється місцем найбільшої концентрації локальних напружень в структурі, до того ж максимум розподілу зміщується на межу з матрицею. Із збільшенням товщини перехідної зони рівень концентрації напружень різко знижується.

За відсутності перехідної зони між матрицею і включенням, то концентрація напружень у загартованій зоні максимальна, а в матриці вони зосереджені на межі розділу.

Наявність перехідної зони, що характеризується плавною (лінійною) зміною в ній міцнісних властивостей, концентрація напружень у включеннях знижується і якомога плавніше переходить в матрицю, поступово зменшуючись до рівня напружень в матриці.

Висновки. Дослідженнями встановлено характер напружено-деформованого стану, який виникає в умовах навантаження силами тертя матеріалу з дискретною обробкою, саме у кільцевій перехідній зоні між вкрапленнями і матрицею, через зміну в ній механічних властивостей.

Міцність перехідної зони має лінійну залежність і концентрація напружень у ділянці після лазерної обробки знижується та плавно переходить у матрицю, в подальшому вона зменшується до показника напружень у матриці, що дає перевагу дискретній лазерній обробці загартованої сталі. В результаті відпуску в бік від загартованої ділянки лазером композиція перехідної зони змінюється наступним чином: тросто-мартенсит, троостит, сорбіт.

Список літератури

1. Кіндрачук М. В. Формування дискретної структури азотованих покриттів рівної зносостійкості/ В.В. Харченко, О.І. Духота, І.А. Гуменюк // Проблеми тертя та зношування - 2022. - №4 (97). С. 4-9.

2. Кіндрачук М. В. Дослідження напружено-деформованого стану, структури та зносостійкості композиційних покриттів різним розміром наповнювача/ М. В. Кіндрачук, А. О. Корнієнко, С. В. Федорчук, Н. О. Рибасова, А. Л. Гловин// Проблеми тертя та зношування.- 2020.- №4. С. 37 – 46.

3. Rol stroeniya i svoistv perekhodnoi zoni «matritsa-napolnitel» v napryazhennom sostoyanii kompozitsionnikh materialov tribotekhnicheskogo naznacheniya / M. V. Luchka, Yu. Ya. Dushek, M. V. Kindrachuk, N. A. Uskova / Poroshkovaya metallurgiya. – 1998. – №3, 4. – S. 86 – 93.

УДК 620.1.05

В.С. Краснопольський к.т.н., С.І. Шиметенко
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Розробка компактної випробувальної розривної машини

Робота присвячена розробці та вдосконаленню компактної випробувальної розривної машини із зусиллям до 50 кг з метою легкої, швидкої та дешевої перевірки механічних властивостей деталей, що виготовлені за допомогою технологій 3D друку і можуть використовуватися при виготовленні дронів або інших механізмів.

Вступ. Останнім часом в світі все більшого поширення набувають технології 3D друку, які дозволяють легко, швидко та відносно дешево отримувати деталі достатньо складних форм та конфігурацій, що не завжди можна досягти класичними методами виготовлення. В Україні 3D друк має особливе значення внаслідок його широкого залучення у виробництво дронів. Однак виготовлені подібним способом деталі не завжди мають заявлені механічні характеристики, що є наслідком впливу і взаємодії ряду чинників, як то: використання різних принтерів, слайсерів, розкид параметрів друку та характеристик у різних виробників. Невідповідність реальних механічних характеристик деталей проєктним параметрам може становити загрозу для літального апарату або будь-якого іншого механізму, де вони будуть застосовані, внаслідок можливого руйнування від експлуатаційних навантажень, зменшення ресурсу та невідповідності показників надійності встановленим нормам. Це у свою чергу породжує потребу у перевірці згаданих властивостей деталей перед їх фактичним використанням. Однак замовлення повномасштабних лабораторних випробувань на відповідному обладнанні в умовах поштучного виробництва є надто довготривалим, дорогим, а відтак не ефективним та не доцільним. З іншого боку невеликі розміри поперечних перерізів деталей, про які іде мова, не вимагають створення значних зусиль для виникнення руйнівних напружень. Це означає, що вимірювання в межах 50 – 100 кг, проведених на машинах, розрахованих під зусилля 5 т і більше може містити значне відхилення внаслідок похибок. Вирішити зазначені проблеми могла б компактна, легка та дешева розривна машина, яку можна відносно легко переміщувати та використовувати від стандартних джерел живлення (на відміну від лабораторного обладнання, що потребує трифазної електричної мережі на 380V), або навіть без таких, від акумулятора. Розробці та вдосконаленню подібної машини і присвячена дана робота.

Конструкція першого прототипу машини. Перший прототип має типову конструкцію з рухомою і нерухомою траверсами та станиною, які виготовлялися з дерева (рис. 1, *1 – 3*). У станині розміщено рушійний механізм – кроковий двигун, який з'єднаний з редуктором за допомогою прямозубої циліндричної зубчатої передачі, надрукованої на 3D принтері, з передатним числом 4 [1]. Приводом машини є пара гвинт-гайка, у якій гвинт нерухомий, а гайка рухома. Для закріплення зразка використовуються затискачі (рис. 1, *5*),

також надруковані на 3D принтері. Вимірювання навантажень відбувається за допомогою електронних ваг (рис. 1, *4*), які фіксуються на нерухомій траверсі та кріпляться до захвату зі зразком. На рухомій траверсі закріплений штангенциркуль (рис. 1, *6*) для вимірювання її переміщень під час досліду.

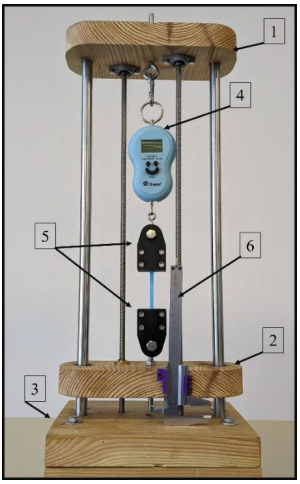


Рис. 1. Конструкція першого прототипу: *1* – нерухома траверса; *2* – рухома траверса; *3* – станина; *4* – ваги; *5* – захвати; *6* – штангенциркуль

Щоб верифікувати дані, отримані в ході дослідів і підтвердити точність та адекватність виконаних вимірювань, отриманих на створеній машині, було проведено серію тестів на зразках з PLA пластику, надрукованих на 3D принтері. Результати порівнювались із результатами, отриманими у випробувальній лабораторії кафедри конструкції літальних апаратів аерокосмічного факультету Національного авіаційного університету, на розривній машині BISS Bi-00-202V. Дані порівняння наведені в табл. 1.

Недоліки першого прототипу

Хоч випробувальна машина і відповідала поставленим вимогам, але мала ряд недоліків:

1. Виготовлені з дерева деталі мали невелику точність, що викликало велике тертя в системі;

2. Рухома і нерухома траверси та станина машини були достатньо великі за розмірами, що не лише збільшувало габарити, але і не дозволяло надрукувати їх на 3D принтері, що у свою чергу збільшувало масу конструкції;

3. Складність розміщення редуктора в станині призводила до значних навантажень в елементах конструкції машини та погіршувала експлуатаційні властивості;

4. Ваги займали значну частину робочої зони, що обмежувало можливі габарити випробуваних деталей.

Табл. 1

Результати дослідів проведених на розробленій машині та на BISS Bi-00-202V

№ Зразка	Межа міцності, МПа		MAX Переміщення траверси мм	
	BISS Bi-00-202V	Розроблена машина	BISS Bi-00-202V	Розроблена машина
1	51	54	4	5
2	47	52	4	5
3	52	53	5	5
4	54	52	5	5
Середнє	51	53	4	5
Похибка, %	3		4	

Конструкція другого прототипу машини. Другий прототип машини зазнав конструктивних змін з метою вдосконалення та розширення функціоналу. Приводом машини залишилась пара гвинт-гайка, але гвинт було зроблено рухомим, а гайку – нерухомою. Таке конструктивне рішення дозволило досягти зменшення розмірів обох траверс та станини машини, що також надало можливість надрукувати їх на 3D принтері. Це збільшило точність зазначених деталей, зменшило тертя в системі, зменшило габарити та масу. Також конструкція стала більш простою, з меншою кількістю комплектуючих (рис. 2). У станині розміщено рушійний механізм, який, разом із захватами змін не зазнали, порівняно з першим прототипом. Однак, в конструкцію додана опора, всередині якої рухається гвинт під час випробувань (рис. 2, *б*).

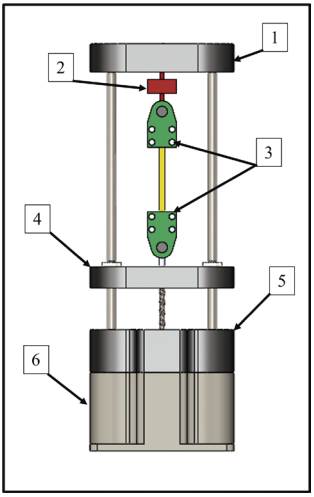


Рис. 2. Конструкція другого прототипу: *1* – нерухома траверса; *2* – силовимірювач; *3* – захвати; *4* – рухома траверса; *5* – станина; *6* – опора

Вимірювання навантаження відбувається силовим тензодатчиком, який за допомогою 24-розрядного модуля АЦП з підсилювачем для тензорезисторів та Arduino Nano дозволяє виводити дані на комп'ютер. Подібна конструкція силовимірювача крім вищої точності з можливістю її регулювання, також займає меншу частку робочої зони машини.

Вимірювання переміщення траверси відбувається через кількість кроків, зроблених двигуном, які надалі перераховуються в переміщення.

Можливість вимірювати навантаження та переміщення в реальному часі дозволяє отримати діаграму деформування, що у свою чергу розширює кількість основних механічних характеристик, котрі можна отримати та функціонал самої машини.

Економічна ефективність. Ціна виготовлення першого прототипу без урахування роботи складає менше ніж 5 тис. грн (приблизно 125 $), а машина BISS Bi-00-202V на момент 2006 р. коштувала 127 тис. грн (приблизно 25 тис. $), що з урахуванням інфляції на 22.04.2024 складає близько 1 млн. грн.

Отже, проведені дослідження показують, що можна отримати результати випробувань на рівні професійного лабораторного обладнання, але у 200 разів дешевше. Якщо навіть порівняти ціни з вітчизняним виробництвом – АСМА-ПРИЛАД, то найдешевша із знайдених розривна машина, коштує 100 тис. грн з максимальним навантаженням до 100 кг, що все одно у 20 разів дорожче.

Вартість другого прототипу, з урахуванням 3D друку є ще меншою і складає близько 3,5 тис. грн.

Висновки

Розроблена компактна випробувальна розривна машина, що розвиває зусилля до 50 кг є достатньо мобільною та доступна для широкого кола користувачів через її низьку вартість і простоту. Завдяки цьому є можливість перевіряти механічні характеристики надрукованих на 3D принтері деталей, що підвищить їхню якість, адже робочі розміри та форма обиратимуться не на око, а на основі результатів випробувань. І незважаючи на те, що виготовлена машина зроблена з підручних матеріалів та без високоточного обладнання, вона дозволяє швидко та з високою точністю проводити вимірювання та отримувати механічні властивості матеріалу.

Список літератури

1. І. І. Мархель Деталі машин: Навчальний посібник. – К.: Алерта, 2005. – 368 с.

УДК 621.891

П.П. Савчук, д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Потенціал та перспективи створення епоксикомпозиційних матеріалів для трибосистем ковзання

В роботі проаналізовано здобутки вітчизняних вчених в напрямку розробки триботехнічних полімеркомпозиційних матеріалів на основі епоксидних зв'язуючих. Окреслено напрямки та шляхи розвитку цих досліджень

Полімеркомпозиційні матеріали на основі епоксидних зв'язуючих (ЕКМ) активно використовуються у світовій та вітчизняній практиці як ефективний триботехнічний матеріал з високими характеристиками, що здатний, при відповідному підході на етапі конструювання, забезпечити необхідну керованість та прогнозованість властивостей, в тому числі і при складних умовах навантаження тертям. Такі системи мають значний науковий та практичний інтерес [1-3] за рахунок забезпечення оптимальних триботехнічних характеристик та стабільності взаємодії в умовах сухого фрикційного контакту. Так авторами [4, 5] показано, що при встановленні оптимальних значень складових потужності тертя, мінімізації негативного впливу мікросередовища і введення структурно-активних компонентів (тверді мастила тощо) забезпечується направлений вплив на трибологічний процес та реалізуються умови для формування в зоні тертя плівок переносу, що 1,6-1,9 рази підвищує довговічність роботи трибосистем ковзання.

В роботах [3, 5, 6] досліджено структурні зміни і характер трибологічних процесів при терті високонаповнених полімеркомпозитів та розроблена модель для пояснення механізму фрикційного переносу. Методами рентгеноспектрального аналізу та електронної мікроскопії встановлено ефект масопереносу мікроелементів поверхонь спряжених тіл при терті та утворення проміжної термостійкої структури в зоні тертя, що підтверджується методами диференціального термічного аналізу і ІЧ-спектроскопії.

При цьому ЕКМ здатні ефективно функціонувати при низьких і високих значеннях коефіцієнту тертя [5-7]. Це досягається шляхом оптимального вдалого поєднання полімерної матриці та інгредієнтів полінаповненої системи, фізичної та термічної модифікації, а також формування високонаповненої системи, де зв'язуюче виконує функцію тонких граничних шарів для забезпечення достатньої адгезії на межі розділу фаз, а наповнювачі – оптимальну конструкційну міцність матеріалу та довговічність роботи трибопари.

На основі проведених досліджень сформульовано принципи створення та оцінки ЕКМ [3]: забезпечення цілісності системи, єдності структурних та функціональних складових ЕКМ; забезпечення термодинамічної, механічної та кінетичної сумісності інгредієнтів полімернаповненої композиційної системи; врахування ефекту самоорганізації; формування запасу міцності при створенні матеріалу, що реалізується в умовах тривалої експлуатації; забезпечення

оптимального ступеня наповнення ЕКМ-системи варіюванням степенем дисперсності та природи інгредієнтів.

Показано, що активний тепловий вплив при структуризації епоксикремнійорганічних систем у зоні максимально допустимих для епоксидної компоненти температур породжує ефект “адаптації” до прикладеного навантаження та забезпечує стабільність заданих характеристик при фрикційній взаємодії [3]. Експериментально обгрунтовано умови утворення та стабілізації самоорганізуючих плівок переносу при навантаженні епоксидних композитів тертям ковзання, що сприяє підвищенню зносостійкості та надійності трибосистем [3, 5, 7].

Оцінюючи перспективи продовження розробок в цьому напрямку необхідно виокремити такі складові й завдання на їх основі, а також шляхи їх вирішення:

- підвищення опору системи термодеструктивним процесам, що сприяють втомі полімерної матриці та обмежують довговічність роботи трибопари шляхом структурної модифікації композицій;

- створення умов для реалізації процесів вибіркового переносу в зоні трибоконтакту для стабілізації температури та нівелювання залишкових напружень в ЕКМ шляхом термофізичної модифікації та створення композиційних матеріалів із заданими властивостями;

- підвищення ресурсних можливостей ЕКМ шляхом оптимізації складу та властивостей при застосуванні як наповнювачів нанорозмірних складових.

Таким чином, ЕКМ триботехнічного призначення є перспективними і конкурентними у випадку функціонування трибопари в умовах сухого фрикційного контакту. Дослідження надійності й довговічності функціонування розроблених ЕКМ, стабільності властивостей запропонованих матеріалів при створенні й вдосконаленні сучасних трибосистем ковзання, є предметом подальших досліджень за даним напрямком.

Список літератури

1. Букетов А.В., Стухляк П.Д., Кальба Є.М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. – Тернопіль: Збруч, 2005. – 182 с.
2. Савчук П.П., Косторнов А.Г. Особливості впливу процесів модифікації на триботехнічні характеристики епоксидних композиційних матеріалів // Проблеми тертя та зношування.– К.: НАУ. – 2010. – Вип. 48. – С. 135–148.
3. Савчук П.П. Наукові і технологічні основи створення та керованого функціонування епоксидних композитів з різним ступенем наповнення: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.02.01 / П.П. Савчук – Київ: ІПМ, 2010. – 40 с.
4. Савчук П. П. Особливості застосування епоксидних композиційних матеріалів у триботехніці / П. П. Савчук // Проблеми трибології. – 2008. – № 4 (50). – С. 120–125.
5. Савчук П.П. Формування самоорганізованих структур в процесі фрикційної взаємодії трибопари епоксикомпозит-сталь: монографія / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, О.Л. Садова. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 172 с.

6. Савчук П.П. Наукові підходи до створення епоксидних композитів з комплексом керованих властивостей / П.П. Савчук // Тези XXVI-ї науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу “Актуальні проблеми та перспективи науки і виробництва” (Технічний напрямок). – Луцьк: ННВ ЛНТУ, 2012. – С. 127–129.

7. Савчук П.П. Фрикційні полімеркомпозити з комплексом керованих властивостей: Монографія / П.П. Савчук, В.П. Кашицький, Л.А. Савчук, О.М. Люшук. – Луцьк: Іванюк В.П., 2022. – 136 с.

УДК 621.891

О.А. Ільїна, О.О. Мікосянчик, В.М. Бородій, Н.М. Березівський
(Національний авіаційний університет, Україна

Методика визначення гідро- та негідродинамічної складових товщини мастильного шару

Проаналізовано будову та властивості змащувальних шарів в трибологічному контакті та методики визначення товщини мастильного шару..

При визначенні трибологічних характеристик вузлів тертя слід враховувати будову та властивості шарів граничної плівки, яка утворюється молекулами поверхнево-активних речовин. Такі шари мають різний ступінь впорядкованості по мірі віддалення від поверхні тертя, вони являють собою твердий молекулярний кристал для моношару та окремі полімолекулярні шари рідких кристалів. Кожен з таких шарів має різну за значеннями несучу здатність та коефіцієнт тертя, і, як наслідок, трибологічні характеристики вузла тертя залежать від того, який шар сприймає зовнішні навантаження [1].

Про різну структуру граничних шарів зазначено в роботі [2]. За допомогою простої двовимірної моделі авторами змодельовано трибологічні властивості тонкої плівки мастильного матеріалу, що складається з лінійних (ланцюгових) молекул у режимі гідродинамічного мащення. Встановлено, що тертя зазвичай зростає з довжиною ланцюга відповідно до їх більшої об'ємної в'язкості. Порівнюючи трибологічні властивості молекул, які мають міцні адгезійні зв`язки з металом по всій довжині ланцюга молекули («лежача» орієнтація), з іншими молекулами, які мають один адгезійний зв`язок (орієнтація «головка» / «ворсинки»), встановлено, що останні зазвичай створюють більше тертя, ніж перші (рис. 1).

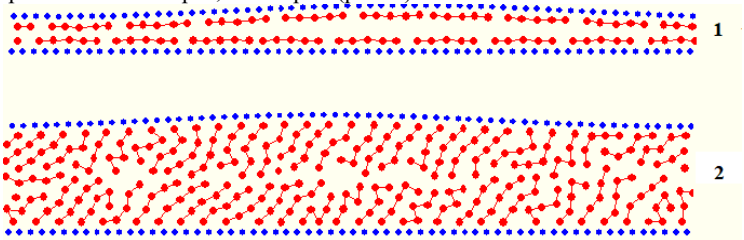


Рис. 1. Орієнтація молекул граничного мономолекулярного шару при терті: 1 – «лежача», 2 – у вигляді «ворсу» [2].

Автори зазначеної роботи з'ясували роль довжини молекул мастильного матеріалу при визначенні антифрикційних характеристик для тонкої (кілька молекулярних шарів) плівки мастильного матеріалу при «лежачій» орієнтації. Довші молекули мастильного матеріалу важче видавити з зони контакту, і саме тому вони забезпечують кращі змащувальні властивості. Таким чином, довші алкани працюють краще в граничному

режимі мащення, ніж коротші, оскільки вони ефективніше запобігають появі холодно-зварених з'єднань і, як наслідок, зносу.

Існує низка способів визначення товщини граничного шару, яка є однією з основних характеристик, що характеризує його міцність та здатність чинити опір нормальним навантаженням. Наприклад, одним із методів отримання інформації про особливості орієнтаційної впорядкованості органічних рідин у тонких шарах є аналіз залежності форми їх спектрів поглинання від товщини [3]. Для цього може бути використаний метод дихроїзму поглинання домішкових молекул. Ступінь орієнтаційної впорядкованості молекул у граничному шарі мастильного матеріалу оцінювався за усередненим значенням оптичної анізотропії пристінного шару. За допомогою цього методу визначалася товщина граничного мастильного шару порядку 8…15 мкм для пари вал-вкладиш.

Згідно з методикою оцінки змащувальної здатності мастильних матеріалів з застосуванням методу падіння напруження в режимі нормального тліючого розряду [4], проводиться вимірювання падіння напруження в змащувальному шарі при силі струму 2 і 4 А, надалі, за тарувальними таблицями, визначається товщина мастильного шару:

$$h = \frac{2U_{2A} - U_{4A}}{k}, \qquad (1)$$

де U_{2A} і U_{4A} – падіння напруження в шарі мастильного матеріалу при силі струму 2 и 4 А, k – коефіцієнт.

В процесі тертя активовані молекули мастильного матеріалу можуть формувати змашувальні шари різної природи. В роботі [5] встановлено, що мінеральні оливи адсорбують на поверхні металу первинну моно-плівку з органічних кислот та спиртів, при цьому полярні групи розташовуються до металу, а зовнішня поверхня плівки утворюється метильними групами вуглеводневих радикалів адсорбованих молекул. Далі мономолекулярний шар добудовується нашаруванням бімолекулярними димерами поверхнево-активних речовин. В залежності від умов тертя товщина граничної мастильної плівки може становити від декількох до 400...500 молекулярних шарів і досягати товщини близько 1 мкм. Такі плівки мають анізотропність механічних властивостей, яка викликана силами взаємодії активних груп молекул з поверхнею металу значно більше сил взаємодії в площинах, що утворюються метильними групами молекул сусідніх шарів. Неполярні молекули вуглеводнів також орієнтуються та адсорбуються під дією силового поля металу, але утворюють неміцні моноплівки, які легко руйнуються через слабкий зв'язок сусідніх молекул. Молекули полярних і неполярних речовин можуть формувати плівки змішаної будови, що володіють нестійкістю [6].

В умовах роботи трибосистеми «пуск-стаціонарна робота-зупинка» на програмно-апаратному комплексі розрахунок товщини мастильного шару за падінням напруження в режимі нормального тліючого розряду здійснювався на ділянках «зупинка» та «стаціонарна робота» (рис. 2).

На ділянці «зупинка» існує лише граничний шар змащувального матеріалу (негідродинамічна складова), в період пуску дослідної установки відбувається приріст змащувального шару (гідродинамічна складова) (рис. 3).

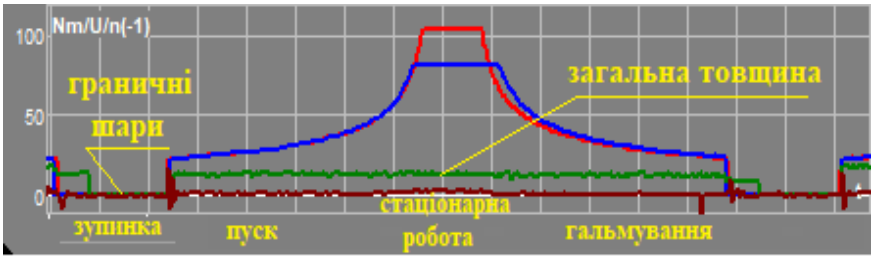
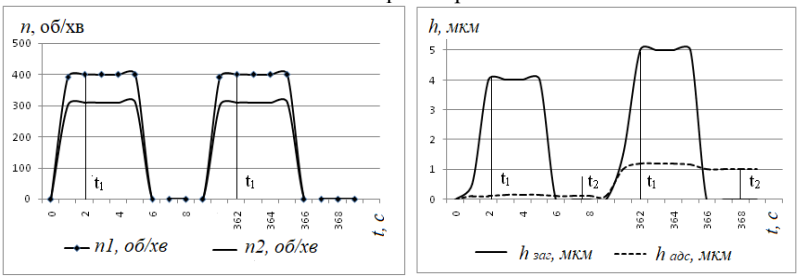


Рис. 2. Реєстрація падіння напруження (зелена крива) в локальному контакті ролик-ролик.



а) б)

Рис. 3. Залежність частоти обертання дослідних зразків (а) та загальної товщини мастильного шару і товщини граничних шарів мастильного матеріалу (б) від часу роботи трибосистеми.

Залежно від товщини змащувального шару визначається режим мащення в фрикційному контакті за критерієм λ:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}}, \qquad (2)$$

де h – товщина змащувального шару; R_a – середнє арифметичне відхилення профілю контактуючих поверхонь.

Даний показник є інформативним показником умов переходу від режиму роботи трибосистеми без змащувального матеріалу до гідродинамічного режиму мащення за діаграмою Герсі – Штрібека.

Висновок. Вхідний контроль мастильних матеріалів лише за фізико-хімічними показниками, які нормуються в паспорті якості на товарні партії, не дає повного уявлення про експлуатаційні характеристики мастильних матеріалів. Для надання рекомендацій щодо експлуатації певної партії мастильних матеріалів в навантажувальному, швидкістному, температурному діапазонах, необхідно проводити лабораторні та стендові випробування. Важливим параметром оцінки змащувальної здатності мастильного матеріалу є товщина мастильного шару, яка формується в контакті пар тертя. Методика вимірювання товщини мастильного шару за оцінкою падіння напруження в режимі нормального тліючого розряду на етапі лабораторних досліджень

дозволяє проводити оцінку різних типів змащувальних шарів, які формуються в фрикційному контакті.

Список літератури

1. Воронін С.В. Оцінка несучої здатності та коефіцієнту тертя нематичного граничного шару. *Проблеми трибології (Problems of Tribology).* 2013. № 4. С. 109-113
2. Braun O.M., Manini N., Tosatti E. *Role of lubricant molecular shape in microscopic friction*. *Physical Review B*. 2008. 78. 195402 https://journals.aps.org/prb/cited-by/10.1103/PhysRevB.78.195402
3. Сагин С.В., Заблоцкий Ю.В. Определение триботехнических характеристик поверхностей по степени упорядоченности пристенных слоев углеводородных жидкостей. *Проблеми техніки*. 2011. № 3. С. 78-88.
4. Райко М.В. Смазка зубчатых передач / М.В. Райко. – К.: Техника. 1970. – 196 с.
5. Steblin V. N., Shchukin E. D., Yaminsky V. V., Yaminsky I. V. Hydrodynamic Interaction of Surfaces in Electrolyte Solution. A New Method of Investigation of Surface Forces using a Capacitor Uitradynamometer. *Mendeleev Communications*. 1992. Vol. 2, Is. 2. P. 42-44.
6. Fan X., Li W., Li H. and ect. Probing the effect of thickener on tribological properties of lubricating greases. *Tribology International*. 2018. Vol. 118. P. 128-139.

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

В.Б. Мельник, Д.В. Леусенко, Б.М. Мамай
(Національний авіаційний університет)

Оцінка вмісту хімічних елементів у поверхневому шарі органічних плівок (СОП) пар тертя з локальним контактом методом бомбардувальної спектроскопії.

Розглянуто питання протизадирної дії індивідуальних вуглеводнів ВГВ нафтових олій в умовах роботи зубчастих передач. Показано, що протизадирний вплив індивідуальних ВГВ визначається інтенсивністю утворення ними на поверхнях тертя органічних плівок (СОП) в діапазоні температур від точок плавлення вуглеводнів (ВГВ) до температур припинення утворення СОП з переходом через максимум при максимальній інтенсивності утворення СОП.

Постановка проблематики.

Основу мастильної дії нафтових олій в умовах граничного тертя тривалий час приписували виключно розчиненим у них поверхнево-активним речовинам, здатним адсорбуватися на межі розділу метал-масло. Приймалося, що основна частина нафтових олій – вуглеводні – не бере активної участі у процесі граничного тертя, а є лише носієм присадок поверхнево-активних речовин (ПАР).

В роботі [1] показано, що індивідуальні ВГВ, складові основи мінеральних масел, беруть активну участь у процесах граничного змащування. При цьому найбільш важливе значення мають три фактори: окислювальна активність масляного середовища, окислюваність ВГВ та умови перенесення молекулярного кисню до зони тертя.

Надалі потужний поштовх у дослідженні антифрикційних і протизносних властивостей індивідуальних ВГВ було дано відкриттям їх здатності утворювати в контакті тертя твердоподібні органічні плівки - СОП (органічні плівки, які самогенеруються), що запобігають заїданню, зносу і втомному викришуванню при важких режимах тертя. Найбільш повні та систематичні дослідження мастильної дії СОП, що утворюються індивідуальними ВГВ та нафтовими маслами були проведені в лабораторії змащування контактних поверхонь в Національному авіаційному університеті на кафедрі прикладної механіки та інженерії матеріалів Аерокосмічного факультету. [2-5].

Задири і заїдання поверхонь тертя виявляють по різкому збільшенню коефіцієнта тертя і по характерній зміні їх рельєфу. Обов'язковою умовою виникнення заїдання є руйнування розділяючої поверхні тертя масляної плівки, Цей вид зносу найчастіше виявляється при високих навантаженнях і малих швидкостях, а також при підвищених температурах, коли олія втрачає мастильну здатність внаслідок зменшення в'язкості та десорбції граничних мастильних шарів.

Відомості про протизносні властивості СОП, що утворюються індивідуальними УГВ, дуже обмежені. У літературі можна знайти лише загальне твердження у тому, що вони здатні запобігати заїданню [1, 2] без зазначення оптимальних умов, у яких ця дія проявляється.

У [2] було встановлено, що протизадирний вплив індивідуальних ВГВ за рахунок утворення на поверхнях тертя СОП при випробуваннях на повітрі проявляється в діапазоні температур від точки плавлення УГВ до температури припинення утворення СОП з переходом через максимум при температурі максимальної інтенсивності утворення СОП. Виняток становили індивідуальні УГВ, що відрізняються дуже великою термоокислювальною стабільністю /бензол і дефенілметан/ і не утворюють за цих умов СОП.

Одним з небагатьох методів, що дозволяють оцінювати вміст хімічних елементів у поверхневому шарі фізично адсорбованих та хімічно сорбованих елементів з мастильного середовища, є метод бомбардувальної спектроскопії.

Метод також дозволив оцінити розподіл хімічних елементів за товщиною шару, використовуючи поступове стравлювання іонами аргону та одночасною зйомкою електронного спектру складу шару.

Умови роботи аргонного джерела іонів:

енергія іонного пучка E = 8 КэВ при струмі пучка I = 50мкА;

I = 4 мкА, струм фокусування.

На перших етапах травлення проводили східчасто через 1-2 хв. Навіть через 10 хв травлення проводили разом із записом спектра.

Умови зйомки спектрів та позначення параметрів приладу такі:

Ep = 1,5 КэВ – енергія первинних електронів;

$I0$ = 100 мА - струм електронів, що реєструється в ланцюзі зразка, при даній Ер;

S = 100 х 3 – чутливість синхронного детектора;

т. с. = 10с. - Постійна часу;

M = 14 еВ - напруга модуляції;

t = 10 хв. - Час сканування;

U = 3,7 кВ. – напруга на канальному електронному помножувачі;

$N(E)$ – амплітуда сигналу з розподілу електронів за енергіями при заданому значенні Е;

$N(E)/dE$ – час, похідна амплітуди сигналу (швидкості рахунку).

Досліджувалися поверхневі плівки, отримані в результаті тертя при коченні зі ковзанням в індустріальних оліях серії ІТД з присадками і без присадок, що відрізняються в'язкістю в 10 разів.

Загальною для електронних спектрів є наявність двох зон.

Зона плівки СОП та зона безпосередньо пов'язана з основою сплаву – залізом.

Плівка СОП містить, як правило, елементи С, О, Н. Залежно від складу присадок та навколишнього середовища в поверхневій плівці виявляється азот.

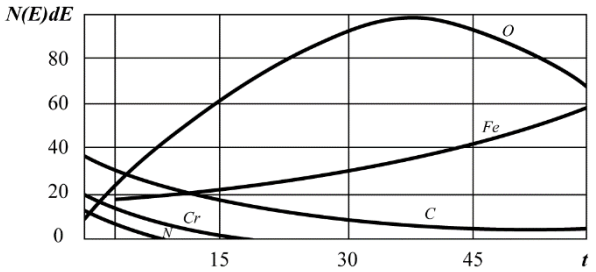


Рис. 1(а)

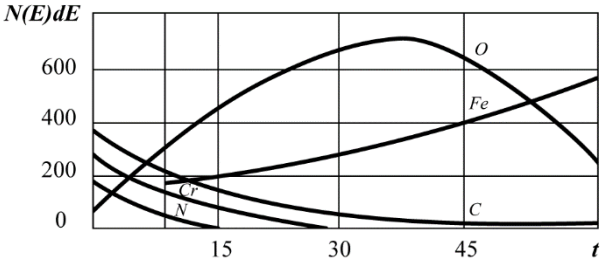


Рис. 1(б)

Рис.1 Розподіл хімічних елементів по глибині поверхневого шару зразків зі сталі 40Х після роботи в оливі ІТД-68 (а) та ІТД-68 з присадками (б)

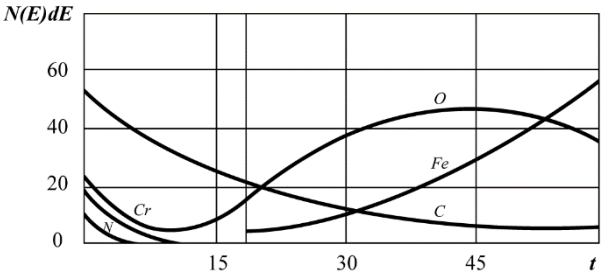


Рис. 2(а)

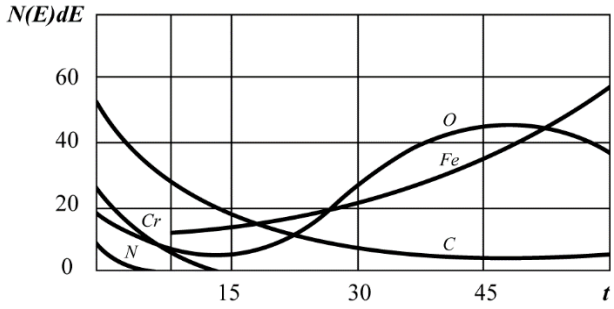


Рис. 2(б)

Рис. 2 Розподіл хімічних елементів по глибині поверхневого шару зразків зі сталі 40Х після роботи в оливі ІТД-680 (а) та ІТД-680 з присадками (б)

З графіків вмісту хімічних елементів видно, що максимальний вміст у СОП вуглецю забезпечує більш в'язке масло ІТД-680

Для малов'язкого масла ІТД-68 спостерігається значний вміст кисню в основі сплаву Більш крутий характер розподілу кисню відповідає маслам із присадками.

Товщина СОП на графіках визначена вертикальною стрілкою. Максимальний час травлення СОП відповідає маслам більшої в'язкості. Збільшення часу травлення СОП іонами аргону пояснюється більшою енергією зв'язку, створенням вторинних структур тертя більшої міцності, що містить менше дефектів будови, що обмежують дифрузії кисню та азоту поверхні розділу.

Узагальнюючи проведені дослідження, можна зробити висновок, що плівки СОП інтенсивніше формуються, в даних умовах тертя, в середовищі з більш в'язким маслом, містить більшу кількість вуглецю та кисню, мають спадаючий характер концентрації до поверхні сплаву (сталі).

Плівки СОП, сформовані в більш в'язких мастилах, по інтенсивності зв'язку в кілька разів перевищують плівки, утворені в малов`язких оливах і оливах без присадок.

Для налов’язких масел спостерігається значна дифузія кисню через СОП вглиб металу, що свідчить про більш (дефектну) пухку будову СОП, що формуються в малов'язких маслах.

Висновки

Таким чином, на підставі отриманих результатів дослідження механізму утворення СОП можна зробити висновок, що:

а) своєю протизадирною дією ВГВ значною мірою зобов'язані процесам окислення та окислювальняної полімеризації, в результаті якої утворюються СОП;

б) протизадирна дія індивідуальних ВГВ визначається інтенсивністю утворення ними на поверхнях тертя СОП у діапазоні температур від точок

плавлення УГВ до температур припинення утворення СОП з переходом при максимальній інтенсивності утворення СОП.

Список літератури

1. Large eddy simulations of complex multicomponent diesel fuels in high temperature and pressure turbulent flows. International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 104, 2017, pp. 819-834 Part of volume Engineering TriBology Edited by G.W. Stachowiak, A.W. Batchelor

2. Райко М.В., Стадник В.А., Взаимное влияние индивидуальных углеводородов на образование твердообразных самогенерирующихся органических плёнок при трении поверхностей с локальным контактом. Тезисы докладов ВНТК: Трение и смазка в машинах, часть II, Челябинск,1983, с.291-292.

3. Райко М.В. Смазочное действие и изнашивание в условиях часто-повторяющихся пусков / М.В. Райко ,Р.Г. Мнацаканов ,Н.Ф. Дмитриченко, В.Б. Мельник // Механизация и электрофикация сельского хозяйства.- К.: 1985- вып. 61.

4. Мельник В.Б. Фізико-хімічна модель механізму змащувальної дії присадок у локальному контакті зубчатих передач. Modern methods, innovations and experience of practical application in the field of technical sciences: International research and practice conference. December 27-28, 2017. – Radom, Republic of Poland: 2017. - С. 126-130

5. Мельник В.Б., Радько О.В., Скуратовський А.К., Каширська І.А., Ткаченко Т.С. Вплив мастильних матеріалів на втомне зношування і якість поверхонь терття зубчастих передач. / Проблеми тертя та зношування, 4 (81).- 2018. – с.45--49

UDC 621.891

A. Khimko, PhD[1], M. Khimko[2], A. Hrechukha[1]
(1. National Aviation University, Ukraine)
(2. "H3Operations" LLC, Ukraine)

Research of the impact of ambient temperature on the wear resistance of metal-polymer composite materials used in aviation plain bearings.

Metal-polymer composite materials were tested at ambient temperatures of 20°C and 60°C. The effect of temperature on the wear resistance of metal-polymer composite materials, which can be used in aviation hinge bearings, was determined. It was determined that the greatest influence on the amount of wear intensity is generated by heat generation, caused both by the friction process and dynamic load, as a result of the reverse movement.

Introduction. Tribological and other properties of polymer composite materials are affected by temperature. This mostly concerns the Young's modulus, which is one of the main important factors of polymer composite materials, as it characterizes their rigidity. Its noticeable decrease under the influence of temperature can have a significant impact on contact and tribotechnical characteristics.

Analyzing the effect of temperature on metal-polymer composite materials, it can be concluded that all materials that include polymer materials have changed the wear result to a greater or lesser extent. This is explained by the fact that any polymer changes its strength characteristics when the temperature rises, and as a result affects the result of friction.

According to the operating conditions of bearings on aircraft, their operating temperature is within -50 to + 50 °C. If we consider the operating conditions of helicopters operating on the African continent, the temperature range is from 0°C to +120 °C.

Therefore, the effect of temperature on the testing of metal-polymer materials is quite an interesting factor that changes the wear resistance of materials.

The purpose of the study: To determine the influence of the temperature of the external environment on the wear resistance of modern metal-polymer composite materials, which are used for the manufacture of aviation hinge bearings.

Test methodology. For the testing of metal-polymer composite materials for aircraft bearings, the installation [1] was chosen, which allows testing in oscillating movements with the influence of temperature on the samples.

The test conditions corresponded to the following parameters:

1. The amplitude of movement is 500 μcm.
2. The frequency of oscillations is 3 Hz.
3. Specific load – 10 MPa.
4. The number of working cycles – 10^5 cycles.

Materials for testing were defined as modern composite metal-polymer materials [2], which are used in engineering by leading companies in the world, mostly: Zedex ZX-324VMT, Iglidur X1, Fluroglide and metal-polymer tape (МПС) Ф-4К15М5.

Effect of temperature on the wear resistance of metal-polymer composite materials. Figure 1 shows the change in wear resistance of composite metal-polymer materials at temperatures of 20 °C and 60 °C.

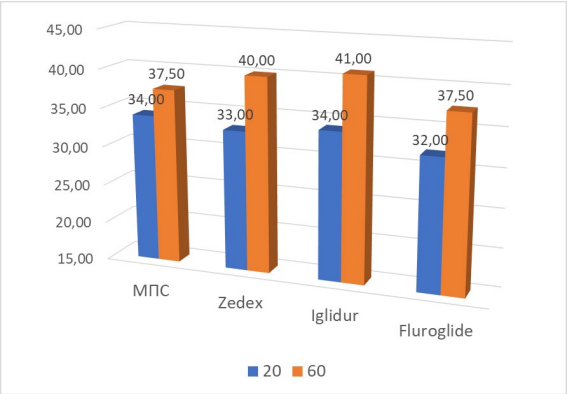


Fig. 1 – Wear resistance of anti-friction metal-polymer composite materials at temperatures of 20 °C and 60 °C.

An increase in temperature from 20 °C to 60 °C does not significantly affect the tested composite materials from 8 to 15%, because the anti-friction metal-polymer composite materials selected for testing are a complex structure of more than five materials with different structures and characteristics.

The operating temperature range of almost all materials ranges from -50 to +120°C. The temperature affects the metal-polymer tape the least - within 8%. A difference in wear of 3.5 microns in testing may even be an error in research. The insignificant effect of temperature on the composite material is explained by the fact that the layer of PTFE+15%C+5%MoS^2 material on the babbitt is located on a metal tape that dissipates and distributes heat. The applied polymer, on which the temperature has the greatest influence, acts as a material for running-in. All other materials that make up this composite material do not change their characteristics (stiffness, Young's modulus, hardness, etc.) as much as the PTFE polymer.

Fluroglide material is affected by temperature to a greater extent than metal-polymer tape and is about 10%. This material is created on the basis of reinforced fabrics with polymer materials, and the temperature effect increases the subsidence of the material under the action of the load. But the framework of the composite material and the fibers that are included in the composition hold the tension and therefore the impact is greater than in the metal-polymer tape and less than in other materials among those that passed the test and that differ in their composition.

Materials ZX-324VMT and Iglidur showed the greatest increase in the temperature wear rate, which is about 15-20%. The material ZX-324VMT is created on the basis of PEEK with the addition of other polymers and fillers. That is, the basis of the design of this material is a polymer reinforced with carbon fibers.

As a result, temperature affects this composite material almost as much as it does polymer materials. The parameters of temperature's impact on the reinforced polymer and the presence of fillers of varying origins show some degree of variation. Almost the same effect occurs on the Iglidur material. The difference in wear rates is explained by different functional fillers present in these materials and different sizes of reinforcing fibers. In terms of structure, these materials are very similar with the difference only in the materials and their quantity.

During the process of friction, the heat generated in the contact zone and it is dissipated into the environment, the temperature of the tribosystem is always in dynamic equilibrium under constant operating modes, and fluctuates from the equilibrium point depending on the operating conditions of the articulated bearings. A feature of metal-polymer composite materials in hinged sliding bearings is a large area of actual contact and low thermal conductivity, which is much lower than in metal-metal contact. As a result, the formation of a greater intensity of heat generation, which occurs under the action of high loads (static, dynamic) operation of the bearings, as a result of less heat removal from the contact zone.

For hinged sliding bearings with metal-polymer composite materials, one of the most important criteria for determining the limits of application of materials is the amount of stress that destroys the metal-polymer material. According to works [3, 4], it is related to temperature with a linear law. In addition, the authors of the works determined that with an increase in temperature, compressive compressive stresses decrease and their magnitude depends on temperature more intensively than the deformation of the metal-polymer material.

In metal-polymer hinged bearings, this is explained by the complex design of composite materials (PTFE and carbon reinforced fibers with the addition of solid lubricants in a matrix of another polymer or babbitt). When loaded under normal temperature conditions, the coating deforms like a viscoelastic material, since the stiffness of the polymer matrix and carbon fibers in the transverse direction is approximately the same. In this case, the strength of the coating is relatively high. As the temperature increases, the stiffness and strength parameters of the polymer amorphous matrix decrease quite sharply (its softening occurs), while oriented and much more thermally resistant carbon fibers practically do not change their properties. At the same time, PTFE with functional additives is squeezed between the fibers, and the deformation of the metal-polymer material is determined mainly by the stiffness of its reinforcing frame, rather than the matrix. The same picture occurs when working with a metal-polymer tape, but the reinforcing fibers in this case are babbitt material.

Thus, increasing the test temperature from 20 to 60°C affects polymer composite materials to a greater extent than metal-polymer tape. At this stage, a significant role in wear resistance is played by the material's ability to dissipate heat, which occurs in the contact zone from reversible sliding. It has also been established that the carbon fabric of the Fluroglide material can withstand a higher temperature than the babbit of the metal-polymer tape. The key role in the durability of articulated bearings that work in non-standard temperatures will be played by the selection of the design of composite materials and the polymer materials themselves for specific working conditions.

References

1. Khimko M.S. Development and modernization of a complex of installations for wear testing of metal-polymer composite materials for spherical sliding bearings. Problems of friction and wear. 2024. № 1 (102). P. 73-83.

2. Analysis of composite polymer materials for aviation articulated bearings / Khimko M.S., Klipachenko V.V., Filonenko O.Y. // XVII International scientific and practical conference "Integrated intelligent robotic and technical complexes» (IIPTK-2024), May 21st -22d of May 2024 Kyiv: NAU, 2024. – P. 121-123.

3. Kokhanovsky V. A., Glazunov D. V. A Lubricant for Rotaprint Lubrication of the Wheel–Rail System. Journal of Friction and Wear. 2020. Vol. 41, no. 6. P. 531–537. URL: https://doi.org/10.3103/s1068366620060100

4. Resource testing of modified plain bearings for the aviation industry / M. Khimko, A. Khimko, P. Mnatsakanov, O. Mikosyanchyk // Problems of tribology. – V/29, № 2/112-2024, P.16-22.

UDC 629.083

V.V. Shchepetov[1], O.V. Kharchenko[2], S.D. Kharchenko[1].
([1]General Energy Institute of NAS of Ukraine)
([2]National Aviation University, Ukraine)

Regulations of the formation of heat-resistant coatings at elevated temperatures

The choice of Cr–Si–B–MgC_2 composition is justified and its optimal composition for spraying wear-resistant coatings loaded with friction at high temperatures are justified. It is shown that the main influence on the properties, structure and stability of heterogeneous coatings is exerted by alloying elements at certain concentrations, as well as technological parameters of coating application.

Introduction

A characteristic feature of most parts of machines and mechanisms of energy facilities that work under conditions of high technological loads is the need to maintain performance at elevated temperatures. Among a number of indicators of operational factors, temperature occupies one of the main places and is an important characteristic of friction conditions, and the thermal processes that occur during this directly affect the formation of physical, chemical and mechanical properties of surface layers.

One of the modern technological methods that allows you to apply high-quality coatings, which significantly increase the service life of parts in conditions of friction at high temperatures, is detonation-gas spraying. The development of heat-resistant coatings that minimize friction parameters at elevated temperatures is one of the priority areas of modern tribotechnical materials science.

The purpose of the work is to summarize the results of theoretical and applied research on the tribological resistance of heat-resistant Cr-Si-B-MgC_2 coatings intended for the protection of machine parts operating under conditions of high-temperature friction.

Materials and methods

In this work, the patterns of friction and wear of coatings of the Cr–Si–B–MgC_2 system obtained by the detonation-gas method from powder materials of the resource-raw material base of Ukraine [1] were investigated. A coating with a thickness of 0.25–0.30 mm with a roughness of Ra=0.55–0.35 was applied on the modernized Dnipro-3 installation on ring samples made of steel 45 (sorbitol-trostite structure). The tests were carried out on a universal friction machine of the UMT-2 type at elevated temperatures (V=1.5 m/s, P=5.0 MPa).

X-ray phase analysis of coatings was carried out using a DRON-UM1 diffractometer in Co radiation (voltage 25 kV, current 15 mA). The structure was studied using a Camscan electron scanning microscope. The ZAF-4FLS program was used for chemical analysis of secondary structures. Metallographic research was performed on a MIM-8 microscope and a PMT-3 microhardness tester under a load of 0.5 N. The temperature was measured at a distance of 1-2 mm from the friction surface with chromel-drop thermocouples.

Results and discussion

Reasoned selection of the components of the Cr-Si-B-MgC_2 composition [2] meets the basic conditions of stable manifestation of structural adaptability and minimization of friction indicators. The choice of the optimal composition of coatings involves the assessment of the influence of components on the structure and properties [3]. The choice of raw material for chromium powder, which is a certified material, is due to the possibility of its stepwise alloying, especially elements with limited solubility [4].

The data of micro-X-ray spectral analysis of Cr-Si-B-MgC_2 coatings made it possible to classify the structure as a thin conglomerate (>75% of the volume), which consists of ultradispersed inclusions enriched with boron and carbides.

The characteristics of coatings are mainly influenced by the structure and phase composition of the surface layer and the surface films formed during friction. The test data, showing the functional dependence of the wear intensity of the coatings on the temperature near the friction surfaces, are presented in Fig. 1.

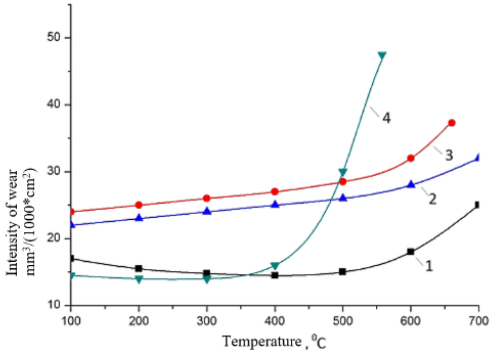


Fig. 1. Dependence of the intensity of wear of coatings: Cr-Si-B-MgC2 (1), Al2O3-Cr2O3 (2), Ni-Cr-Al-B (3), WC-Co (4).

It has been confirmed that the surface films shielding the adhesive interaction in the tribocontact zone have an ultradispersed structure and consist of a mixture of phases of the composite coating and the products of their interaction with air oxygen. According to their stoichiometric composition, they are a complex, difficult-to-activate complex in the form of a finely dispersed mixture of $Cr2O_3$, SiO_2, B_2O_3 oxides and complex phases such as silicide oxides $CrSi_2O_4$ and $SiCrO_2$ chromates, which under the conditions of contact pressures and temperatures that cause heat-resistant surface structures Thus, the formation of secondary structures is determined by the phase and chemical composition of the surface layer, with a microhardness of 10–21 hPa (at the initial 15±0.5 hPa). This is due to the influence of mechanical and thermal pulses, as well as the diffusion of alloying elements and atmospheric oxygen, which cause phase transformations, redistribution of structural components and changes during friction of the highly dispersed heterogeneous quasi-equilibrium wear-resistant structure. It should be noted that in terms of their structure, thin-film objects are close to dispersion-reinforced composite material. In fig. 2 presents an electronic

photograph of the surface structure of the coating. The nature of the distribution of dispersed inclusions is oriented in the direction of force effects during friction loading, which is a confirmation of the formation of wear-resistant surface structures by self-adaptation mechanisms.

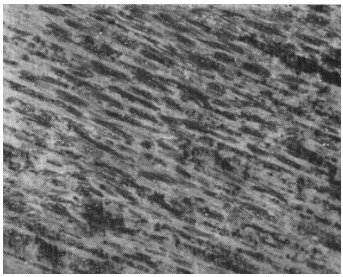


Fig. 2. Electron microscopic friction surface of the Cr-Si-B-MgC2 coating after testing at a temperature of 500°C: x20,000

Metallographic analysis of the samples shows that there are no visible damages on the friction surface, and individual sticking points arising under the given friction conditions are localized in the thinnest surface layers.

From the energy point of view, this transformation of secondary structures can be considered as adequate elementary mechanisms of adaptation of surface layers in the process of structural adaptability of the friction system.

As the temperature rises, the complex of surface phenomena intensifies, which is due to the distortion of crystal lattices during plastic deformation due to fluctuating stresses arising during friction. In addition, the appearance of point and multidimensional defects activate tribochemical reactions. As a result, when the critical temperature is reached, which for the tested coating (Fig. 1, curve 1) is ~700°C, destructive processes develop, which lead to the transition to unacceptable damage, with subsequent strengthening and possible destruction. A thin-film conglomerate of oxide phases, which prevents adhesive-molecular interaction of contact surfaces, is a complex object, the integral properties of which, in turn, depend on the individual properties of simple oxides. The microhardness of chromium oxide monotonically decreases as the temperature increases. At the same time, metastable chromium oxide CrO_3 at a temperature of ~350–400 °C turns into Cr_2O_3, which is evidenced by a change in microhardness. The formation of Cr_2O_3 is also accompanied by a decrease in volume. The microhardness of thermally stable boric anhydride gradually decreases up to the melting point.

The microhardness of the surface films, which are oxides of double spinel-type compounds, such as $MgO\text{-}Cr_2O_3$, $MgO\text{-}SiO_2$, $Cr_2O_3\text{-}SiO_2$, and $Cr_2O_3\text{-}B_2O_3$, monotonically decreases with increasing temperature; in addition, it can be assumed that spinels are prone to the formation of solid solutions with simple oxides of divalent and trivalent metals. It was established that the microhardness of $MgO\text{-}SiO_2$ magnesium silicates decreases at all temperatures if chromium is dissolved in them.

Conclusions

The composition, structure, tribo and heat resistance of Cr-Si-B-MgC_2 coatings obtained by gas-thermal methods from elements of the resource-raw material base of Ukraine were studied. High adhesion, physical and mechanical characteristics, heat resistance and wear resistance of such coatings when working at elevated temperatures correspond to similar properties of heat-resistant high-alloy alloys.

Oxide structures, carbides formed under conditions of high-temperature wear on the friction surfaces of detonation coatings, depending on the chemical composition, can be in different states. At elevated temperatures, the oxide structures enter a more stable state, which causes a change in their mechanical properties.

The temperature dependence of the microhardness of the surface structures is monotonic, but jumpiness is also observed if there are polymorphic transformations or transformations of metastable states into more stable and stable ones upon heating and cooling. Indicators of microhardness are uniform, because particles of inclusions and impurities are dissolved in the oxide structures, which significantly affect the microhardness, and therefore, the properties of oxides of both simple and complex compositions.

References

1. Patent No. 125777 of Ukraine. Composite wear-resistant material; C22C 27/06 Babak V.P., Shchepetov V.V., Kharchenko S.D. those others // Appl. from 01.06.2022; Bul. No. 22.

2. Variations in strain affect friction and microstructure evolution in copper under a reciprocating tribological load / S. Becker, K. Schulz, D. Scherhaufer et al. // Journal of Materials Research. – 2021. – 36. – P.970–981.Скороход, В.В., Уваріва, І.В., Рагуля А.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах. К.: Академперіодика, 2001, 180 с.

3. Residual Life of Metal Structures under Complex Dynamic Deformation Stresses / P. Louda, A. Sharko, D. Stepanchikov // Materials. – 2021. – 14. – P. 2090.Yu-Lei Zhang, He-Jun Li, Xi-Yuan Yao, et al. Oxidation protection of C/SiC coated carbon/carbon composites with Si-Mo coating at high temperature. Corrosion Science. 2011, v. 53, p. 2075-2079.

4. Microgeometrical characteristics of electrospark coatings in the initial state / V.V. Tokaruk, O.O. Mikosianchyk, R. G. Mnatsakanov, N.O. Rohozhyna // Problems of Tribology. – 2020. - V. 25, No 4/98. – P.33-39.

UDC 629.3:629.03:621.3(043)

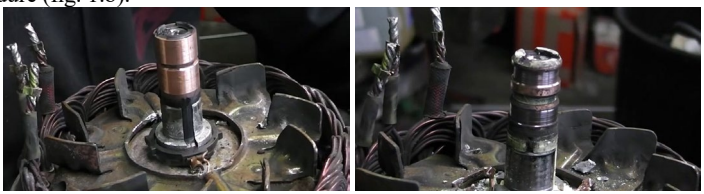
A.H. Dovhal, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Lifetime Improvement of Contact Brush Unit of Automotive Power Machines

A new approach of lifetime improvement of automotive power machines like an alternator or starter is proposed. The result of experimental research of improvement technique on laboratory specimens is provided.

Problem statement.

The automotive electric equipment involves the electric machines (starter, alternator) incorporating the brush unit (fig. 1.a) and hybrid drive vehicles as well. It is the friction joint of conducting copper and graphite brush [1]. Work efficiency and lifetime of these machines strongly depend on the contact quality and general state of this friction joint. Wear products of graphite and copper results in short-circuiting of the starter plated commutator thus reducing its performance during the ICE start procedure (fig. 1.b).



a) b)

Fig. 1. Typical wear defects of the alternator contact brush unit: a) – new contact ring commutator: b) – worn contact ring commutator

Research objective. Thus preset objective of this study is research of friction joint of brush unit "copper-graphite" under working current flow and technique of its superficial improvement.

Methods. For experimental purposes the samples of M1E electric conductive copper ГОСТ 859-2001 complying with ТУ 1276-003-38279335-2013 were fabricated in dimensions of hole disks 16×6×2,5 mm in order to provide the least friction contact area for experiment acceleration (fig. 2.a).

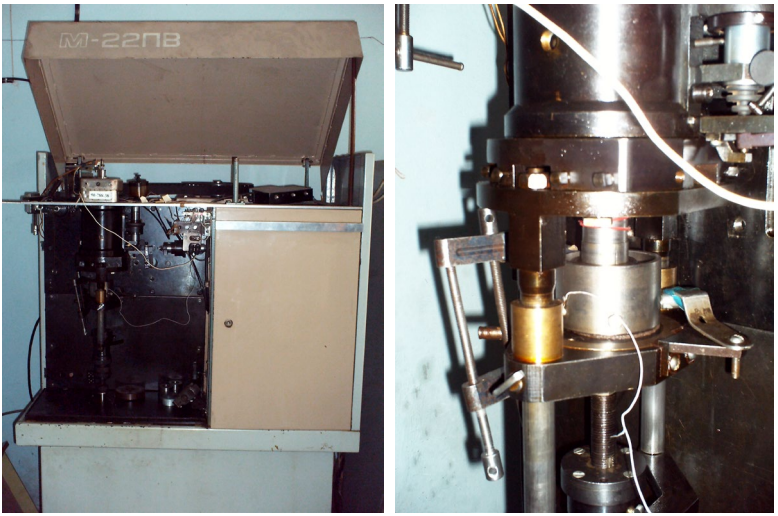


a) b)

Fig. 2. Experimental testing samples: a) – new just fabricated copper samples simmulating contact ring commutator: b) – real graphite alternator brush simmulating itself.

As the friction counterbody the conventional alternator brush (fig. 2. b) made of graphite ГЭ-1, ГОСТ 7478-75 was used. Copper samples were strengthened by electro-spark alloying using the unit ALIER-52 on 6-7 modes by aluminum electrode made of rod aluminum ГОСТ 15176-89. Electrospark alloying of copper-alluminium metals couple allows acquisition of different coatings using the direct and reverse polarity and particularity of mass transffer process [2].

The coated and uncoated samples were tested on the friction test bench M-22ПВ (fig. 3.) under "pin-on-shaft" layout. Conventional vehicle alternator brush unit has been used in a friction test bench, so the load was equal to brush spring force. Friction speed was about 1,5-2 m/s that complies the test bench shaft rotation speed about 2000-2400 rpm. In order to simulate the brush unit work the 24 V DC voltage was applied to friction contact and linear wear rate was detected.



a) b)

Fig. 3. Friction test machine М-22ПВ, allowing tests of insulated samples under current and in vacuum chamber as well: a) – general view: b) – view of friction unit.

Main research results. So uncoated samples have demonstrated the wear rate of 345,5 micrometers per kilometer, unlike coated samples that have the wear rate 81,8 micrometers per kilometer what is about 4,26 times improvement of electro erosive wear resistance. Unlike it the graphite brush has worsened the wear resistance, so together with uncoated sample graphite brush had the wear rate 52,2 micrometers per kilometer comparing with the coated sample 178 micrometer per kilometer, so the brushes will wear the 3,4 time faster than the coated ring of vehicle alternator under electro erosive wear voltage (fig 4. a and b).

In order to explain and improve the obtained tribotechnical behavior of copper sample with graphite under the electro erosive wear that models the friction

unit of ring-brush conductor of vehicle alternator the initial structure of copper, copper coating and friction surfaces were studied on the optical and electronic microscope. The strengthening phase in copper is the gamma-phase solid solution of aluminum in copper. It is well conductive for current and heat from the surface. Enriching the superficial content of aluminum the delta-phase solid solution of aluminum in copper, which hardness and melting temperature is less and bigger conductivity close to aluminum [3].



a)



b)



c)

Fig. 4. Experimental testing samples: a) – coated copper samples after testing: b) – uncoated copper samples after testing: c) – graphite brush after testing.

Conclusion. Thus the technique researched is suitable and can be recommended for improvement of brush units of vehicle alternators and starters, DC engines collectors for electric power vehicles, hybrid vehicles and quadracopters as well.

References

1. Carbon brushes for motors and generators. Technical Guide. Mersen's. 2020, 39 p.
2. M. F. Dmitrichenko, V. V. Varyuhno, A. V. Kulinich, A. G. Dovgal, and V. P. Koba, Extension of Resource of Power-Plants' Parts of Aviation Ground Equipment under Operating Conditions, Metallofiz. Noveishie Tekhnol., 39, No. 1: (2017) 69–81.
3. Andrii Dovhal Lifetime Improvement of Contact Brush Units of Automotive Power Machines. Book of Abstracts of 8th International Materials Science Conference HighMatTech-2023, October 2-6, 2023 Kyiv, Ukraine. p. 83.

УДК 539.4

С.Ю. Богдан, к.т.н., М.Р. Поліщук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Дослідження скінчено-елементних моделей волоконних шаруватих композиційних матеріалів

Розглянуто два типи об'ємних скінчено-елементних моделей, як тверде тіло з розбиванням на задану кількість шарів та як тіло у вигляді багатошарової оболонки з визначенням поверхні, з врахуванням складної структури дисперсних дво-направлених полімерних багатошарових композиційних матеріалів: епоксидного склопластика та епоксидного вуглепластика. Виконано порівняльний аналіз запропонованих моделей.

Вступ. Розвиток сучасних інформаційних технологій та застосування числових методів, переважно на основі методу скінчених елементів (МСЕ) і його модифікаціях, дозволяють розширити об'єм та напрямки досліджень, ставити системні задачі, пов'язані не тільки з аналізом роботи готових конструкцій і матеріалів, а також і з їх проектуванням, новими вимогами до характеристик композиційних матеріалів (КМ), враховуючи складніші умови їх експлуатації [1, 2]. Використання сучасних прикладних програмних комплексів дозволяє також відійти від розрахункових моделей в плоскій постановці, перейти до більш реальних об'ємних скінчено елементних моделей, враховувати в аналізі одно- та багатошаровість КМ, порівнювати розроблені підходи з отриманими експериментальними даними.

Побудова скінчено-елементних моделей волоконно-зміцнених композитів. Застосовуючи МСЕ в дослідженнях КМ використовуються два типи скінчено-елементних моделей: при одному – поведінка композиційного матеріалу розглядається як окремі елементи матриці та армуючого матеріалу з врахуванням особливостей їх з'єднання; при другому – матриця та армуючий матеріал вважається одним цілим. В основу запропонованої методики побудови розрахункових моделей покладено застосування другого підходу.

Для дослідження скінчено-елементних моделей розглядалися розрахункові схеми елементів, виконаних із двонаправлених полімерних волоконно-армованих багатошарових композитів (табл. 1), які отримували деформацію трьохточкового згинання (рис. 1) [4].

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики композитів

матеріал	напрям	E, ГПа	G, ГПа	ν	σ_u, МПа		τ_u, МПа	ρ, г/см^3
					+	-		
Склопластик епоксидний	*x, xy*	23,1	6,87	0,174	251	172	58	1,748
	y, yz	23,5	3,5	0,35	397	202	-	
	z, zx	3,15	3,5	0,35	75	130	-	
Вуглепластик епоксидний	*x, xy*	55,46	7,4	0,19	471	312	48	1,415
	y, yz	58,26	3,5	0,35	456	315	-	
	z, zx	3,15	3,5	0,35	75	130	-	

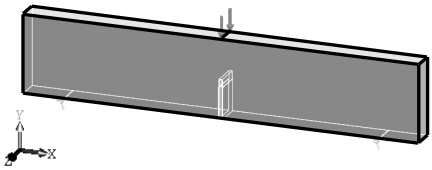
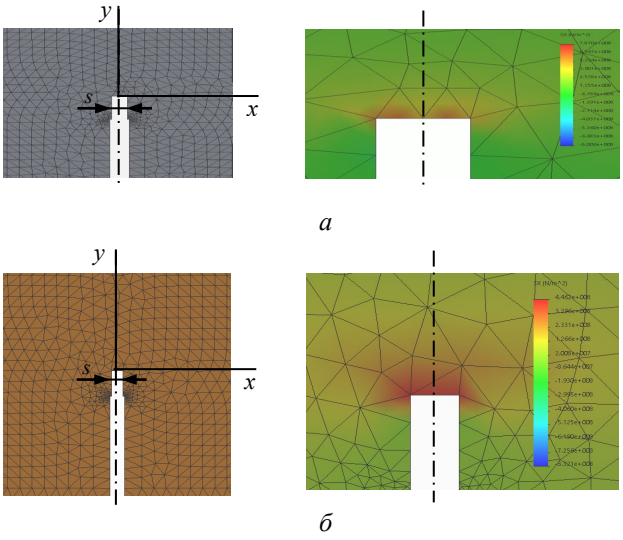


Рис. 1. Розрахункова схема тонкого зразка

Матеріал моделі задавався як складений з 33 шарів, симетричний, товщина крайніх шарів 0,319 мм, внутрішніх 0,302 мм, всі шари з одного матеріалу, із дзеркальною орієнтацією, з кутом розташування відносно шарів 0°, 90°. Розглядалися елементи як суцільні, так і з пошкодженням у вигляді бічної тріщини заданих розмірів. Для прискорення процесу руйнування та дослідження характеристик тріщиностійкості в зразках вводилася додаткова бічна тріщина шириною *s*, що збільшувала довжину початкової тріщини.

Для порівняльного аналізу розглядалися два типи скінчено-елементних моделей об'ємних елементів конструкцій із КМ: *A* – скінчено елементна сітка (СЕС) створювалася на твердому тілі з розбиванням його на задану кількість шарів; *B* – СЕС створювалася на тілі у вигляді багатошарової оболонки з визначенням поверхні.

На основі розроблених скінчено-елементних моделей виконано чисельний розрахунок напружено-деформованого стану шаруватого елемента. Розподіл інтенсивності напружень σ_x для СЕС типу *A* та типу *B* (рис. 2, *а*, *б*), відповідно.



а

б

Рис. 2. Скінчено-елементна модель в околі досліджуваного перерізу

Для знаходження більш точного розв'язку статичного дослідження моделей та їх удосконалення застосовувався адаптивний метод, в основу якого покладений принцип введення малих елементів в зонах з великою відносною похибкою та використання додаткових елементів у критичних зонах, вводилася покращена сітка більш точної геометрії критичних зон у кожному циклі розрахункового аналізу. Аналіз базувався на експериментальних даних характеристик тріщиностійкості (табл. 2), отриманих в результаті механічних випробувань зразків з надрізами, враховуючи два напрямки розташування основних волокон склопластику та вуглепластику, згідно ISO 13586 [4]. Досліджено чисельні показники граничного стану скінчено-елементних моделей зразка при його деформуванні, пошкодженні та руйнуванні, які порівнювалися з результатами експериментальних випробувань [3].

Таблиця 2

Характеристики тріщиностійкості композитів

Матеріал	Напрям	K_{1c}, МПа·м$^{1/2}$	Матеріал	Напрям	K_{1c}, МПа·м$^{1/2}$
Склопластик епоксидний двонаправлений	*x*, *xy*	19,744	*Вуглепластик епоксидний двонаправлений*	*x*, *xy*	36,384
	y, *yz*	31,584		*y*, *yz*	34,026

Висновки. Побудовано адаптовані трьохвимірні розрахункові моделі визначення напружено - деформованого та граничного станів для волоконно-зміцнених елементів шаруватих конструкцій із композиційних матеріалів, в тому числі при врахуванні пошкоджень у вигляді тріщини. Порівняльний аналіз показав можливість використання кожної з розроблених моделей для оцінки напружено-деформованого стану композиційних шаруватих елементів конструкцій, однак модель, що побудована на тілі у вигляді багатошарової оболонки з визначенням поверхні, дає можливість досліджувати вплив структури композита, змінюючи направленість волокон під довільним кутом; дозволяє враховувати кількість шарів, їх товщину, розташування при заданих характеристиках кожного шару композита; має суттєво меншу кількість вузлів та скінчених елементів, що дозволяє виконувати аналіз більш складних розрахункових схем при тих же витрачених ресурсах обчислювальних систем.

Список літератури

1. Комп'ютерні моделі конструкцій. А.С. Городецкій, І.Д. Євзеров. – К.: Факт, 2005. – 344 с.
2. С. Дарія Заде, Г.І. Львов. Чисельна методика визначення ефективних механічних характеристик однонаправлено армованого композита // Пробл. міцності. – 2015. – № 4. – С. 31 – 40.
3. ISO 13586. Plastics. Determination of fracture toughness (GIC and KIC). Linear elastic fracture mechanics (LEFM) approach. – Введ. 2000-03-21. – CEN: European Committee for Standardization, 2000. – 16с.
4. Astanin V.V., Bogdan S.Yu. Finite Element Model of Laminated Shells of Composite Materials // Strength of materials. – 2021. – Т. 53, 2. – С. 265 – 271.

УДК 629.7.048: 629.7.067.5: 621.565: 629.73

С.Д. Винничук, д-р техн. Наук
(Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова, Україна)

Система кондиціювання повітря та паливна система літака: проблемні питання активної модельної підтримки при їх проектуванні та сертифікації

Актуальною світовою проблемою сьогодення є створення моделей класу «Drive Engineering», тобто активною модельною підтримкою інноваційних розробок, інноваційних конкуренто-спроможних проектів. Визначено проблемні питання створення таких моделей для систем кондиціювання і паливних систем літака і представлено отримані результати.

Процес створення систем кондиціювання повітря (СКП) та паливної системи (ПС) літака можна представити такою послідовністю кроків:

К1. формування технічних вимог до системи з урахуванням льотних правил та нормативних документів;

К2. розробка (чи модифікація) проекту конструкторської документації;

К3 перевірка працездатності системи (її відповідності технічним вимогам) відповідно до створеного проекту конструкторської документації:

К3.1. на основі розрахунку,

К3.2. на основі наземних та льотних випробувань;

К4. якщо згідно результатів перевірки технічні вимоги не виконано, повернутися до п. К2.

Додатковою умовою розробки кількох варіантів системи є зниження установчої чи еквівалентної маси.

В залежності від якості результатів виконання кроку К3 можливими є такі варіанти:

В1. Розрахунок проводиться для кількох базових варіантів функціонування системи, де моделі процесів в системі потребують ідентифікації за результатами наземних та льотних випробувань. Якщо отримані результати відповідають технічним вимогам, то проводяться наземні (на стендах) чи льотні випробування (після розробки дослідного зразка літака).

В2. Розрахунок проводиться для багатьох варіантів режимів функціонування системи, включаючи аварійні, де моделі процесів в системі потребують ідентифікації за результатами наземних та льотних випробувань. Якщо отримані результати відповідають технічним вимогам, то проводяться наземні (на стендах) чи льотні випробування після розробки дослідного зразка літака.

В3. Розрахунок проводиться для багатьох варіантів режимів функціонування системи, включаючи аварійні, де моделі процесів в системі з достатньою точністю співпадають з результатами наземних та льотних випробувань, тобто моделі процесів не потребують додаткових робіт з їх ідентифікації. Тоді льотні випробування потрібні тільки для формального

підтвердження близькості результатів розрахунків та експериментальних даних, що потрібно при сертифікації системи.

Варіант В1 відповідає випадкам «ручного» розрахунку малого числа режимів, де гілки розрахункового графа системи задаються сумарними характеристиками для коефіцієнтів гідравлічного опору. Він затратний за часом та може потребувати значного числа модифікацій створюваного літака.

Варіант В2 – це розрахунки з використанням комп'ютерних моделей, де гілки розрахункового графа системи задаються сумарними характеристиками для коефіцієнтів гідравлічного опору, а для систем стисливої рідини можуть використовуватися коригуючи коефіцієнти, що враховують ефект стисливості. Варіант менш затратний за часом відносно В1, проте також може потребувати значного числа модифікацій створюваного літака.

Найбільш ефективним буде варіант В3. Проте його реалізація вимагає вирішення ряду проблемних питань. Перше з них.

П1. Встановлення відповідності між конструктивними елементами системи, визначеними в конструкторській документації, та елементами загальної моделі.

Якщо в результаті розрахунків на границях кожного з елементів буде визначено тиск та температуру, а також витрату через елемент, то це дозволить визначати проблемні місця в конструкції системи.

Довільна СКП чи ПС в конструктивному плані є сукупністю конструктивних елементів. Переважна більшість з них є типовими і для них існують відповідні математичні моделі гідравлічних та теплових процесів. Наявні окремі нетипові конструктивні елементи потребують формування моделей гідравлічних та теплових процесів на основі експериментальних даних чи аналогій з відомими моделями.

Через значну кількість конструктивних елементів в СКП чи ТС (сотні) недоцільно використовувати моделі на основі рівняння Нав'є – Стокса, оскільки складною є кожна з них, але набагато складнішою буде загальна модель. Крім того, моделі на основі рівняння Нав'є – Стокса на даному етапі їх використання забезпечують якісну характеристику процесів, але не завжди забезпечують достатню точність моделювання. Тому доцільним є використання моделей на основі гідравліки, оскільки гідравлічні процеси можна вважати квазістаціонарними. Тоді процеси моделі будуються на основі рівняння Бернуллі [1, 2], де параметром є коефіцієнт гідравлічного опору, а для системи стисливої рідини враховується ефект стисливості. Тоді загальна модель – це сукупність моделей конструктивних елементів в порядку їх з'єднань, де на границі двох сусідніх елементів співпадають значення тиску та витрати, а у вузлах (місця злиття чи розлиття потоків) виконуються умови законів збереження маси та енергії. В моделі процесів в СКП також можуть враховуватися витрати повітря через нещільності. Постановка задачі з розрахунку розподілу потоків для таких моделей породжує кілька нових проблем.

П2. Формування граничних та початкових умов при потребі аналізу значного числа режимів функціонування системи.

П3. Визначення умов та способів гарантованого отримання рішення.

Формування граничних та початкових умов пов'язана зі значною кількістю даних, які необхідно задати. Для зменшення обсягу інформації щодо граничних умов нами пропонується використовувати не самі значення тиску і температури, а їх ознаки: стосовно тиску – це значення повного чи статичного тиску, а для температури – значення температури навколишнього середовища чи температури заторможеного потоку. Всі ж фактичні дані щодо тиску та температури отримуються за даними про висоту, швидкість польоту та відхилення температури від стандартної атмосфери. Дані ж про фіксовані витрати можна задавати аналогічним чином на основі сформованих даних по профілю польоту.

Вирішення проблеми значної кількості початкових даних може бути вирішена на основі алгоритмів, представлених в роботі [3], де можливим є варіант, коли всі початкові дані формуються виключно на граничних даних. Проте в такому випадку отримані початкові дані щодо витрат будуть далекими від рішення, що вимагає розробки методів гарантованого його отримання.

Питання гарантованості отримання рішення розглядалося в роботах [4, 5] , де запропоновано загальну модель представляти як дворівневу: нижній рівень – це система рівнянь потокорозподілу де зміна тиску на елементах системи є квадратичною чи лінійною функцією, а коефіцієнти визначаються в моделі верхнього рівня. При такому підході для моделі нижнього рівня є можливість скористатися напрацюваннями, представленими у багатьох відомих роботах (див., наприклад, [6, 7]).

Процес підбору коефіцієнтів для моделі нижнього рівня є ітераційним. Його збіжність доведено для випадку монотонно зростаючих значеннях різниці тиску між входом і виходом елемента (дивлячись в напрямку потоку) при рості витрати. В загальному ж випадку теоретичне обґрунтування можливості гарантованого отримання розв'язку потребує подальших досліджень. При практичних розрахунках потокорозподілу описані в [5] алгоритми забезпечили збіжність ітерацій для всіх варіантів систем підготовки повітря та розподільчих мереж СКП та режимів їх функціонування.

Для паливних систем літака важливим є розрахунок розподілу потоків по профілю польоту, для чого для довільного створюваного літака бажано отримати теоретичний профіль польоту (висота, МАХ польоту та витрати палива двигунами за часом) в залежності від завантаження літака, з достатньою точністю близького до фактичного, отримуваного при льотних випробуваннях. Це також важливо при визначенні температури палива та паливо-повітряної суміші в баках в ході польоту, що необхідно для оцінки займистості палива при сертифікації ПС [8].

На основі отриманих теоретичних результатів було розроблено ряд комп'ютерних моделей.

Комп'ютерний застосунок «СЕТЬВЭ» забезпечує розрахунок потокорозподілу для розподільчих мереж СКП. Похибка розрахунку витрат через елементи, як правило, не перевищує 2-3% , а температури – 5-7%. Загальна математична модель формується як послідовність типових елементів в гілках розподільчої мережі, а розрахунковий граф задається списком

інциденцій. Розробка впроваджена та багато років використовується на АТ «АНТОНОВ». Загальна модель не потребує додаткового налаштування (ідентифікації) за результатами льотних випробувань та може бути джерелом даних при сертифікації.

Комп'ютерний застосунок «SPV_AN» забезпечує розрахунок потокорозподілу для систем підготовки повітря. До числа елементів загальної моделі додатково включено первинний теплообмінник та регулятор надлишкового тиску. Первинний теплообмінник представлений в розрахунковій моделі двома гілками, що відповідають його лініям. Граничні умови включають дані про тиск і температуру повітря, що відбирається від ступені компресора двигуна. Похибка розрахунку витрат через елементи, як правило, не перевищує 3-5%, а температури – 5-7%. Загальна математична модель формується як послідовність типових елементів в гілках розподільчої мережі, а розрахунковий граф задається списком інциденцій. При моделюванні процесів в теплообміннику використовується модель, описана в [9]. Розробка впроваджена та використовується на АТ «АНТОНОВ».

Проводяться роботи зі створення комп'ютерних моделей для розрахунку потоків стисливої та нестисливої рідини в магістралях та баках паливної системи літака та системі наддуву. Запропонована математична динамічна модель теплових та гідравлічних процесів в баках паливної системи літака. В рамках господарського договору виконуються роботи з оцінки займистості палива в центропланному баку паливної системи АН-178.

Висновки

Створення моделей класу «Drive Engineering» - активної модельної підтримки інноваційних розробок, інноваційних конкуренто-спроможних проектів є актуальною проблемою сьогодення. Представлений тут варіант способу їх створення для систем кондиціювання повітря та паливних систем літака не представляється як універсальний підхід до вирішення проблеми. Проте, надіюся, може бути корисний для розробників таких моделей.

Список літератури

1. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах. – Москва: Машиностроение, 1967. 352 с.
2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика (издание третье, переработанное и дополненное)// М., "Наука", 1969г., 824 стр. с ил.
3. Винничук С.Д. Автоматизоване формування початкового розподілу невідомих витрат, тисків та температур в розподільних мережах стисливої рідини з деревовидним графом. // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. праць вип.76.–Київ: ІПМЕ ім. Г.Є.Пухова НАН України, 2016. – С. 3-10.
4. Кондращенко В.Я. Винничук С.Д., Федоров М.Ю. Моделирование газовых и жидкостных распределительных систем. - Киев: Наукова думка, 1990. -184 с.
5. Винничук С.Д. Методы и алгоритмы решения задач анализа, проектирования и управления распределением потоков в гидравлических

распределительных системах: Дисс… д-ра техн. наук: 01.05.02. Київ, 2006. 305 с.

6. Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Стройиздат, 1990. 368 с.

7. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. Москва: Наука,1985. 280 с.

8. Винничук С.Д. Математична динамічна модель теплових та гідравлічних процесів в баках паливної системи літака. / Електрон. моделювання, 2022, 44, № 6, с. 3-20. DOI: https://doi.org/10.15407/emodel.44.06.003

9. Винничук С.Д., Шестаков А.А., Чирва А.А. Идентификация параметров модели тепловых и гидравлических процессов в перекресноточном теплообменнике, основанной на аналоги между термическими и гидравлическими сопротивлениями. / Електронне моделювання – т.40, № 4. – 2018. - С. 65 – 82.

UDC 621.7937:005

V.I. Liubushkin, O.B. Zagorodny, V.Yu. Bozhanova, Doct. of Econ. Sc., O.Ye. Kononova, Doct. of Econ. Sc., A.V. Liubushkina
(Ukrainian State University of Science and Technologies Educational and Scientific Institute «Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture», Ukraine)

Relevant issues in production management for manufacturing gas turbine engine burner segments using removable models

Production management within the aerospace sector necessitates technological advancements for manufacturing and repairing gas turbine engines (GTEs). A novel thermal protection composite material in powder form has been developed to coat gas turbine combustion chambers. Its thermotechnical properties have been defined and tested.

Addressing the thermal protection of gas turbines from high-temperature conditions during their production has consistently been a priority in production management for companies involved in manufacturing and repairing aviation engines. The burner segments of gas turbine engines operate under extreme conditions, with temperatures ranging from 800 to 1800 °C and gas flow velocities up to 50 m/s. Such operational environments necessitate the development of materials capable of withstanding these temperatures. Ceramic composite materials (CCMs) [1–2] are particularly suited.

Consequently, a management decision was made to focus research on developing a new technology for producing CCMs. This decision was based on the need to enhance the thermal resistance of CCMs for extended operational life (10,000 hours) at temperatures between 800 and 1800 °C in the manufacturing of core components.

Production management involves organizing business processes that include: engineering design, laboratory research, and testing, among others. Preliminary testing was conducted on ceramic composite materials based on oxide-oxide systems, which produce spinels with thermal resistance superior to that of pure oxides, as well as carbide-oxide systems, where oxides enhance the thermal stability of the carbides.

The thermal resistance of the coatings was evaluated by measuring the weight change of the sample after exposure to a temperature of 1000 °C for 5 hours. This cycle was repeated three times.

It was determined that mechanical mixing of the components of ceramic composite materials did not achieve uniform distribution within the mixture or coating. More promising were sol-gel technologies, where the starting components were metal oxides. These metals, when dissolved, precipitate as oxides onto powders of carbides or borides through redox reactions.

By integrating production and operational management methods with previous scientific advancements and the expertise of specialists in the field, a technology was developed in the plasma technology laboratory for producing

ceramic composite materials (CCM) capable of sustained operation (10,000 hours) at temperatures between 800 and 1800 °C.

The following technological operations (business processes) were involved:

– preparation of new powder compositions from refractory materials;
– manufacturing of removable models of components;
– plasma spraying of powder materials onto the removable models;
– removal of models from the sprayed components;
– sintering of the resulting CCM components;
– mechanical assembly of CCM components for use.

For the production of the core component based on the model, a composite ceramic powder of Al_2O_3 + 10% Cr_2O_3 was selected. This powder was sprayed onto a pre-fabricated model using standard plasma installation operating modes. The applied current was 392-395 A, voltage 70-72 V, with plasma-forming gas flows of nitrogen/argon at 15/15 L/min and a powder feed rate of 50 g/min, achieving an efficiency of 91%.

Models for spraying were manufactured from steel, aluminum, and ceramics. The laboratory tested two types of models:

1. Steel models (Fig. 1);
2. Models made from aluminum alloy. (Fig. 2).

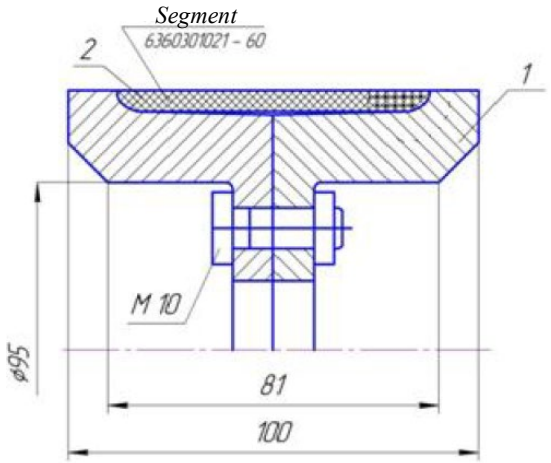


Fig.1. General view of the model of the steel for the cortical parts by spraying 1 - model 2-sprayed coating.

Model Fabrication:

1. First Option: The model was made as a removable fixture. After achieving the desired coating thickness (4.5-5.0 mm), the model was removed, leaving behind the core component.

2. Second Option: The model was constructed as a solid piece from an aluminum alloy. After spraying, the aluminum was etched away to reveal the core

component, which was then subjected to further mechanical processing, including grinding.

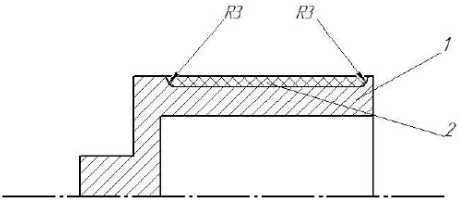


Fig.2. General view of the model from aluminum alloy (1) with the deposited layer (2)

The second option is preferred because it allows for complete spraying of the side surfaces with radius R3, eliminating the formation of voids.

Properties of the ceramic composite material (CCM) Al_2O_3 + 10% Cr_2O_3:

The properties of the ceramic composite material (CCM) Al_2O_3 + 10% Cr_2O_3 are detailed in Table 1. The material's strength was evaluated through compression tests, and its thermal stability was assessed under heating conditions ranging from 800 to 1800 °C.

Table 1

The properties of the ceramic composite plasma coatings

Composition of the Coating	Compressive strength, kgf/mm²		Thermal stability, 1800 - 800°C (cycles)	
	Before annealing	After annealing		Before annealing
Al_2O_3+10%Cr_2O_3	12,1	131,1	2550	11200

The analysis of the data in the table indicates that both the compressive strength and thermal stability of the ceramic composite material (CCM) significantly improve after annealing.

The general appearance of the plasma-sprayed blank of Al_2O_3 + 10% Cr_2O_3 CCM, with a wall thickness of 4.5 mm, before mechanical processing is shown in Figure 3.

Thus, a pressing issue in production management has been resolved: the feasibility of manufacturing a core component using an aluminum alloy model with the developed ceramic composite material (CCM) Al_2O_3 + 10% Cr_2O_3 has been demonstrated.

Scientific Novelty: The primary scientific contribution of this work is the development of a new thermal protection composite material for coating the combustion chambers of gas turbine engines. This was achieved through the application of organizational methods of production management within aerospace manufacturing. The thermal and technical properties of the new CCM have been defined.



Fig. 3. General view of the cortical parts on the aluminum model

Practical Significance: The newly developed CCM has been employed in the formation of core components via plasma spraying during the manufacture of gas turbine engine burner segments. These components are undergoing industrial testing at Motor Sich JSC, demonstrating the importance of applying organizational production management methods.

The composition of the ceramic composite material for thermal protection has been determined based on maximum heat resistance requirements, and a plasma spraying technology for application onto a metallic model to produce the core component has been developed. As a result, the problem of thermal protection for gas turbines during their manufacture has been effectively addressed, benefiting companies involved in the production and repair of aviation engines.

References

1. A.A. Kovalevskyy. (1979). Yzhotovlenye tekhnolohycheskoy osnastky s prymenenyem metoda plazmennoho napylenyya. Ryha. LatNYYNTY.

2. O.V. Zaytsev. (2008). Rozrobka materialiv dlya zakhystu detaley aviatsiynykh dvyhuniv vid vysokotemperaturnoyi eroziyi. Dys. Na zdobuttya st. k.t.n., Dnipropetrovs'k, 2008.

UDC 621.181.7

K.I. Kapitanchuk., PhD. Sc. Science
M.P. Andriyishyn, PhD. Sc. Science
(National Aviation University, Ukraine)
S.A. Yakymchuk, Senior Design Engineer
(Ventilation system, Ukraine)

Design and experimental research of a centrifugal fan with backward-curved blades

An experimental study of the characteristics of a centrifugal fan with backward-curved blades of two types: with open and closed impellers is presented. Practical recommendations for developers and designers of centrifugal fans have been developed

The centrifugal fan is one of the most demanded devices for delivering compressed air in large volumes at the required pressure. The design is optimized for continuous air movement in any necessary quantity, making centrifugal compressors widely used across various economic and industrial sectors. Their versatility and reliability, combined with a carefully designed construction, enable their use in enterprises around the world [1, 2].

The design of the centrifugal fan is shown in Fig. 1.

Key advantages of the equipment include: high efficiency, absence of lubrication in the compressed air, operational safety, low maintenance costs, long service life, minimal operational noise, compact size, and the ability to operate continuously for extended periods, among others [2-4].

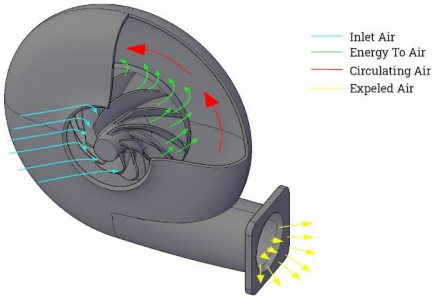


Fig. 1. Design of the centrifugal fan. Source: IQS Directory

This study aims to create a solid model of the impeller of a centrifugal fan with backward-curved blades of two types: with open and closed impellers, and to compare their pressure characteristics.

Flow modeling was carried out using numerical experimentation. The Navier-Stokes equations were closed using the SST Menter turbulence model (based on the selection and justification of numerical experiment parameters mentioned above).

The computational mesh is unstructured, with boundary layer adaptation. The

created models are shown in Fig. 2 and Fig. 3.

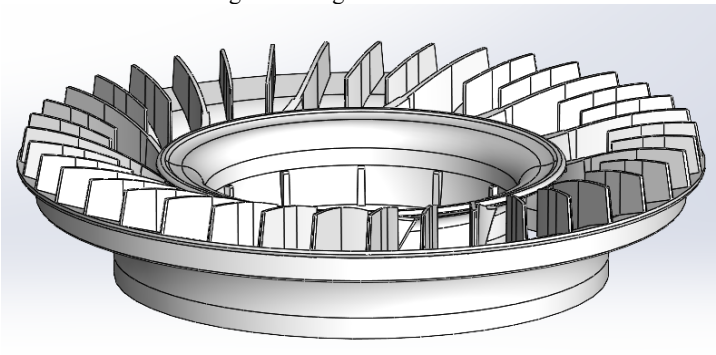


Fig. 2. Model of the centrifugal fan impeller with backward-curved blades and an open impeller

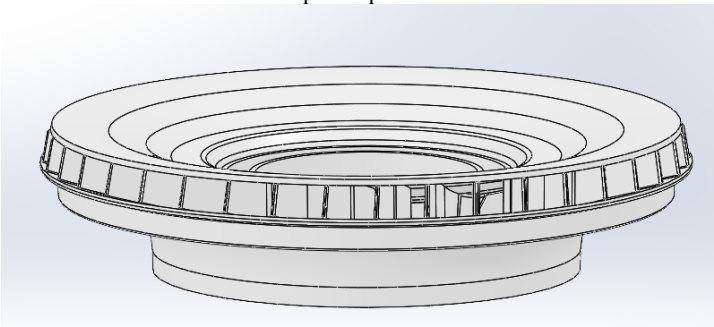


Fig. 3. Model of the centrifugal fan impeller with backward-curved blades and a closed impeller

The experimental part of the study was conducted on a test stand, shown in Fig. 4.

It complies with the requirements of the ANSI/AMCA 210-07 ANSI/ASHRAE 51-07 standard, «Laboratory Methods of Testing Fans for Certified Aerodynamic Performance Rating», with some differences in the measurement equipment.

The standard uses measuring nozzles with a measurement range of 0…1800 m^3/h to determine the air flow rate [5-7].

Figs. 5-7 show the dependencies of static pressure, power consumption, and efficiency of the centrifugal fan with backward-curved blades on air flow rate. The research results highlight differences in the efficiency and performance of these models.

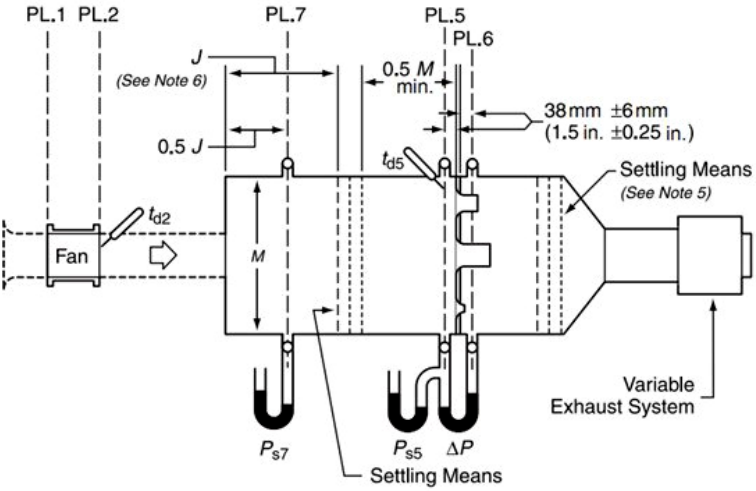


Fig. 4. Schematic diagram of the test stand according to ANSI/AMCA 210-07

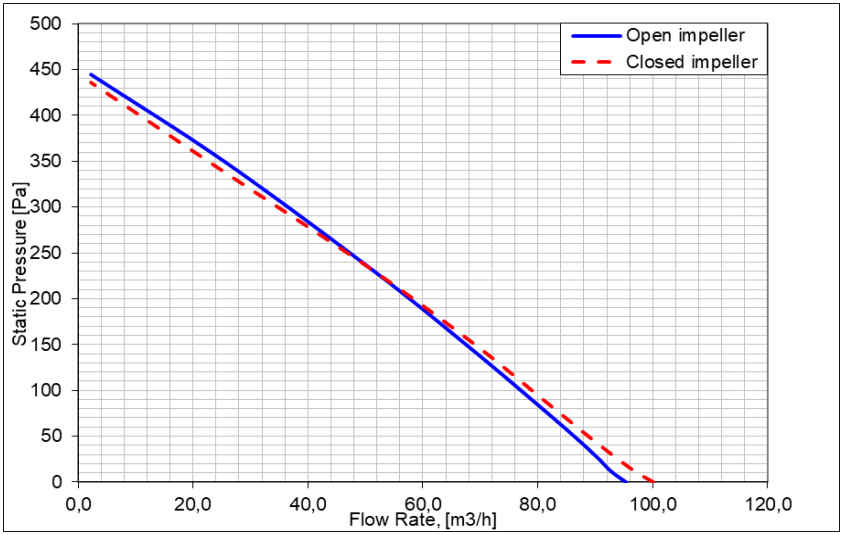


Fig. 5. Dependency of static pressure of the centrifugal fan with backward-curved blades on air flow rate

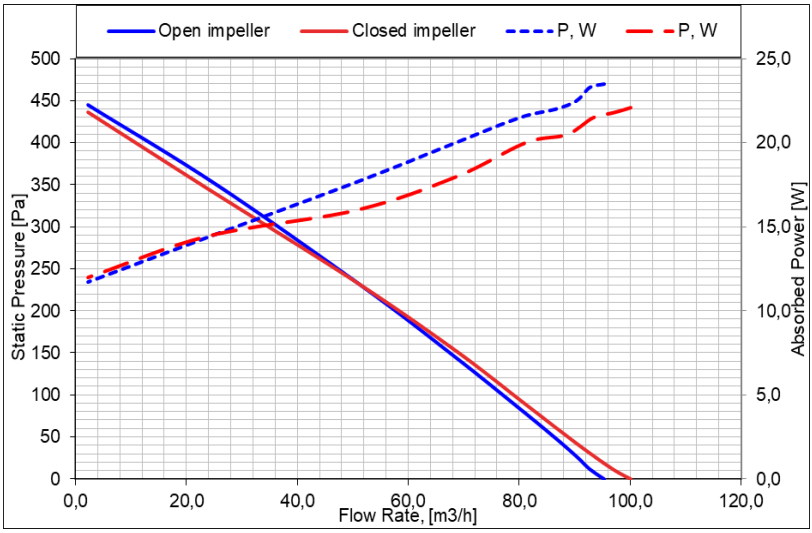


Fig. 6. Dependency of static pressure and power consumption on air flow rate

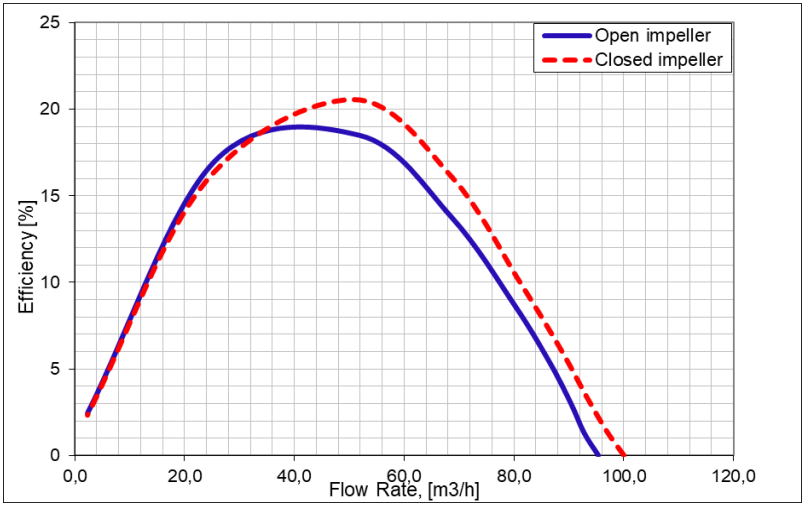


Fig. 7. Dependency of the efficiency of the centrifugal fan with backward-curved blades on air flow rate

The model of the fan with an open impeller showed that as power consumption increases, the air volume rises and reaches a maximum value of 95,3 m^3/h at a power consumption of 23,5 W.

With further increases in power consumption, the performance decreases due to rising pressure. The efficiency of the fan with an open impeller increases with power consumption, reaching a maximum of 18,50 % at a power consumption of 17,8 W. High efficiency is observed at moderate levels of power and pressure. As pressure increases, efficiency significantly decreases. The highest efficiency is achieved at moderate pressure, indicating that open impellers perform better under average pressure conditions.

The model with a closed impeller shows that the air volume is significantly greater at the same power levels, reaching a maximum of 100,1 m^3/h at a power consumption of 22,1 W. This indicates more effective air circulation in this design.

The efficiency of the closed impeller model increases with power consumption, reaching a maximum of 20,57 % at a power consumption of 16,0 W.

This model exhibits higher efficiency at all power levels compared to the open impeller model. The closed impeller model shows less decrease in efficiency at high pressures compared to the open impeller model, suggesting that closed impellers better retain airflow while maintaining high performance.

References

1. Нагнітачі природного газу: підручник / М.С. Кулик, К.І. Капітанчук, М.П. Андріїшин. – К.: НАУ, 2022. – 228 с.
URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/55906

2. Підвищення ефективності вентиляційних установок ежекторного типу / П.І. Греков, К.І. Капітанчук, Л.Г. Волянська, В.Є. Алпатов // Промислова гідравліка і пневматика. – 2005. – №4(10). – С. 45-49.
URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39938

3. Construction of a compressor stage blade row according to the Gasdinamic calculation / М.Ю. Богданов, П.І. Греков, К.І. Капітанчук, І.О. Ластівка // Наукоємні технології. – 2012. – №1(13). – С. 5-8. DOI: 10.18372/2310-5461.13.5009

4. Визначення ефективності роботи газоперекачувального агрегату компресорної станції за даними її експлуатації / М.П. Андріїшин, К.І. Капітанчук, Н.М. Андріїшин // Наукоємні технології, №1 (49). – 2021. – С. 49–56.
DOI: 10.18372/2310-5461.39.13097

5. Теорія газотурбінних установок і компресорів: лабораторний практикум / уклад.: П.І. Греков, К.І. Капітанчук, І.Ф. Кінащук та [ін.] – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ–друк». – 2009. – 80 с.
URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/40061

6. ANSI/AMCA 210-07. Laboratory Methods of Testing Fans for Certified Aerodynamic Performance Rating. American National Standards Institute, 2007.

7. ANSI/ASHRAE 51-07. Laboratory Methods of Testing Fans for Certified Aerodynamic Performance Rating. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2007.

УДК 621.51. 004

М.П. Андрійшин, канд. техн наук, К.І. Капітанчук, канд. техн. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)
Пащенко Сергій Валентинович
(ТОВ «Оператор ГТС України»)

Дослідження можливості переоснащення компресорної станції газопроводу для генерації електроенергії

Представлено можливості переоснащення компресорної станції газопроводу для генерації електроенергії шляхом використання мобільних високоманеврових мініелектростанцій

Станом на початок 2022 р. загальна потужність електрогенерації в Україні досягала 34 ГВт, а саме: атомних електростанцій – 14 ГВт, гідроелектростанцій – 5 ГВт, гідроакумулювальних – 1 ГВт, теплоелектроцентралей та станцій на біопаливі – 6 ГВт, вітрових електростанцій – 2 ГВт, сонячних – 6 ГВт [1].

Повномасштабне вторгнення Росії та цілеспрямовані удари по об'єктах енергетики призвели до значних руйнувань та ослаблення української генерації. Зокрема, вже 4 березня 2022 р. було захоплено найбільшу у Європі Запорізьку АЕС (6 ГВт або 42 % усієї атомної генерації країни. Вуглегірську ТЕС (3,6 ГВт) у Донецькій області з 25 липня 2022 р. окуповують російські війська.

Після ракетної атаки 11 квітня 2024 р. по Трипільській ТЕС (3,2 ГВт) компанія Центренерго втратила 100% своїх потужностей генерації електроенергії. Раніше вона втратила Зміївську ТЕС (2,175 ГВт) в Харківській області після удару 22 березня 2024 р.

Унаслідок руйнування цієї теплоелектроцентралі Харків втратив основні потужності генерування теплової та електричної енергії. 22 березня 2024 р. від ракетних ударів на Ладижинській ТЕС (1,8 ГВт) постраждали всі енергоблоки, а на Бурштинській ТЕС (2,3 ГВт) знищено всі енергоблоки [1].

11 квітня 2024 р. Росія атакувала керованими авіаційними бомбами Сумську ТЕЦ, а 22 березня 2024 р. кремль вдарив по найбільшій в Україні Дніпровській ГЕС (1,5 ГВт). 6 червня 2023 р. росіянами було підірвано Каховську ГЕС (0,35 ГВт), що викликало, серед іншого, наймасштабнішу екологічну катастрофу. Були атаковані і частково зруйновані Дністровська ГЕС (0,7 ГВт) та Канівська ГЕС (0,4 ГВт).

Таким чином, загальні втрати генерації електроенергії станом на кінець літа 2024 р. орієнтовно складали 24 ГВт. Теоретично вцілілими потужностями залишились ті, що генерують лише близько 10 ГВт, з яких значна частина це сонячні електростанції, які не дадуть необхідних обсягів генерації взимку. Це призводить до суттєвого дефіциту електроенергії та масових відключень.

Один з кроків, який дозволить швидше долати наслідки атак, це створення альтернативної розподіленої мобільної генерації із застосуванням генераторів, газопоршневих та газотурбінних електростанцій порівняно малої потужності.

Для побудови останніх з метою економії часу та коштів за основу має сенс взяти вже існуючу інфраструктуру українських підприємств, особливо якщо така структура на даний час вже не використовується за призначенням, але потребує витрати коштів на охорону і утримання існуючого обладнання. Для установки газогенераторів необхідно дотримання декількох умов, серед яких наявність відповідного виробничого майданчика, можливість підключення до розподільних високовольтних електромереж та газопроводу високого тиску. Здебільшого, таким умовам відповідають промислові майданчики компресорних станцій (КС) газотранспортної системи (ГТС) України.

Україна має одну з найбільших, найпотужніших і найрозгалуженіших ГТС у світі, що функціонує для забезпечення природним газом внутрішніх споживачів та транзиту газу у країни Європи, експлуатацією та технічним обслуговуванням якої займається ТОВ «Оператор ГТС України» [2-9].

Товариство має 57 промислових майданчиків по всій країні, де експлуатує 87 компресорних цехів, на яких працює 530 газоперекачувальних агрегатів (ГПА), серед яких 21 тип газотурбінних ГПА та 4 типи електропровідних загальною потужністю 4658,5 МВт (з газотурбінним приводом - 370 од., з електричним - 145 од.).

Для можливості генерації електроенергії можна розглянути щонайменше два варіанти переоснащення КС, кожен з яких має свої переваги і недоліки:

1. Встановлення готових газогенераторів, які по суті складаються з газотурбінної установки (ГТУ) і генератора електроенергії.

2. Використання ГТУ існуючих ГПА, експлуатація яких недоцільна у майбутньому, із встановленням генератора електроенергії замість нагнітачів.

Відповідно першого варіанту розглянемо мобільні газогенератори з газотурбінним приводом на прикладі газогенератора General Electric TM2500, стислі характеристики якого надано в [10], а зовнішній вигляд якого показано на рис.1.



Рис. 1. Зовнішній вигляд General Electric TM2500

Мобільні ГТУ призначені для забезпечення швидкого та надійного енергопостачання у місцях дефіциту електроенергії, особливо у випадках стихійних лих та надзвичайних ситуацій. Виконання на шасі дозволяє організувати відносно швидке перевезення у необхідне місце, невеликі габарити контейнера дозволяють доставляти установку в будь-яку точку планети суходолом, морем або повітрям. При використанні в стаціонарному вигляді необхідна незначна підготовка майданчика під установку, не потрібно фундаменту, бетонної плити та іншого дорогого монтажу.

TM2500 заснована на технології, що лежить в основі реактивного двигуна CF6 GE, який приводить в дію Boeing 747 і Airbus A310. Двигун забезпечує швидкість, ефективність і надійність літака. Після встановлення він може вмикатися та вимикатися всього за п'ять хв., забезпечуючи аварійне реагування та зменшувати витрати палива. Крім того, TM2500 підтримує водень із здатністю спалювати до 85% суміші H_2 [11].

При проектуванні встановлення газогенератора потрібно враховувати такі особливості:

- місце розташування: необхідно знайти відносно рівну ділянку на проммайданчику КС у відповідності до габаритів всіх модулів TM2500, не зайняту іншим обладнанням і спорудами, на якій буде можливість безперешкодного доступу для обслуговування газогенератора не заважаючи іншим виробничим процесам КС;

- підключення паливного газу: TM2500 необхідно встановлювати якомога ближче до точки підключення відбору паливного газу з урахуванням можливості прокладання газопроводу подачі до газогенератора. Точка підключення має бути вибрана з урахуванням вимог до паливного газу та можливості роботи газогенератора при відключенні компресорної станції від магістрального газопроводу.

- підключення до високовольтних розподільчих електромереж: при розташуванні на проммайданчику TM2500 також потрібно враховувати необхідність з'єднання з місцевими електромережами для передачі згенерованої електроенергії [10].

Розглянемо типову схему енергопостачання компресорних станцій. Електропостачання КС (рис.2) здійснюється від зовнішніх електромереж по повітряно-кабельним лініям 2 від знижувальної підстанції 35-110/10 кВ. Для прийому та розподілу електроенергії будується закритий розподільний пристрій (ЗРУ-10 кВ) з масляними чи повітряними вимикачем 10 кВ на 2 секції із секційним вимикачем.

Секційний вимикач 5 автоматично включається при відключенні будь-якої з ліній живлення 2 з витримкою часу 1...3 с. Від ЗРУ-10 кВ заживлені понижуючі трансформатори 10/0,4 кВ 7 потужністю 400-1000 кВ•А (залежно кількості встановлених турбоагрегатів). Від понижувальних трансформаторів 10/0,4 кВ через вступні автомати 0,4 кВ 8 заживлений головний щит 0,4 кВ, що складається з 2 секцій. Секційний автомат 0,4 кВ (9) включається автоматично при втраті напруги на секції з витримкою часу 2...4 с.

Отже, для реалізації передачі виробленої електроенергії необхідне підключення до розподільчої мережі 35-110/10 кВ перед понижуючою підстанцією, для чого необхідно передбачити трансформатори підвищення напруги, високовольтні лінії електропередач (якщо неможливо використовувати існуючі) і відповідне устаткування.

Відповідно другого варіанту переоснащення КС - використання ГТУ існуючих ГПА з встановленням генератора електроенергії замість нагнітача, пропонується використовувати конвертований судновий двигун ДН80 виробництва ДП НВКГ «Зоря»-«Машпроект», який експлуатувався у складі ГПА-25С на декількох КС [6].

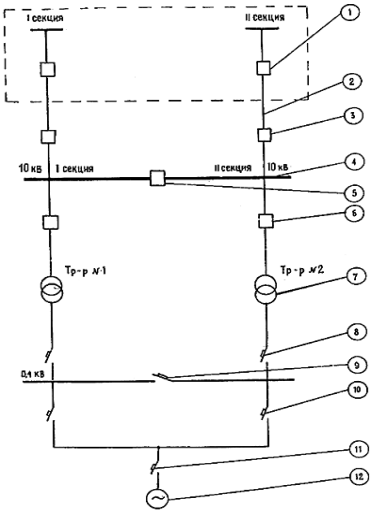


Рис. 2. Схема електропостачання газотурбінної КС:
1 - знижувальна підстанція зовнішніх електромереж 35-110/10 кВ;
2 – повітряно- кабельна лінія 10 кВ;
3 - вхідний вимикач ЕРУ-10 кВ;
4 – секція шин ЗРУ-10 кВ;
5 – секційний вимикач 10 кВ;
6 – вимикач 10 кВ трансформатора;
7 - трансформатор понижуючий 10/0,4 кВ;
8 - вхідний автомат 0,4 кВ;
9 – секційний автомат 0,4 кВ;
10 - контактор 0,4 кВ введення від дизель-електростанції (ДЕС).;
11 – автомат 0,4 кВ ДЕС;
12 –ДЕС

Модифікація ДГ80 використовується у складі електростанцій ЕГ-25000 виробництва ПрАТ «ПІВДЕНТРАНСЕНЕРГО». Отже, є можливість переобладнання ГПА на електростанції шляхом часткової модернізації ГТУ з під'єднанням до силової турбіни генератора замість нагнітача як навантаження.

Недоліками даного варіанту можна вважати відсутність аналогічних пропозицій на ринку, а також подібного досвіду у минулому, що може значно збільшити вартість переобладнання та час, який необхідний для розробки та затвердження проектів, виробництва та закупівлі обладнання та ін. Значне напрацювання існуючих ГТУ та знаходження у простої протягом останніх років може негативно вплинути на надійність роботи побудованих на їх базі електрогенеруючих потужностей в майбутньому.

Висновки

Встановлення високоманеврових мініелектростанцій цілком вкладається у стратегічні плани України з розвитку розподіленої генерації та може значно покращити ситуацію з дефіцитом електроенергії вже цієї зими. В європейських країнах саме газова генерація використовується для покриття пікових навантажень та балансування (поруч із системами накопичення) нестабільних відновлюваних джерел [8]. Саме тому даний напрямок досліджень є досить своєчасним, перспективним і важливим для відновлення енергетичної безпеки нашої країни.

Список літератури

1. Про стан електрогенерації України в умовах війни та першочергові кроки в громадах стосовно посилення їх стійкості (Інститут громадського суспільства). URL: https://www.csi.org.ua/news/pro-stan-elektrogeneracziyi-ukrayiny-v-umovah-vijny-ta-pershochergovi-kroky-u-gromadah-stosovno-posylennya-yih-stijkosti/ (дата звернення: 05.09.2024).

2. Трубопровідний транспорт газу: підручник / О.М. Сусак, В.К. Касперович, М. П. Андріїшин. − Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. – 2013. – 345 с. URL: https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/41213

3. Natural gas turbine flow meters calibrations in low gas flow pressure situations / Andriyishyn M.P., Kapitanchuk K.I., Andriyishyn N.M. // Engines and Power Installations: Safety in Aviation And Space Technologies: The Seventh World Congress. «Aviation in the XXI-st Century». October 10–12, 2018. – Kyiv.: NAU. – 2018. – v.1. – С. 1.5.18–1.5.22. URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39801

4. Energy efficient usage of natural gas criterias / M.P. Andriyishyn, K.I. Kapitanchuk, N.M. Andriyishyn // Engines and Power Installations: The Fourteenth International Scientific Conference «AVIA–2019». April 23–25, 2019. – Kyiv.: National Aviation Academy, 2019. – С. 20.7–20.11. URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/39798

5. Визначення ефективності роботи газоперекачувального агрегату компресорної станції за даними її експлуатації / М.П. Андріїшин, К.І. Капітанчук, Н.М. Андріїшин // Наукоємні технології, №1 (49). – 2021. – С. 49–56. DOI:10.18372/2310-5461.39.13097

6. Нагнітачі природного газу: підручник / М.С. Кулик, К.І. Капітанчук, М.П. Андріїшин. – К.: НАУ, 2022. – 228 с. URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/55906

7. A study of the energy balance of main gas pipeline operating modes on its efficiency / Andriyishyn M.P., Kapitanchuk K.I., Pikul M.O., Otroshchenko V.V. // Engines and Power Installations: Safety in Aviation And Space Technologies: The Seventh World Congress. «Aviation in the XXI-st Century». September 28–30, 2022. – Kyiv.: NAU. – 2022. – v.1. – С. 1.4.15 – 1.4.19. URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/5662

8. Дослідження ефективності роботи магістрального газопроводу в залежності від його продуктивності та зупинки лінійних компресорних станцій / М.П. Андріїшин, К.І. Капітанчук, В.В. Отрощенко, М.О. Пікуль // XXIII Міжнар. наук.-тех. конф. АС ПГП "Промислова гідравліка і пнев-матика", 15-16 грудня 2022 року, м. Київ.: матеріали конференції. – Вінниця: «ГЛОБУС–ПРЕС». – 2023. – С. 179-181. URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/ 59479

9. Аналіз впливу зупинки лінійної компресорної станції на номінальну продуктивність магістрального газопроводу / М.П. Андріїшин, К.І. Капітанчук, В.В. Отрощенко, М.О. Пікуль // Engines and Power Installations: The Sixteenth International Scientific Conference «AVIA–2023». April 18–20, 2023. – Kyiv.: National Aviation Academy, 2023. – С. 6.1– 6.5. URL: https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/59423

10. TM2500 aeroderivative gas turbine. URL: https://www.gevernova.com/gas-power /products/gas-turbines/tm2500. (дата звернення: 07.09.2024).

11. Дослідження впливу газо-водневої суміші на газотермодинамічні параметри роботи газоперекачувального агрегату компресорної станції / М.П. Андріїшин, К.І. Капітанчук, Н.М. Андріїшин // 29 Apr 2023 – Sciences & Technologie, 57 (1). Related articles. DOI: 10.18372/2310-5461.57.17447

УДК 629.7.035.6

Д.О. Плакущий, Ю.І. Торба
(ДП Івченко-Прогрес, Україна)

Аналіз можливості використання поворотного гвинтовентилятору для реверсування тяги

В роботі розглядається можливість використання закапотованого гвинтовентилятору зі значним поворотом лопаті робочого колеса гвинтовентилятору для зміни напрямку вектору тяги. Математичне моделювання закапотованого гвинтовентилятора проводилися за допомогою чисельного експерименту. Газодинамічний аналіз параметрів гвинтовентилятора здійснювався шляхом розв'язання системи осереднених рівнянь Нав'є-Стокса з використанням моделі турбулентності k-ε в програмному середовищі ANSYS CFX. Сіткова модель створена в ICEM і має блочну структуру. Топологія сітки враховує специфіку розрахунку течії в примежовому шарі. Представлені результати CFD - моделювання роботи закапотованого гвинтовентилятору на режимі H=0 м, M=0.2.

Льотно-технічні та експлуатаційні, у тому числі, злітно-посадкові характеристик літака визначаються сукупністю низки конструктивних якостей літака та його силової установки і суттєво залежать від експлуатаційних факторів, а саме: розмірів зльотно-посадкової смуги, стану її поверхні, обставин застосування та інші. Зокрема, силова установка літака повинна забезпечувати створення як прямої так і зворотної тяги, тобто, при необхідності, має забезпечувати реверсування тяги.

Відомо [1], за принципом створення реактивної тяги повітряно-реактивні двигуни умовно поділяються на двигуни прямої реакції, що створюють реактивну тягу двигуна безпосередньо – це ракетні двигуни, турбореактивні, турбореактивні двоконтурні, прямоточні надзвукові та гіперзвукові, пульсуючі та численні можливі комбіновані двигуни та двигуни непрямої реакції, що передають вироблювану ними потужність спеціальному рушію (гвинту, гвинтовентилятору), що створює тягу, використовуючи той же повітряно-реактивний принцип – це турбогвинтові, турбовальні та турбогвинтовентиляторні двигуни.

На літальних апаратах з двигунами прямої реакції для гальмування літака під час посадки, в основному, використовуються реверсивні пристрої, що повністю або часткового змінюють напрямок вектора тяги двигуна літака. Реверсування тяги реактивного двигуна досягається зміною напрямку випускного струменя у зворотний бік за допомогою елементів, що дроселюють і відхиляють потік.

Відношення від'ємної тяги, що створюється на режимі реверсу – R_{R} до прямої тяги - R є коефіцієнтом ефективності реверсу тяги - $\overline{R}$ [2].

$$\overline{R} = \frac{R_{\text{R}}}{R}. \qquad (1)$$

Тяга реверсу зазвичай становить 0,25 … 0,45 прямої тяги, що дозволяє скоротити посадкову дистанцію типового комерційного реактивного літака на 20–25%, а також знижує навантаження на колісні гальма, що призводить до економії на їхньому обслуговуванні. Крім того, реверс тяги значно ефективніше і безпечніше, ніж використання тільки колісних гальм на вологих, зледенілих або засніжених злітно-посадкових смугах. Разом з тим, загальна маса реверсивного пристрою з системою управління досягає 0,1 … 0,15 маси двигуна [3].

Використання силової установки з закапотованим гвинтовентилятором є одним із способів підвищення ефективності та тяги двигуна. Розробка таких гвинтів та гвинтовентиляторів почалося в першій половині двадцятого століття і знайшла застосування в різних сферах, у тому числі, в авіації, морському транспорті та безпілотних літальних апаратах [4].

Закапотований гвинтовентилятор дозволяє знизити рівень шуму, а також підвищити тягу та ефективність силової установки.

Можливість повороту лопаті гвинтовентилятора з крейсерського режиму (рис. 1, п. 1) на значний кут на режимі реверсу (рис.1, п.2) створює умови для зміни напрямку тяги на зворотний, що сприяє відмові від традиційного реверсивного пристрою, зменшуючи при цьому осьову довжину капоту, його аеродинамічний опір та вагу силової установки.

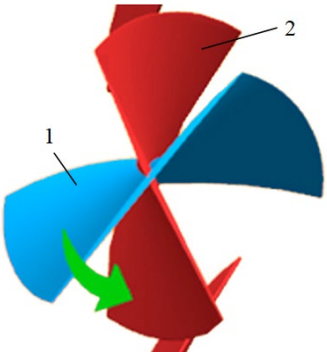


Рис. 1. Схема розташування лопатей гвинтовентилятору на крейсерському режимі (1) та при реверсуванні тяги на режимі H=0 м, M=0.2 (2)

В дослідженні розглядається можливості використання поворотного гвинтовентилятора для реверсування тяги шляхом чисельного моделювання зміни тяги гвинтовентилятора, що здійснюється поворотом на максимально можливий кут установки (65°) лопаті робочого колеса гвинтовентилятору для отримання значень тяги на режимі H=0 м, M=0.2.

Дослідження закапотованого гвинтовентилятора проводилися за допомогою чисельного експерименту. Газодинамічний аналіз параметрів гвинтовентилятора здійснювався шляхом розв'язання системи осереднених

рівнянь Нав'є-Стокса з використанням моделі турбулентності k-ε в програмному середовищі Ansys CFX.

Сіткова модель була створена в ICEM і має блочну структуру. Топологія сітки враховує специфіку розрахунку течії в примежовому шарі.

Сила тяги закапотованого гвинтовентилятора розраховувалася з використанням залежності [2]

$$R = G_2 \cdot V_2 - G_1 \cdot V_1 + F_2 \cdot (p_2 - p_2), \qquad (2)$$

Де G_1, G_2 – витрата повітря на вході та виході із гвинтовентилятора; V_1, V_2 – осьова швидкість на вході та виході із гвинтовентилятора; p_1, p_2 – тиск на вході та виході із гвинтовентилятора; F_2 – площа поперечного перерізу на виході із гвинтовентилятора.

Результати чисельного моделювання показують, що поворот лопаті гвинтовентилятору (максимально можливий кут до торкання кромок лопаті) на режимі H=0 м, M=0,2 на кут 65° лопать створює від'ємну тягу $R = -272$ кгс. При цьому коефіцієнт ефективності реверсу тяги складає $\overline{R} = 0.025$, що є дуже недостатнім.

На рис. 2 показано візуалізацію векторної швидкості в меридіональному перерізі, що демонструють зворотній напрямок руху потоку на периферії закапотованого гвинтовентилятора.

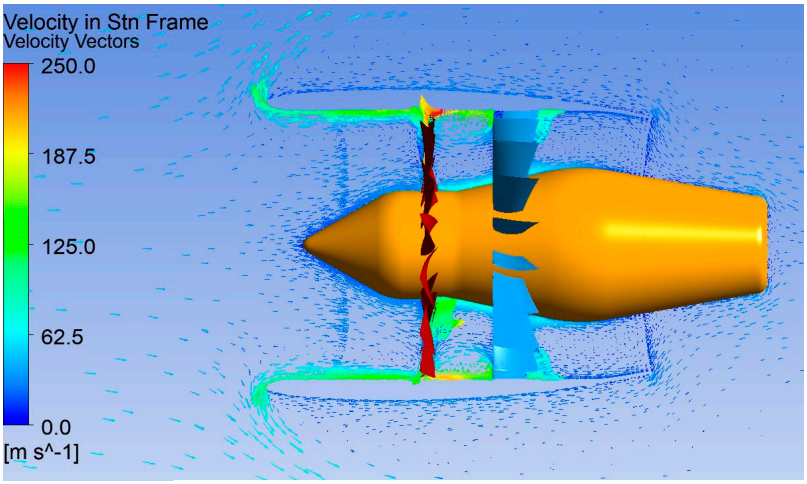


Рис. 2. Векторне поле швидкості при обтіканні закапотованого гвинтовентилятора на режимі реверсу при H=0 м, M=0.2

Отримані дані свідчать про можливість використання поворотної лопаті гвинтовентилятору для реверсування тяги, замість класичного реверсивного пристрою за умови відсутності закрутки потоку, що створює вхідна кромка спрямного апарату.

Для усунення цього негативного впливу спрямного апарату необхідно реалізувати можливість забору повітря ззовні капоту одразу після робочого колеса гвинтовентилятору. Осьовий напрям даного потоку значно підвищить ефективність роботи робочої лопаті гвинтовентилятору при реверсуванні тяги.

Напрямом подальших досліджень щодо підвищення ефективності реверсу може бути оцінка впливу забору повітря ззовні капоту одразу після робочого колеса гвинтовентилятору на коефіцієнт ефективності реверсу тяги.

Висновки

1. Розглянуто можливість використання закапотованого гвинтовентилятору зі значним поворотом лопаті робочого колеса гвинтовентилятору для зміни напрямку вектору тяги. Результати CFD-моделювання показали від'ємне значення різниці імпульсів на вході у гвинтовентилятор та виході з гвинтовентилятора на режимі H=0 м, M=0.2.

2. В отриманих результатах чисельного моделювання спостерігається недостатня величина коефіцієнту ефективності реверсу тяги, що складає 2,5% на режимі H=0 м, M=0.2, що вимагає подальшої оптимізації цього параметра.

Список літератури

1. El-Sayed, A. F. Fundamentals of Aircraft and Rocket Propulsion [Text] / A. F. El-Sayed. – Springer, 2016. – 1025 p.

2. Інтеграція авіаційних силових установок і літальних апаратів [Текст]/ Ю. М. Терещенко, М. С. Кулик, В. В. Панін, М. М. Мітрахович; МОН України; Терещенка Ю. М., ред. – Київ : НАУ-друк, 2009. – 341 с.

3. Bernie MacIsaac Gas turbine propulsion systems [Text] / Bernie MacIsaac, Roy Langton - Wiley, 2011. - 352 p.

4. Küchemann, D. Aerodynamics of propulsion[Text] /D. Küchemann, & J. Weber. – New York-Toronto-London, 1953. – 389 p.

UDC 629.735.03(02)

I.F. Kinashchuk, PhD, M.I. Kinashchuk
(National Aviation University, Ukraine)

Numerical study of a set of screen-exhaust devices taking into account the influence of the helicopter main rotor

The results of a numerical study of the flow of exhaust gases in screen-exhaust devices tested on a helicopter with TV3-117 engines are presented. As a result of the study, an analysis of pressure losses and flow structure was performed. According to the results of calculations and modeling, the direction of further calculation and experimental studies aimed at improving the flow part of the screen-exhaust device was determined.

Experimental model of the screen-exhaust device

The characteristics of the output devices significantly affect the operation of the GTE, the level of thrust, determine the thermal visibility and dependence of the aircraft from being hit by missiles with infrared homing heads. Output devices, as one of the main elements of GTE, perform the following main tasks [1]:

– discharge of outgoing gases in the mode of maximum efficiency of their energy use;

– lowering the temperature of exhaust gases;

– discharge of outgoing gases in the desired direction with minimal losses;

- reducing the concentration of harmful emissions into the atmosphere

In a number of engine operating modes, the gas flow at the entrance to the exhaust channel can have a significant twist. Therefore, the quality of the exhaust tract, its characteristics, affect the characteristics of the entire engine.

The numerical study was performed in the universal built-in CAD system Catia5-CFD package/program FloEFD Mentor Graphics Corp.

The input parameters for the numerical experiment were taken from the performed thermodynamic calculation of the engine for take-off, nominal and cruising modes. The data are presented in table 1.

Table 1

Results of thermodynamic calculation

Parameter	Dimensionality	Takeoff mode	Nominal mode	Cruise mode
H	m	0	0	0
t	^{0}C	15	15	15
$G_{g.st}$	kg/s	8,38	7,87	7,54
P^*_{st}	kgf/sm^2	2,48	2,34	2,23
T^*_{st}	K	847	840	820
π^*_{st}	-	2,34	2,21	2,11
n	rev/min	14700	15000	15000

The main results of the gas-dynamic calculation of the TV3-117 engine turbine are presented in table 2

Table 2

Parameters at the output of the impeller of the last stage

Parameter		Takeoff mode	Nominal mode	Cruise mode
P*, kgf/sm^2	pheripheral	1.056589	1.057701	1.057323
	middle	1.059832	1.058833	1.056875
	sleeve	1.108452	1,092228	1.079329
T*,^{0}C	pheripheral	425.678	429.07	419.645
	middle	424.928	427.975	418.269
	sleeve	436.969	437.165	425.289
α_2 ,deg	pheripheral	5.75355	-2.31337	-8.33599
	middle	4.63021	-5.00366	-12.2789
	sleeve	19.4765	13.8194	9.01392
C, m/s	pheripheral	129.307	124.034	120.361
	middle	134.087	125.995	120.997
	sleeve	190.726	169.264	153.662

According to the results of the calculations, a geometric model of the exhaust pipe of the TV3-117 engine was built, presented in fig. 1

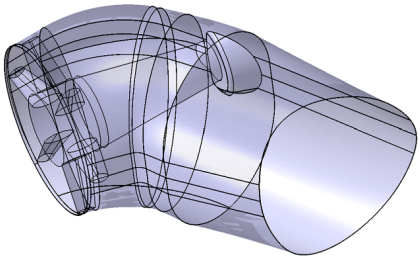


Fig. 1. Geometrical model of the exhaust pipe of the TV3-117 engine

The flow was assumed to be adiabatic, and the boundary condition of "sticking" was set on the inner surfaces of the walls. Calculations were performed using the *k-ε* turbulence model.

According to the results of the calculations, the total pressure loss, taking into account the effect of the helicopter's main rotor on the screen-exhaust device in the left exhaust nozzle, is 3.8%, and in the right exhaust nozzle - 3.4%.

Previous studies [2] show that the influence of the helicopter's main rotor on the screen-exhaust device on the loss of total pressure leads to its increase. In preliminary calculations, it is 3.1% in the left exhaust pipe, and 3.4% in the right exhaust pipe. In general, this increase is significant, which leads to total losses in the composition of the screen-exhaust device.

Visualization of the nature of the flow in the screen exhaust devices during the inflow of the helicopter main rotor is shown in Fig. 2.

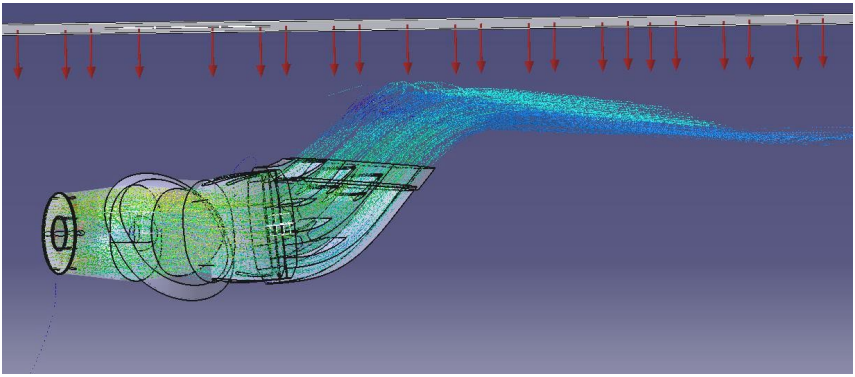


Fig. 2. The nature of the flow in the right screen exhaust device during the inflow of the main rotor of the helicopter.

The results of the calculations showed that the numerical simulation of the flow of exhaust gases in the screen-exhaust device at the inflow of the main rotor of a helicopter with TV3-117 engines in the CAD system Catia5-CFD package/program FloEFD Mentor Graphics Corp makes it possible to estimate total pressure losses in the heavy elements of the engine exhaust tract.

References

1. Kinashchuk, M., Kinashchuk, I. (2024). Determining infrared radiation intensity characteristics for the exhaust manifold of gas turbine engine TB3-117 in MI-8MSB-B helicopter. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (1(129)), 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.303472
2. Kinaschuk, M. (2020). Numerical study of the exhaust gas flow of TV3-117 type engines in composition with a screen - exhaust device. ScienceRise, 4, 17–23. https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001391

UDC 621.43.057.3

I.I. Yudin
(National Aviation University, Ukraine)

Modeling of Flow in an Annular Mixing Chamber of a Gas Turbine Engine

The article investigates the mixing chambers in turbojet engines (TJE) with a turbofan attachment as an essential element in enhancing engine efficiency. Special attention is given to the process of mixing the second bypass air with the hot gases after the turbine. Modern research methods, including numerical modeling with various turbulence models (k-ε, RSM, SST), are considered, allowing for the analysis of heat losses and flow parameters. Examples of optimizing the mixing chamber design to reduce thermal losses and increase efficiency are provided.

Mixing chambers are widely used in dual-flow aviation engines with flow mixing. Located behind the turbine, they perform the critical function of mixing the air from the second bypass with the hot gases expelled from the first bypass turbine. This increases engine efficiency by reducing thermal losses at the outlet and ensuring the required distribution of flow parameters in the engine's exhaust section.

In afterburning dual-flow turbojet engines, mixing chambers, along with flame stabilizers, create the optimal fuel-air mixture composition. They also ensure the necessary temperature and flow velocity fields for reliable ignition and stable fuel combustion in the engine's afterburning modes.

Mixing chambers have a wide variety of designs and configurations. The simplest is the design with a cylindrical flow distributor. In this design, the flows from both bypasses have an axial flow direction and are separated before entering the mixing chamber by a cylindrical casing. Although such chambers are simple in construction, they do not always ensure complete and effective flow mixing [1].

Modern mixing chambers can have more complex geometries, including the use of various aerodynamic elements and special shapes that promote more intense flow mixing. Optimizing the mixing chamber design is a crucial task since it affects engine performance, noise levels, and harmful emissions.

There are two primary methods for studying gas flow in mixing chambers are known: experimental and CFD.

Experimental methods allow for the study of real objects or their models under actual conditions. The advantages of these methods are the absence of the need for physical assumptions and the ability to obtain highly accurate flow parameter measurements thanks to modern measuring tools [2]. However, experimental research requires significant time and resources, is complex in organization and execution, and is limited in terms of the range of operating modes studied.

Computational methods include analytical and numerical approaches. Numerical modeling has become an indispensable tool in analyzing complex aerodynamic and thermodynamic processes in mixing chambers. The advantages of computational methods lie in the ability to quickly perform numerous variations, ease of implementation, and relatively low research costs [3]. The disadvantage is the need

for physical assumptions when constructing the mathematical model, which can affect the accuracy of the results.

Mathematical modeling of gas flow in mixing chambers is based on the system of unsteady Navier-Stokes equations. These equations describe the motion of a viscous compressible fluid (gas). Since the analytical solution of these equations is complex, numerical methods, particularly the finite volume method [4], are widely used.

This method involves dividing the computational domain into control volumes (grid cells) where the Navier-Stokes equations are integrated. The main idea is that the law of conservation of mass, momentum, and energy is strictly observed for each control volume, which increases the accuracy and stability of the calculations.

Gas flow in mixing chambers is turbulent, which significantly complicates its modeling. Various approaches exist for modeling turbulence:

• Direct Numerical Simulation (DNS), which requires calculating all turbulence scales but demands significant computational resources.

• Large Eddy Simulation (LES), where large vortices are calculated exactly, and smaller ones are modeled.

• Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) modeling, which uses average parameter values and additional turbulence models.

The most common RANS turbulence models are the k-ε, k-ω models, and SST (Shear Stress Transport) model, which combines the advantages of the previous two. The correct choice of turbulence model is critical for obtaining reliable results when modeling flow in mixing chambers [4].

Optimizing mixing chambers is aimed at improving engine efficiency by reducing thermal losses at the outlet and improving the mixing process. Numerical modeling allows for a detailed analysis of the temperature, pressure, and flow velocity distribution inside the chamber, identifying areas with high gradients and thermal stresses.

For example, by changing the chamber geometry, optimizing the position and size of the inlet and outlet openings, more efficient mixing of air and hot gases can be achieved. This leads to a reduction in outlet temperature, which decreases the thermal load on engine components and extends its service life.

The modern development of computational fluid dynamics (CFD) methods and the increase in computational power allow for detailed numerical studies of mixing chambers. This opens up opportunities for creating new designs with improved characteristics, reduced harmful emissions, and increased fuel efficiency.

Promising directions include the use of adaptive grids, more accurate turbulence models, and multi-physics models that account for the interaction of various processes such as combustion, heat exchange, and aeroacoustics.

The object of the research in the test problem is an annular mixing chamber with a length of L=1300 mm, an outer diameter of D=1107 mm, and an inner diameter of d=492 mm (Fig. 1). The research was compared with a diffuser using analytical calculations.

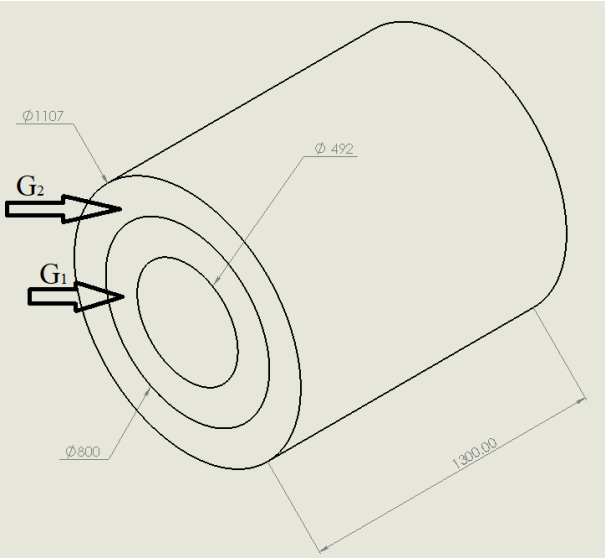


Fig. 1. Diagram of the mixing chamber

A computational model for the annular channel was constructed for the experiments. The calculation was performed using the Reynolds model. Air and flue gases were used as working fluids.

Figures 2-5 show the temperature fields at the inlet (5 mm from the inlet) and outlet of the mixing chamber at different inlet temperatures.

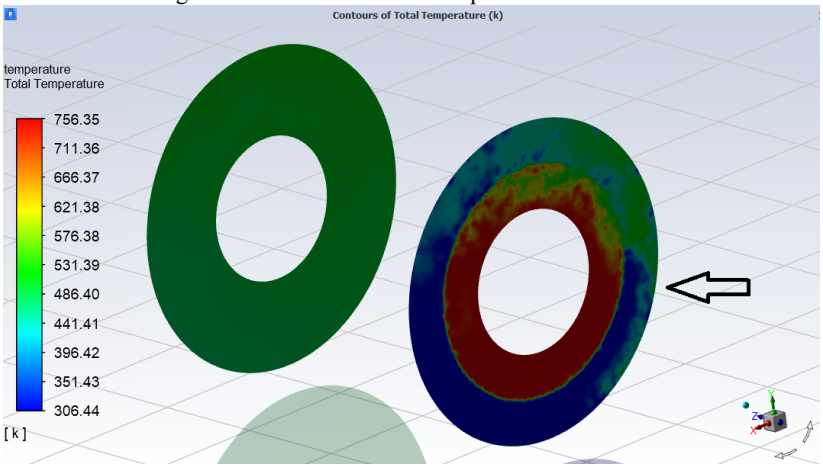


Fig. 2. Temperature distribution along the mixing chamber with the inlet temperature $T_{Г}^{*}$ = 756 K. $T_{ВЛ}^{*}$=306,5 K.

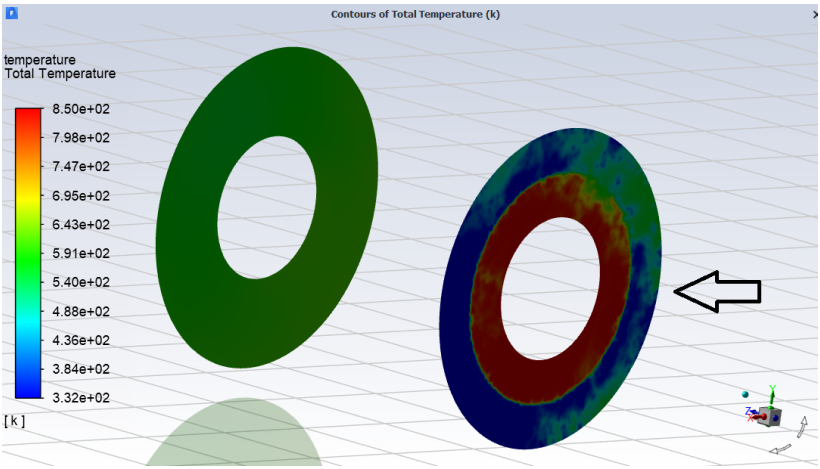


Fig. 3. Temperature distribution along the mixing chamber with the inlet temperature $T_г^* = 850$ K. $T_{вл}^*$=333 K.

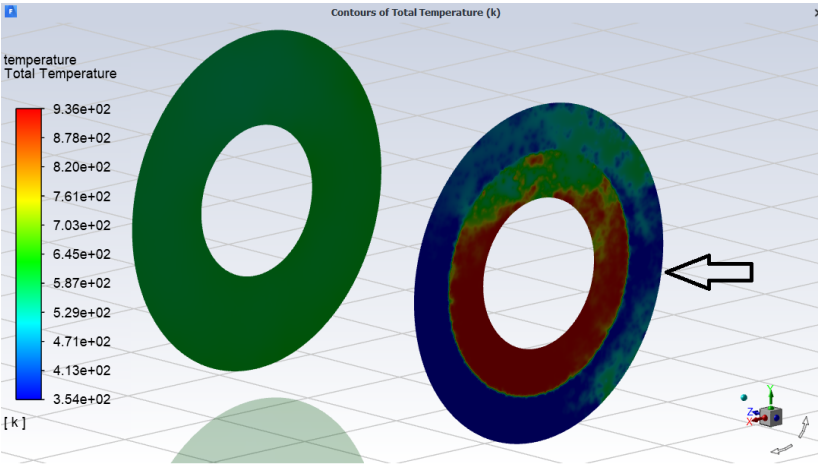


Fig. 4. Temperature distribution along the mixing chamber with the inlet temperature

$T_г^* = 935$ K. $T_{вл}^*$=354,7 K.

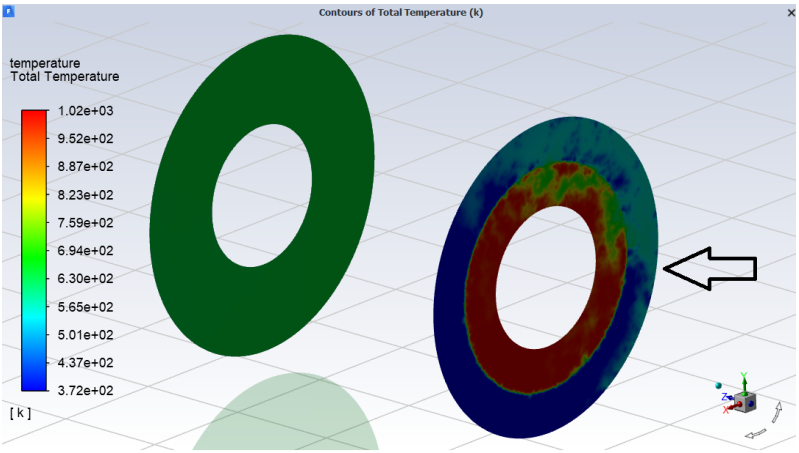


Fig. 5. Temperature distribution along the mixing chamber with the inlet temperature $T_г^* = 1015$ K. $T_{вл}^* = 373{,}7$ K.

Fig. 6 shows the mixing temperature relative to the optimal bypass ratio, depending on the experimental method and the analytical calculation.

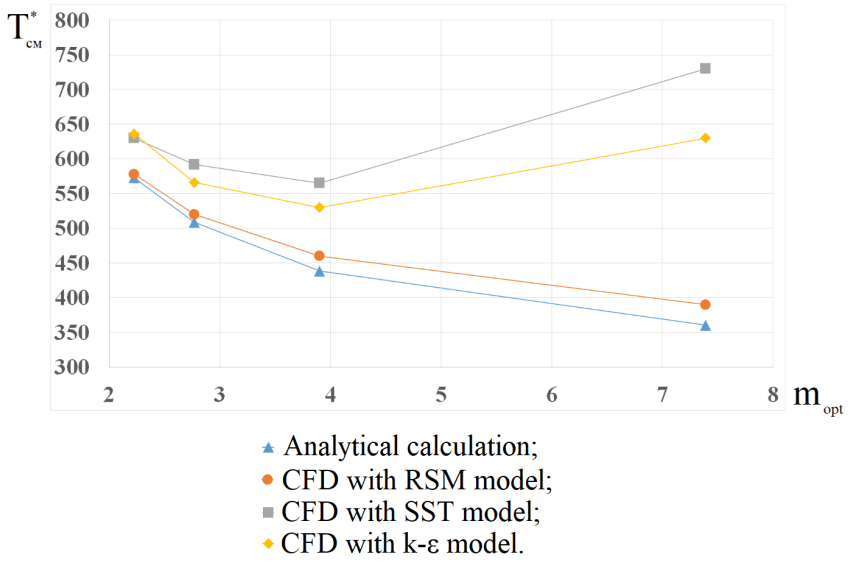


Fig. 6 Mixing temperature relative to the optimal dual-circuit coefficient

When using the k-ε or RSM model, the modeling error exceeds 75% at the optimal degree of duality $m_{opt} = 7,39$. When m_{opt} is reduced, the error decreases to 10% at $m_{opt} = 2,23$. The RSM model shows a 10% error at $m_{opt} = 7,39$ and less then 1% at $m_{opt} = 2,23$.

This article explores the principles of operation and optimization of mixing chambers used in dual-flow jet engines. Various methods for studying gas-dynamic processes were analyzed, including experimental approaches and computational methods such as RANS models using k-ε and RSM models. The optimization of the mixing chamber geometry and the selection of an appropriate turbulence model are crucial for improving engine efficiency, reducing thermal losses, and minimizing harmful emissions. The results show that modeling error can be significantly reduced by optimizing chamber parameters, leading to more reliable and accurate calculations. In conclusion, numerical modeling plays a key role in the design and improvement of modern jet engines, opening up new opportunities for increasing efficiency and durability.

References

1. Tereshchenko Yu. M., Kulik N. S., Lastivka I. A., Volianska L. G., Tereshchenko Yu. Yu. Theory of aviation three-bypass turbojet engines. Kyiv: NAU Publishing, 2010. 116 p.
2. Aviation gas turbine engines: Scientific and production edition / Yu. M. Tereshchenko, M. M. Mitrakhovich. Ed. by F. M. Muravchenko. Kyiv: KVITs, 2001. 312 p.
3. Kundu P.K., Cohen I.M. Fluid Mechanics. 2015.
4. Menter F. R. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA Journal, 1994, Vol. 32, No. 8, pp. 1598–1605.
5. Tourlidakis A., Yates M., Elder R. Advances in CFD for Fluid Machinery Design. Wiley, 2003. 233 p.

UDC 629.735

L.G. Markovska, K.V. Balalaieva
(National Aviation University, Ukraine)

Possibilities of increasing the efficiency of UAVs by improving the characteristics of propellers

The paper examines promising technical solutions aimed at improving the characteristics of UAV propellers in order to increase the efficiency of UAVs.

Introduction.

As technology advances and UAV applications expand, new requirements and standards for their operation arise. The aerodynamic characteristics of propellers must meet these new requirements, which may include increased efficiency, reduced noise, and improved stability. Research in this area allows propellers to be adapted to new conditions and standards, ensuring their competitiveness and compliance with modern needs.

Current state of the problem.

Rotating propeller blades capture air and throw it in the direction opposite to the movement. A low-pressure zone is formed in front of the propeller, and a high-pressure zone is formed behind the propeller. Rotation of the propeller blades results in the air masses thrown out by it acquiring simultaneous movements in circular and radial directions, which is what uses the main energy supplied to the propeller [1].

The issue of increasing the efficiency of UAV propellers has been little studied. But even the experimental data available [2] is sufficient to understand that the losses in the propellers are quite large. This implies the need for research related to improving the aerodynamics of the propellers (see Fig. 1)

Load Testing Data									
Ambient Temperature			18℃		Voltage			DC Power Supplier	
Item No.	Voltage (V)	Prop	Throttle	Current (A)	Power (W)	Thrust (G)	RPM	Efficiency (G/W)	Operating Temperature (℃)
P60 KV170	48	T-motor 20*6CF	50%	5.4	259.20	2116	4152	8.16	55
			55%	6.4	307.20	2371	4425	7.72	
			60%	7.7	369.60	2762	4709	7.47	
			65%	9.3	446.40	3125	5014	7.00	
			75%	13.2	633.60	4002	5626	6.32	
			85%	17.3	830.40	4821	6177	5.81	
			100%	25.4	1219.20	6246	6992	5.12	
		T-motor 22*6.6CF	50%	6.6	316.8	2801	3703	8.84	85
			55%	8.6	412.8	3312	4005	8.02	
			60%	9.9	475.2	3763	4289	7.92	
			65%	12.4	595.2	4356	4575	7.32	
			75%	17.1	820.8	5372	5091	6.54	
			85%	23.2	1113.6	6582	5635	5.91	
			100%	34	1632	8414	6374	5.16	

Fig. 1. Results of testing the P60 engine with the KV170 propeller

From the experience of using propellers in "big aviation": the efficiency of modern propellers can reach 82...86% [3]. This is achieved by carefully improving the aerodynamic characteristics of propellers for the purposes of "big aviation".

Promising technical solutions that can improve the characteristics of propellers:

1. Optimization of the propeller blade profiling.

2. Optimization of the installation angles, geometric and aerodynamic twist of the propeller blade.

3. Use of saber-shaped blades. A multi-blade propeller with thin saber-shaped blades allows you to shift the onset of a wave crisis, and thereby increase the maximum flight speed.

4. The location of the propeller in an aerodynamic ring is a fairly promising technical solution, since it allows you to reduce the final flow around the blades, reduce noise and increase safety when rotating the propeller. However, the weight of the ring is a limiting factor for the widespread use of such a design solution in aviation. Increasing the weight of a UAV without compromising its use and durability is usually within 20-50% of its initial weight. Further increase has a negative impact on all aspects of the use of the UAV, worsens its technical condition [3].

5. The guide vanes are made in the form of a system of fixed blades (stator), allowing to straighten the air flow obtained twisted after the propeller, and thereby increasing the axial component of the flow velocity, which in turn directly increases the thrust by up to 10% [4].

The aerodynamics of the propellers has a direct impact on the efficiency and performance of the UAV. Improving the aerodynamic characteristics can lead to a significant increase in lift, a decrease in air resistance and an increase in overall thrust. This allows the UAV to be more effective in performing tasks such as flight duration, loading and maneuverability. For example, reducing aerodynamic drag can reduce energy consumption and extend the battery life of the device [5].

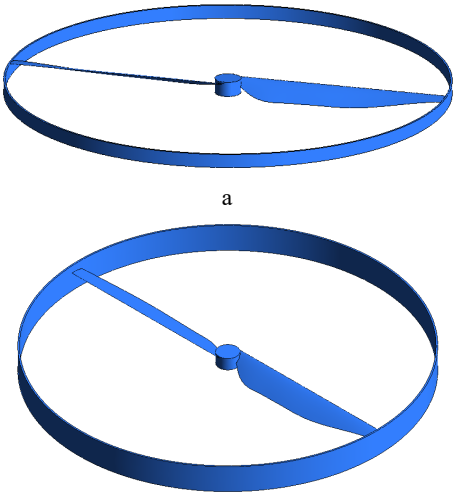
The aerodynamic performance of propellers has a direct impact on the flight stability of a UAV. Poor aerodynamic performance can result in vibration, shaking, and instability, making it difficult to control the aircraft. Improving propeller aerodynamics can help reduce these issues, providing a smoother, more stable flight, which is critical for precision missions and safe operations.

The aerodynamic performance of propellers affects the noise level generated during their operation. Improving aerodynamic performance can help reduce noise, which is especially important for quiet applications, such as civil and defense surveillance missions or operations in populated areas. Reducing noise can also reduce the likelihood of UAV detection and improve stealth.

Propeller efficiency has a direct impact on UAV power consumption. Improving aerodynamics can reduce the energy cost of maintaining a UAV’s flight, allowing for longer flight times or smaller and lighter batteries. This allows for more payload to be carried by the UAV. UAV safety and reliability.

Improving the aerodynamic characteristics of propellers also affects the safety and reliability of UAVs. Structural reliability and flight stability can reduce the risk of accidents and failures, which is critical for operational safety, especially in difficult conditions or when performing dangerous missions.

The paper studies the change in acoustic radiation in the near field for a propeller in a ring. The effect of changing the ring parameters, namely its height, was studied. The ring leads to an increase in thrust and a decrease in noise. However, the ring parameters affect the manifestation of these effects to a greater or lesser extent. In terms of weight, the lower the ring height, the lighter it is. The paper considers a propeller with a minimum ring height and a ring height increased by 5 mm above and 5 mm below the propeller. Three-dimensional models of the propellers under study are shown in Fig. 2.



a

b

Fig. 2. Three-dimensional models of the propellers in ring:
a - propeller with a minimum ring height; b - propeller with a ring height increased by 10 mm

The acoustic radiation of the propellers was calculated based on the results of modeling the flow around the propellers in the ring. The calculation results showed that the ring, which has a greater height, more effectively reduces noise in the near field. The difference in the acoustic pressure level was 1.2 dB.

Conclusion

All this indicates that improving the aerodynamic characteristics of UAV propellers is extremely relevant for modern research. This not only ensures increased efficiency and performance of the devices, but also opens up new possibilities for their application, promotes innovation, and meets growing market requirements and standards.

References

1. Сметанін Ю. О. Аеродинаміка. Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс]. Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк

[та ін.] ; НАН України, НТШ. К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України 2001. Режим доступу : https://esu.com.ua/article-42702

2. Муравйов О.В., Довбиш І.О., Галаган Р.М., Богдан Г.А., Момот А.С. Перспективи розвитку технологій та підвищення рівня автономності БПЛА. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки Том 34 (73) № 2 2023. Режим доступу: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/32

3. Kovačević, A., Svorcan, J., Hasan, M.S., Ivanov, T. and Jovanović, M. (), Optimal propeller blade design, computation, manufacturing and experimental testing. Aircraft Engineering and Aerospace Technology. 2021, Vol. 93, No. 8, pp. 1323-1332. Режим доступу: https://doi.org/10.1108/AEAT-03-2021-0091

4. Якименко А.В., Ковбаса С.М. Тягові характеристики гвинтомоторної групи на основі безколекторного двигуна MT 2213-935 KV та пропелера 10x4.5. Міжнародний науково-технічний журнал "Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики", 2015. Режим доступу: http://jour.fea.kpi.ua/article/view/68733/63820

5. Hang Zhu Aerodynamic Performance of Propellers for Multirotor Unmanned Aerial Vehicles: Measurement, Analysis, and Experiment. Shock and Vibration, 2021. Режим доступу: https://doi.org/10.1155/2021/9538647

UDC 621.45.01

V.V. Otroshchenko, M.O. Pikul
(National Aviation University, Ukraine)

Types of computational grids for modelling of flow in impeller machines and their features

The paper considers the characteristic features of computational grids for modeling of flow in impeller machines

Introduction

The correct choice and construction of a computational grid for performing mathematical modelling of flow in impeller machines using computational fluid dynamics (CFD) are important tasks for obtaining accurate and reliable results when conducting a study by the method of numerical experiment.

Types of computational grids

The concept of building a computational grid is that the object of the study is divided into smaller cells that allows to accurately determine and reproduce its geometry.

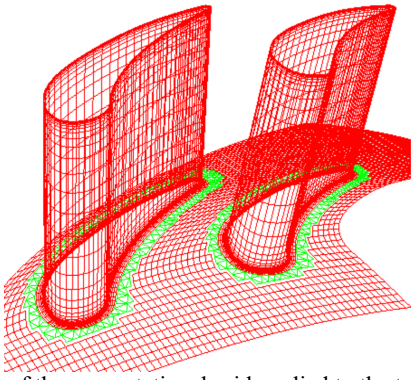


Fig. 1. Visualization of the computational grid applied to the turbine blades

A computational grid, depending on the topology of the elements that fill the computational domain, can be structured, with cells usually in the shape of a hexahedron, or unstructured, with cells of almost any geometric shape. Hybrid meshes are also a combination of structured and unstructured meshes. It should be noted that the use of a Cartesian computational grid in modelling of flow in impeller machines is not possible, due to the fact that the correct shape of the cells of such a grid cannot be fit into the objects and processes with complex geometry [1].

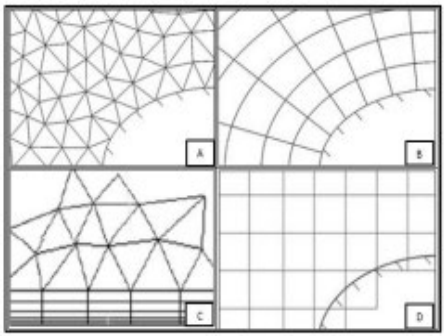


Fig. 2. Types of computational grids: A – unstructured,
B – structured, C – hybrid, D – Cartesian

For an object with a complex geometry, generating a structured grid can be a complicated task in certain cases. It may require additional time to manually divide particular sections due to its geometry. At the same time, the advantage of an unstructured computational grid is that the process of generating begins with the creation of individual points and then determines the connections between them. Since the process of generating an unstructured computational grid is automated, its generation takes less time, but the accuracy and reliability of the results of the numerical experiment may be unfavorable to the researcher compared to a structured mesh, especially in the boundary layer areas [2].

In addition, an important parameter to consider when constructing a computational mesh is its density. When modelling the flow, a computational grid with a higher mesh density should be used, because areas with a high velocity gradient or boundary layer areas near curved surfaces of the object require more accurate calculations.

At the same time, the correct choice of cell number of the computational grid directly affects the amount of time that will be spent on the calculation in software. Thus, if it is necessary to conduct a single numerical experiment a large number of times, it may take more than one day to wait for the results.

In works [1, 3], the authors investigated the issue of finding a balance between the parameters of the computational grid and the amount of time during which the calculation will take place, provided that the required accuracy of the results is achieved, using the example of selecting the optimal mesh for a centrifugal compressor. The research has shown that if the number of elements in the Ansys Workbench Student software is limited to 512,000 elements, the most optimal ratio of the accuracy of the results obtained, the number of design mesh elements and the time spent on the calculation is achieved when the number of grid elements is 489,602, which is 95.6% of the maximum quantity.

It was studied [4] that compares the results of modelling a single-impeller pump using two approaches: Fluent and CFX. The study was conducted using two different grids, but with the same settings. The conclusions after evaluating the modelling results include the following points: the Fluent mesh allowed to reduce the

number of elements in the model, but it was not possible to achieve a qualitative agreement; the mesh density does not affect the qualitative accuracy, and the discrepancies may be the result of the model imperfection. This makes it possible to perform three-dimensional unsteady-state modelling with less time. The conclusion of the paper is that the tested CFD model is suitable for approximate modelling of a single-vane pump, but for more accurate results, a higher mesh quality and consideration of all the features of fluid motion and mechanical losses are required.

In the paper [5] was investigated the implementation of the Kagome truss-core structure as an internal topology for gas turbine rotor blades. An operating gas turbine was modelled using ANSYS CFX and one-way FSI analysis. The results showed that reducing the number of truss-core elements and increasing the proportion of voids leads to a decrease in the maximum stresses on the rotor blade surface. This becomes especially noticeable when the gas turbine rotation speed increases. It was found that the optimal number of truss rods for a particular blade geometry and operating conditions is 18. The use of the Kagome truss-core structure increases the strength of the gas turbine rotor blades and reduces the overall weight without negative consequences. The proposed design may also allow the use of unconventional materials such as stainless steel, which is not currently used in gas turbine blades.

Scientists in [6] considered the issue of convergence of the number and shape of cells of a structured and unstructured computational grid to obtain the closest possible results of a numerical experiment to the data received from a test physical experiment. It was found that for the structured hexagonal grid, with a gradual increase in the mesh density, the results obtained approach the verified data of the physical experiment with less gradualness than when refining the parameters of the unstructured hexahedral or tetrahedral grid.

Conclusions

To save time it is better to use an automatically generated, unstructured computational grid for objects with complex geometry.

Among the many types of computational grids and their features, the correct choice of the type and parameters of the computational grid when conducting a numerical experiment is an important part of any study in terms of achieving the required accuracy of the results of mathematical flow modelling while spending the optimal amount of time on calculations.

References

1. Sautereau, M. Research of the optimal mesh for a centrifugal compressor's volute using the GCE method Sautereau. Regensburg Applied Research Conference. Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg Turbomachinery Laboratory Regensburg. – Germany, 2020. – P. 95–103.
2. Sadrehaghighi, I. Mesh Generation in CFD. Annapolis, MD. – 433 p.
3. Lecheler, S. Computational Fluid Dynamics. Springer. – 2022. – 210 p.
4. Matej K., Branislav K., Róbert O. Approach to 3D Unsteady CFD Analysis of a Single-Blade Pump. MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – P. 328. – 02016.

5. Akzhigitov D. et al. Structural and Aerodynamical Parametric Study of Truss-Core Gas Turbine Rotor Blade. Journal of Applied and Computational Mechanics. – 2021. – 7(2). – P. 831-838.

6. Baker, N., Kelly, G., & O'Sullivan, P. D. A grid convergence index study of mesh style effect on the accuracy of the numerical results for an indoor airflow profile. International Journal of Ventilation, - 2020. – 19(4), – P. 300-314.

УДК 621.438

О.Г. Андрієць, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Особливості очистки твердим очищувачем проточної частини ГТД

Представлені результати випробувань очистки проточної частини газотурбінних двигунів від очищування та корозії на елементах проточної частини двигунів

Використання газотурбінного двигуна (ГТД) в якості авіаційних двигунів, приводів генераторів електричного струму та газоперекачувальних агрегатів підвищує вимоги до їх ефективності, надійності та довговічності. До погіршення характеристик ГТД і зниження ресурсу призводить забруднення проточної частини двигуна (ПЧ) частками у повітрі (попіл, пил), солями морської води особливо в приморських районах і компресорних станціях на морських платформах. Морська вода складається з агресивних з'єднань і викликає занос каналів та корозію основного металу і покриття елементів проточної частини. Наявність окисів заліза, парів масла та газів сприяють налипанню відкладень на поверхні лопаток, утворюючи стійкі важкозмиваємі з'єднання. Також на компресорних станціях, які розташовані біля аграрних районів, коли в період інтенсивної обробки землі або збору врожаю накопичується велика кількість бруду і пилу в повітрі. Це призводить до забруднення каналів, корозії покриття та основного металу елементів ПЧ, не розрахункової зміни геометрії ПЧ і зміні в ГТД полів тисків та швидкостей. Це в свою чергу, викликає погіршення енергетичних характеристик і вібраційного стану двигуна, а саме: зниження витрати повітря, тиску за компресором, потужності, ККД, зростання вібронапруженості елементів конструкції ГТД. Очистка проточної частини проводиться при зниженні до гранично допустимих змін параметрів ГТД, але корозія лопаток може утворюватись раніше, що знижує надійність та ресурс роботи двигуна.

Тому відновлення енергетичних характеристик і поліпшення енергетичного стану ГТД шляхом очищення ПЧ є важливим.

Очищення твердими частинами призначене для зняття осаду, який не піддається видаленню при промиванні рідинами та здійснюється на режимі роботи ГТД на малих режимах.

Визначення раціональної періодичності очистки ПЧ ГТД до утворення граничних змін параметрів з ціллю запобігання утворення корозії покриттів та основного металу елементів ПЧ підвищить ресурс і надійність роботи ГТД в умовах роботи в агресивному середовищі. Зміна параметрів ГТД після забруднення проточної частини:

- для двокаскадних ГТД занос компресорів характеризується відносною зміною ковзання частоти обертання компресорів низького (КНТ) та високого (КВТ) тиску відношення фактичного та гранично допустимої зміни ковзання частот обертання КНТ та КВТ;

- занос турбін характеризується відносною зміною температури газу за турбіною низького тиску від її значення для «чистої» ГТД при тій же частоті обертання КВТ відношення фактичного та гранично допустимої зміни температури газу за турбіною.

- отже, забруднення ПЧ осьового компресора при роботі в зазначених умовах призводить до зменшення витрати повітря до 6% і зниження ККД компресора на 2 - 3%, що викликає зниження ефективного ККД до 2,5-5%, корисної потужності двигуна до10%, при цьому витрата палива зростає до 10%.

Матеріал, що застосовується при очищенні твердими частинами повинен володіти гарною очищаючою дією без абразивності, щоб запобігти ерозії внутрішніх поверхонь двигуна. Цим вимогам найбільше задовольняють солі амонію, лід, рослинні тверді речовини, наприклад шкарлупа земляного горіха. Найбільшого розповсюдження отримав так званий «карбобласт»[10], який представляє собою розмелену до розмірів 1 – 2,5мм суміш шкарлупи грецького горіха. Термін «карбобласт» вживають для позначення процесу очистки твердим матеріалом.

Періодичність очистки ПЧ ГТД по досягненню граничних параметрів при очистці карбобластом – приблизно 600 - 800 годин (приморські райони), 1000 годин (компресорні станції в аграрних районах). Періодичність очистки може коливатися в залежності від пори року та інтенсивності робіт на полях. За такий період роботи наліт забруднення може викликати корозію покриттів і основного металу елементів ПЧ.

Основна частина солі та бруду відкладаються в компресорі ГТД, але при зміні режимів та промивках заносяться в турбіну. Дані випробувань з подальшим оглядом проточної частини показують те, що найбільш корозійний вплив спричиняють ванадій, натрій, кальцій, свинець та сірка. Утворення корозії залежить від умов експлуатації, циклічності навантажень і матеріалу елементів проточної частини. Мінімальна температура плавлення, наприклад, солей морської води приблизно 680 ˚С, вище якої розплавлене сольове середовище викликає електрохімічні процеси, які знижують довговічність метала. Швидкість корозії значно зростає при температурах вище 1000 ˚С та при дифузії сірки в основний метал. Частинки NaCl та сірки морської солі, розплавлених в камері згорання, знижують вміст хрому, інших металів в поверхневих шарах лопаток і зменшують їх міцність.

Для ГТД на морських платформах характерно надходження в ПЧ сухої морської солі, експериментальні дослідження з подачею сухої морської солі на вхід ГТД і розтином ПЧ після випробувань показали наявність сольових відкладень тільки в турбінах. Найбільший корозійний вплив надає ванадій, натрій, кальцій, свинець та сірка. Час початку корозії залежить від умов експлуатації, циклічності навантажень та матеріалу елементів ПЧ. На мал.1 показаний [1] вплив високотемпературної сольової корозії на тривалу міцність сплавів.

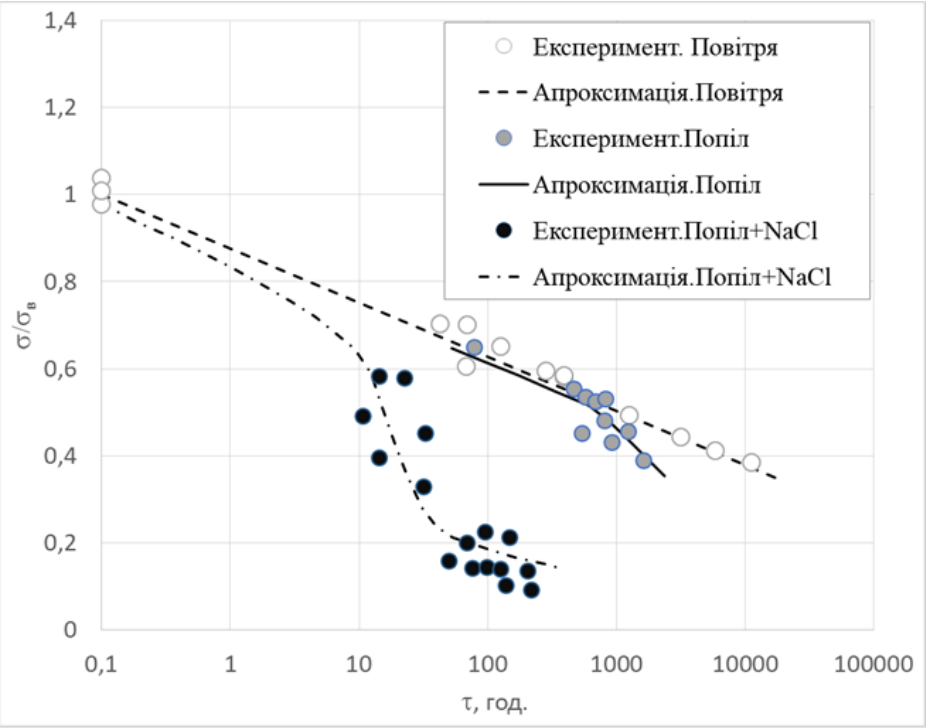


Рис.1.Вплив високотемпературної сольової корозії на тривалу міцність сплавів лопаток турбін ЕП 539, ЕИ 826 при t = 700˚С:

Розплави солей мають адсорбційну активність по відношенню до нікелевих жароміцних сплавів, і це є головною причиною зниження тривалої міцності сплавів.

Максимальний зріст корозійних пошкоджень досягається при сольовому навантаженні більше 1 г/м2*год. Найбільше зниження тривалої міцності відбувається при глибині сольової корозії більш як 0,1 мм.

Для попередження розвитку корозії, збільшення ресурсу та надійності ГТД виробництва НПКГ «Зоря-Машпроект» очистка ПЧ повинна проводитись при досягненні таких граничних параметрів:

- Δn = 200 об\хв – ковзання компресора ;
- ΔP2 = 1,2 кг\см2 – зниження тиску за КВТ ;
- Δt4 = +25°С – підвищення температури газу за ТНТ.

З цією ціллю метод очистки проточної частини слід обирати в залежності від режиму роботи ГТД: при можливості на зупинках чи зупинятись з необхідною періодичністю. Частини карбобласта згоряють у високотемпературній секції і викидаються у вигляді попелу з вихлопними газами.

Експериментально встановлені наступні режими очистки проточної частини карбобластом:

- одна доза, складаюча близько 0,01 від витрати повітря в ГТД, подається на вхід в проточну частину компресора низького тиску до коренів лопаток в 4…8 точках, в залежності від захоплюваної площі лопаток першого ступеня рівномірно через 40…90˚ по колу – далі по ходу потоку в ПЧ очищувач відцентровими силами підіймається по висоті лопатей;

- повна очистка лопаток досягається розкиданням карбобласту по всій площі лопаток за рахунок відцентрових сил під час обертання ротора;

- режим роботи ГТД знижений настільки, щоб окружна швидкість лопаток компресора не перевищувала 160…200 м/с, а максимальна температура в проточній частині не повинна перевищувати 650˚С, - більша температура призводить до підгоряння очищувача ;

- очистка проводиться у режимі по потужності N = *(0,3-0,6)* Ne; після введення 10 доз карбобласта рекомендується проводити очистку ПЧ миючою рідиною.

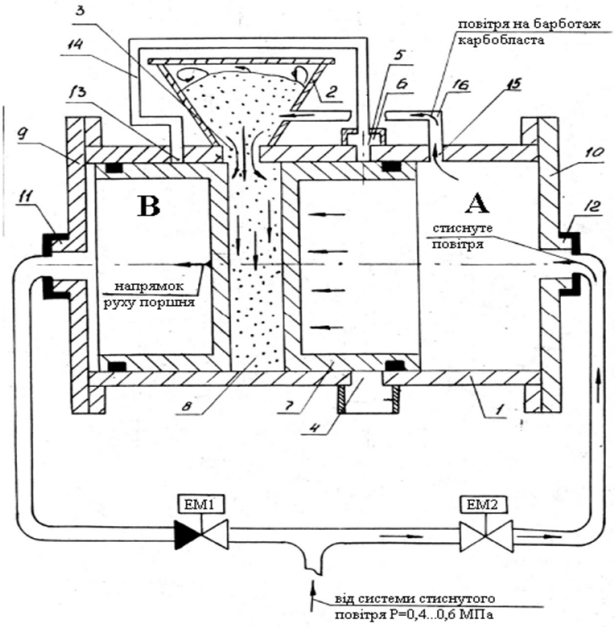


Рис.2.Схема дозатора твердого очищувача ПЧ ГТД

Для дозування і подачі в проточну частину карбобласта чотирма рівними порціями розроблений, виготовлений і випробуваний дозатор твердого очищувача, Мал.2, [2]. Повітря тиском 0,4…0,6 МПа в дозатор подається з перехідника між КНТ та КВТ. При подачі повітря в порожнину А відкриттям електромагнітного клапана ЕМ2 поршень 7 переміщується вліво до упора в

кришку 9 в положенні загрузки карбобласта 3 з бункера 2. При цьому через отвір 15 в бункер 2 подається повітря з порожнини А на барботаж карбобласта для заповнення чотирьох мірних камер 8. Натиском кнопки «Пуск» закривається клапан ЕМ2 і відкривається ЕМ1, повітря потрапляє в порожнину В, поршень 7 переміщується вправо до упора в кришку 10. При цьому відкривається отвір 13 подачі повітря з порожнини В в ресивер 6 і далі на продувку камер 8, звідки карбобласт видувається через отвори 4 в трубопроводи подачі карбобласта на вхід в ГТД. Очистку ПЧ авіаційних ГТД проводити під час обслуговування в аеропорту.

Список літератури

1. Mulgen A. Damages of flowing path elements alloys during prolonged immersion in salt-containing aerosols/ Dieselgasturbines, 9 –N. Y, 2017. – P.43-47.

2. Андрієць О.Г. О періодичності очистки проточної частини газотурбінних двигунів/ Авіаційно-космічна промисловість, 4.- ХАІ, 2004. – с.11-15.

UDC 629.735.025.8(043.2)

O.S. Yakushenko, PhD, V.Y. Miltsov, M.V. Borysiuk, H.Y. Borysiuk
(National Aviation University, Ukraine)

Determination of the longitudinal moment coefficient of an aircraft with wing tips

Using the expressions for the coefficient of the longitudinal moment for an aircraft with a wing without wingtips, the longitudinal moment coefficient for the aircraft with a wing with aerodynamic ends was recorded, and its derivatives were calculated.

The lifting force of an aircraft wing is generated by the pressure difference between the lower and upper surfaces. Air moves from the high-pressure area beneath the wing to the low-pressure area above, creating vortices at the wingtips. These vortices redistribute lift along the wing, reducing effective area and increasing drag. These currents, forming with the main – in front flow, form powerful vortex bundles of air, pulling the aircraft back from the ends of the wing. End vortices lead to a redistribution of the lifting force along the span of the wing, reducing its effective area and elongation, form an inductive resistance and reduce the aerodynamic quality.

To reduce these negative factors on the ends of the wing of many modern aircraft, aerodynamic wingtips are installed (end washers or Witecomb washers, AT Winglets, sharklets). It is proved that these designs increase the effective span of the wing, reduce the inductive resistance, and, as a result, increase the lifting force at the end of the wing, increase the aerodynamic quality and lengthening of the wing, almost without changing its swing [1-4]. They also increase the fuel efficiency of aircraft or the range of flight in gliders. Currently, the same types of aircraft can have different versions of the wingtips.

During flight, aircraft are subjected to various external disturbances, such as turbulence, updrafts, downdrafts, and gusty winds. These factors can alter key parameters like overload, angle of attack, and flight speed. To maintain stability, aircraft must have longitudinal static stability, meaning they can automatically return to their predefined flight mode without pilot intervention, as long as flight speed remains relatively unchanged.

To determine the stability characteristics of an aircraft, it is essential to know its mathematical motion model, which arises under the influence of forces and moments that cause both rotational and translational movement. The aircraft's mathematical model, which allows for the investigation of the stability of its perturbed motion, describes the process of the aircraft's response to control surface deflections or external disturbances.

This model is nonlinear, making it challenging to obtain practical results. In several cases, to simplify the calculations, the motion can be considered steady, and the perturbation can be considered small. This approach will be applied in the present work. As the following studies demonstrate, even in steady motion, accounting for the influence of wing tips on aircraft stability is extremely complex, which is a primary reason for the scarcity of publications in this area.

In this article, we determine the aerodynamic forces acting on the aircraft during steady horizontal flight and the longitudinal moment of these forces relative to the transverse axis passing through the center of gravity for a wing equipped with aerodynamic tips such as AT Winglets.

Longitudinal moment wing with aerodynamic tips

We place the origin of the coordinate system at the center of the wing, with the Oz – axis directed along the span to the right, the Oy – axis upwards, and the Ox –axis aligned with the airflow. The longitudinal (pitch) moments are calculated relative to the axis based on all forces acting on the aircraft. In horizontal flight, the airplane is influenced by the following forces:

– the weight force G acts on the center of gravity and is always directed vertically downward towards the center of the earth;

– the aircraft's lift Y acts at the center of pressure and is directed perpendicular to the direction of the undisturbed airflow;

– the drag force of the aircraft Q – is located on the longitudinal axis and is directed in the direction opposite to the movement of the aircraft;

– the tractive force P is generally directed towards the aircraft along the engine axis;

– the total aerodynamic forces are generated by the upper tips.

The force generated by the left upper end is labeled $\vec{R}_l^u$, and the force generated by the right upper end is labeled $\vec{R}_r^u$.

The projections of these forces onto the axis of the chosen coupled coordinate system are given by the formulas:

$$\begin{aligned}\vec{R}_l^u &= \left\{R_l^u \cos\varphi\sin\alpha_z, R_l^u \sin\varphi + R_l^u \cos\varphi\sin\alpha_z\right\};\\ \vec{R}_r^u &= \left\{R_r^u \cos\varphi\sin\alpha_z, R_r^u \sin\varphi - R_r^u \cos\varphi\sin\alpha_z\right\};\end{aligned} \quad (1)$$

– the total aerodynamic forces created by the lower tips, denoted, respectively, the left $\vec{R}_l^l$ and right $\vec{R}_r^l$. The projections of these forces on the coordinate axes are expressed by the formulas

$$\begin{aligned}\vec{R}_l^l &= \left\{R_l^l \cos\varphi\sin\alpha_z, R_l^l \sin\varphi + R_l^l \cos\varphi\sin\beta\right\};\\ \vec{R}_r^l &= \left\{R_r^l \cos\varphi\sin\alpha_z, R_r^l \sin\varphi - R_r^l \cos\varphi\sin\beta\right\}.\end{aligned} \quad (2)$$

The magnitudes of the forces defined by formulas (1) at the upper left and upper right wingtips are equal. As a result, the indices indicating "left" and "right" for these force magnitudes will not be used in the future. This also applies to the forces defined by formulas (2). Therefore, the magnitudes of the aerodynamic forces produced by one upper and one lower wingtips will be represented in the form.

$$\vec{R}_l^u = \vec{R}_r^u = R^u;$$

$$\vec{R}_l^l = \vec{R}_r^l = R^l.$$

The coefficients of forces R^u and R^l denote, respectively, the letters C^u and C^l i.e.

$$R^u = C^u \frac{\rho V_\infty^2}{2} S ;$$

$$R^l = C^l \frac{\rho V_\infty^2}{2} S .$$

The forces generated by the wingtips are relatively small compared to other forces acting on the aircraft. We will assume that variations in these forces with changes in the angle of attack are also minor.

We will assume that the aircraft's center of gravity is located on the axis Ox at a distance x_T from the nose of the aircraft. The distance from the nozzle to the center of pressure will be denoted as x_D, and the distance to the focus point will be denoted by x_F.

If necessary, we will assume that these points are situated on the mean aerodynamic chord (MAR) and are measured from the leading edge of the MAR. The position of the focus is significantly affected by the Mach number: in the transonic range, there is a sharp rearward shift of the focus, which stabilizes with further increases in Mach number.

We will also assume that the vertical projections of the centers of pressure of all parts of the wingtips intersect with the axis Oz. The distance of the centers of pressure of the upper halves of the wingtips from the axis Oz, will be denoted as y^u, while the centers of pressure of the lower halves will be denoted as y^l.

Consequently, the wingtips together will produce a diving moment relative to the axis Oz:

$$M_z^u = -2 y^u R^u \cos\varphi \sin\alpha_z ,$$

and the lower parts of the wingtips will create a tuning moment

$$M_z^l = -2 y^l R^l \cos\varphi \sin\beta .$$

Considering the aerodynamic forces on the wingtips in terms of their coefficients and dynamic pressure, we can express:

$$\begin{aligned} M_z^u &= -2 y^u C^u \frac{\rho V_\infty^2}{2} \cos\varphi \sin\alpha_z ; \\ M_z^l &= -2 y^l C^l \frac{\rho V_\infty^2}{2} \cos\varphi \sin\beta . \end{aligned} \qquad (3)$$

From these formulas, it is clear that if the angles of collapse of the lower wingtips are such that $\phi = \pi/2$, then only the diving moment from the upper wingtips will be present.

Conversely, if $\phi = \pi/2$, then only the trimming moment from the lower wingtips will be present. Additionally, if a particular collapse angle is zero, the corresponding moment reaches its maximum value.

If the angle of collapse of the lower wingtips $\phi = \pi/2$, then the elongation of the effective centering of the aircraft is greatest at a constant twist angle of the lower wingtip β, and if $\phi = \pi/2$, under the same condition, the displacement of the aircraft alignment does not occur. Similarly, if the angle of cambering of the upper wingtip $\phi = 0$, then the extension of the effective focus of the aircraft is greatest with the

unchanged twist angle of the upper wingtip α_z, and if $\phi = \pi/2$, under the same condition, the shift of the effective focus of the aircraft does not occur. Obviously, in the presence of only vertical (upper) wing tips, the effective focus of the aircraft is shifted as much as possible, and the alignment does not change.

It is important to note that for wings with wingtips, the moments (3) are associated with the wing's lifting force and always occur when there is a lifting force.

Furthermore, the angles of twist of the aerodynamic wingtips α fnd β are sufficiently small.

Dividing the expression of the moments into an expression $\frac{\rho V_\infty^2}{2} Sb$ and denoting

$$M_z^u = \frac{M_z^u}{\frac{\rho V_\infty^2}{2} Sb}; \qquad M_z^l = \frac{M_z^l}{\frac{\rho V_\infty^2}{2} Sb},$$

we obtain the expressions for the coefficients of the moments created by the wingtips

$$\begin{aligned} m_z^u &= -2\bar{y}^u C^u \cos\varphi \sin\alpha_z; \\ m_z^l &= -2\bar{y}^l C^l \cos\varphi \sin\beta, \end{aligned} \qquad (4)$$

where $\bar{y}^u = \frac{y^u}{b}$, $\bar{y}^l = \frac{y^l}{b}$ are denoted.

The sum of expressions (4) represents the coefficient of the longitudinal moment generated by the wingtips.

$$M_{zz} = -2\bar{y}^u C^u \cos\varphi \sin\alpha_z + 2\bar{y}^l C^l \cos\varphi \sin\beta, \qquad (5)$$

where m_{zz} is the coefficient of the longitudinal moment generated by the wingtips. The first letter of the index denotes the coordinate axis along which the moment is calculated, while the second letter indicates the aerodynamic wingtips to which the moment magnitude belongs. Let us consider some properties of the coefficients of the aerodynamic forces of the tips, taking into account that the wing tips have the main purpose - to reduce the inductive drag of the wing. Calculations show that the coefficient of inductive resistance is proportional to the square of the lift coefficient.

The coefficient of the longitudinal moment of the aircraft consists of the coefficients of the longitudinal moments of the wing, horizontal tail, fuselage, nacelle, power plants, etc:

$$m_z = m_{z,w} + m_{z,ht} + m_{z,f} + m_{z,n} + m_{z,pp} + \ldots$$

When the coefficients for each component of the aircraft are summed [4,5]

$$m_z = m_{zo} + (\bar{x}_T - \bar{x}_F) C_y + m_z^\delta \delta_{ed} + \ldots \qquad (6)$$

where δ_{ed} is the angle of the elevator deflection,

$$m_{zo} = m_{zo,w} + m_{zo,ht} + m_{zo,f} + \ldots$$

– the coefficient of the longitudinal moment of the aircraft with zero lifting force

and with steady RS,

$$\bar{x}_F = \bar{x}_{F,w} + \bar{x}_{F,ht} + \bar{x}_{F,f} + ...$$

– the relative coordinate (related to the chord *b*) of the aerodynamic focus of the aircraft, taking into account its displacement, due to the influence of other parts of the aircraft,

$\bar{x}_T = \frac{x_T}{b}$ – the alignment of the aircraft (the relative coordinate of the center of gravity of the aircraft),

$(\bar{x}_T - \bar{x}_F)$ – the centering reserve.

Note that the relative location of the center of gravity and focus, i.e.

Note that the relative location of the center of gravity and focus, i.e. The reserve of centering is decisive in the formation of the moment ensuring the stability of the aircraft.

For simplicity, we will consider only the terms included in the longitudinal moment coefficient of the aircraft in formula (6). The coefficient of the longitudinal moment for the aircraft, with the presence of aerodynamic wingtips, is then obtained by summing formulas (5) and (6)

$$\hat{m}_z = m_{zo} + (\bar{x}_T - \bar{x}_F)C_y - 2\bar{y}^u C^u \cos\varphi \sin\alpha_z + 2\bar{y}^l C^l \cos\varphi \sin\beta + m_z^{\delta}\delta_{ed} \quad (7)$$

where the coefficient of the longitudinal moment for an aircraft with a wing having wingtips is indicated by the same symbol for a wing without an end, but is equipped with a cap from above, $\hat{m}_z$. As can be seen, the coefficient of the longitudinal moment for an aircraft with a wing without a tip depends linearly on the lift coefficient, and, as we shall see below, for a aircraft with a wing with wingtips, this dependence is nonlinear.

Conclusions. The aerodynamic forces created by the "Winglet" wingtips during flight have been determined and an expression of the longitudinal moment coefficient and its coefficient has been obtained.

References

1. Jafarzada R.M, Ilyasov M.H, Huseynli J.N. Analysis of a finite span of rectilinear winglets. Transactions of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, series of physics-technical and mathem-l sciences, vol. XXXV, No. 1, 2015, p. 120 - 126.
2. Jafarzada R.M, Ilyasov M.H, Huseynli J.N. Influence of wingtips on induced drag force of rectangular wing. "SAEQ" issue 6, Mart 28, 2014, No. 15, p. 12 - 15.
3. Jafarzada R.M, Ilyasov M.Kh, Huseynli J.N. Calculation of the effect of the wingtips of a rectangular wing of a finite span on its inductive resistance, by the method of distributed vortices. Scientific Proceedings of the National Aviation Academy, No. 1, 2015, p. 63 - 77.
4. Ilyasov M.Kh, Malikov E.T. The effect of wing tips of the "at winglets" type on inductive wing resistance. In the press.
5. Seits F., Gologan C. Parametric design studies for propulsive fuselage aircraft consepts. CEAS Aeronautical Journal. 2014. doi: 10.1007/s13272-014-0130-3.

УДК 533.662(075.8)

А.А Кошель
(Державне підприємство «Івченко-Прогрес», Запоріжжя, Україна)

Порівняльний аналіз характеристик повітряних гвинтів

В роботі розглянуто порівняння значень тяги двох варіантів повітряних гвинтів з даними тяги, що є заданими. Наведено основні вихідні дані для проведення математичного моделювання в середовищі ANSYS CFX на визначених режимах роботи повітряного гвинта. За результатами математичного моделювання отримані значення тяги, що порівнянні з тягою, що є заданою. Показано, що варіант 2 є найбільш раціональним, порівняно за варіантом 1.

Повітряний гвинт, що використовується в силових установках в якості рушія літальних апаратів різного призначення, пройшов довгий еволюційний шлях від перших згадок, в 400 роках до нашої ери, в працях стародавніх вчених Архіта (учня Піфагора), 220 роках до нашої ери, Архімеда, до сучасних аеродинамічно досконалих гвинтів, що реалізували концепцію повітряного гвинта для рушія літаючої машини, яка була запропонована в XV столітті Леонародо да Вінчі [1] та реалізована братами Райт в 1903 році, коли вони вперше підняли літак у небо з використанням перше успішно реалізованого повітряного авіаційного гвинта.

Брати Райт на основі своїх інноваційних досліджень в аеродинамічній трубі [2]:

дійшли до висновку, що повітряні авіаційні гвинти мають бути більше схожими на крило або профіль крила, а не на гвинт;

виявили, що лопаті повітряного гвинта діють подібно крилу, що обертається, але замість того, щоб створювати підйомну силу за аналогією з крилом, лопаті, що обертаються витісняють повітря назад, створюючи тягу вперед;

виступили з ідеєю додати скручування вздовж кожної лопаті повітряного гвинта, що дозволяє підвищувати їх ККД.

Перші гвинти виготовлялися з дерева і мали фіксований крок, що значно обмежувало льотно-технічні можливості літака.

В подальшому були розроблені повітряні гвинти з постійною швидкістю, тобто гвинти зі змінним кроком, що автоматично регулюють крок, щоб підтримувати постійну швидкість обертання. Більшість сучасних високоефективних силових установок літальних апаратів з повітряним гвинтом використовують повітряні гвинти постійної швидкості, оскільки вони мають кращі характеристики та є більш ефективними.

Еволюція повітряного авіаційного гвинта пов'язана з результатами наукових досліджень світових вчених XIX і XX століть, в першу чергу, У. Ранкіна [3], У. Фруда [4], М.Є. Жуковського [5], С.К. Джевецького [6], A. Betz [7], H. Glauert [8] та іншими, в працях яких створена сучасна теорія повітряного гвинта.

Сформована на даний час теорія повітряних гвинтів дозволяє досліджувати та прогнозувати їх характеристики.

Метою дослідження є порівняння тяги повітряних гвинтів, що спроектовані за різними методиками з умовно визначеною тягою для проекту [9].

Для досягнення мети, що визначена, спроектовані повітряні гвинти за методиками [10] і [11].

Для формування повітряних гвинтів, за обома методиками проєктування, обрано аеродинамічний профіль лопаті на базі аеродинамічного профілю типу NASA GA(W) з відносною товщиною 17% (рис. 1) [12].

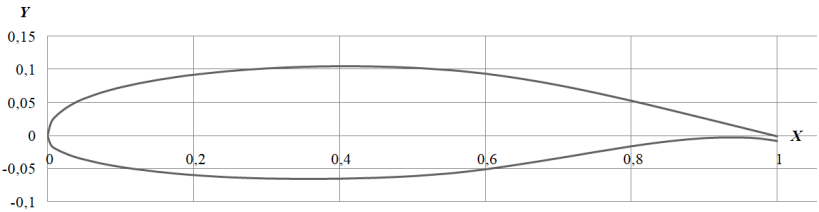


Рис. 1. Переріз профілю лопаті типу NASA GA(W)

За прототипом [9] обрано: максимальний діаметр повітряного гвинта 3,93 м, втулковий діаметр повітряного гвинта 0,615 м та кількість лопотів повітряного гвинта – 7.

За результатами проєктування повітряних гвинтів за методикою [10] отримано 1 варіант повітряного гвинта, а за методикою [11] – 2 варіант.

Для проведення проєктування повітряних гвинтів за обома методиками обрано однаковий розподіл відносної товщини профілю (рис. 2).

Визначені методики відрізняються розподілом циркуляції, а відповідно і розподілом кута атаки профілю, розміру хорди та кута установки профілю за висотою лопаті (рис. 3 - 5).

Математичне моделювання повітряного гвинта в середовищі ANSYS CFX проведено з використанням 3D моделі сектору простору навколо однієї лопаті.

У визначеному секторі простору навколо однієї лопаті побудована кінцево-елементна сітка розрахункової області, у якій використовується O-топологія для опису лопати, H – топологія, для опису стінок обтічника, умовної мотогондолы й простору навколо повітряного гвинта.

За результатами сіткового аналізу обрано розрахунків сітку, що сформована з 8,3 млн. вузлів та середнє значення Y+=1.

Для розрахунку в’язкої течії через повітряний гвинт використано модель турбулентності SST з врахуванням ламінарно-турбулентного переходу моделі Gamma - Thetha.

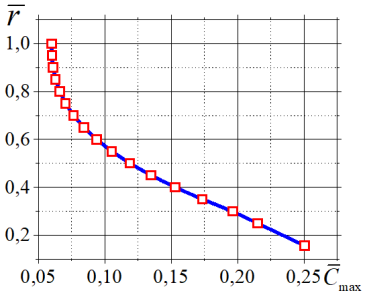


Рис. 2. Розподіл відносної товщини профілю за висотою лопаті повітряного гвинта

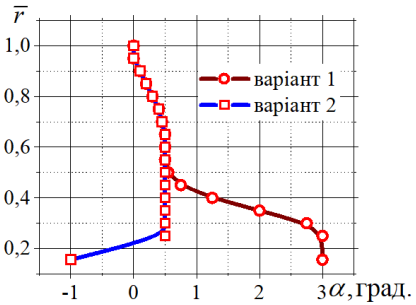


Рис. 3. Розподіл кута атаки профілю за висотою лопаті повітряного гвинта для варіантів 1 і 2

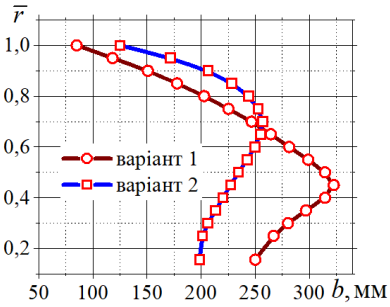


Рис. 4. Розподіл розміру хорди профілю за висотою лопаті повітряного гвинта для варіантів 1 і 2

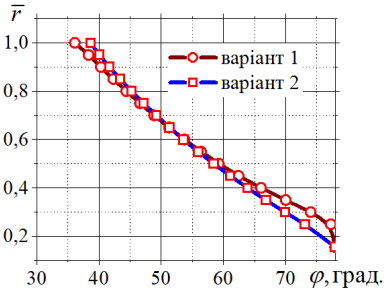


Рис. 5. Розподіл кута установки профілю за висотою лопаті повітряного гвинта для варіантів 1 і 2

Математичне моделювання визначених варіантів повітряних гвинтів проведено при наступних режимах, що наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Режими моделювання

№	режим	висота, м	число М	частота обертання, об/хв	потужність, к.с.
1	максимальний при наборі висоти	4000	0.3	1000	2600
2	максимальний крейсерський	6000	0.45	950	1965

За результатами математичного моделювання повітряних гвинтів на визначених режимах отримано значення тяги повітряного гвинта для варіантів 1 і 2 та значення тяги, що визначена [9]. Значення параметрів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Порівняння результатів розрахунків на визначених режимах

№	режим	тяга гвинта [9], кН	тяга гвинта, варіант 1, кН	тяга гвинта, варіант 2, кН
1	максимальний при наборі висоти	15,789	15,516	15,816
2	максимальний крейсерський	8,826	8,534	8,658

На рис. 6 наведено співвідношення значення розміру тяги повітряних гвинтів 1 і 2 варіантів та розрахункової тяги.

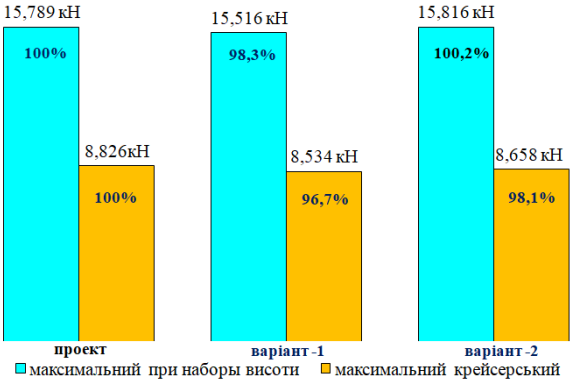


Рис. 6. Співвідношення значення розміру тяги повітряних гвинтів 1 і 2 варіантів та розрахункової тяги

Висновки

За результатами проведених досліджень можливо зробити наступні висновки:

Повітряний гвинт варіанту 2, що отриманий за методикою [11] є найбільш раціональним за показниками тяги, порівняно з варіантом 1, що отриманий за методикою [10]. Разом з тим, варіант гвинта 2 на максимальному крейсерському режимі має на 2:% менше тягу, ніж поставлено в завданні на проєктування [9].

На максимальному режимі (при наборі висоти) повітряний гвинт варіанту 2 має достатню тягу при обраній потужності і може бути використаний для реалізації проекту [9].

Список літератури

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Museo_Nazionale_Scienza_e_Tecnologia_Leonardo_da_Vinci.
2. https://www.biography.om/inventors/orville-wilbur-wright-brothers-first-flight.
3. Rankine WJM. On the mechanical principles of the action of propellers. Trans Inst Naval Architects (British), 1865;6(13).
4. Froude W. Remarks on the mechanical principles of the action of propellers. Trans INA, Vol. 6, London, 1865.
5. Степанов Г.Ю. Теория крыла в трудах Н.Е. Жуковского и С.А. Чаплыгина// Ученые записки ЦАГИ. Т. XXVIII, №1. 1997. С. 6-26.
6. Джевецкий С.К. Теория воздушных винтов. - К.: 1910.
7. Betz, A., with appendix by Prandtl, L., Screw Propellers with Minimum Energy Loss, Gottingen Reports, 1919, pp. 193-213.
8. Glauert, H., "Airplane Propellers, "Aerodynamic Theory, edited by W. Durand, Div. L, Vol. 5, Peter Smith, Gloucester, MA, 1976, pp. 169-269.
9. https://efaca.eu.
10. А.П. Мелников, В.В. Свечников. Теория и расчет лопастей винта часть 1[Текст]: учеб. пособие/ ЛКВВИА – 1947 – 143с.
11. C.N. Adkins, R.B. Leibeck. Design of Optimum Propellers. Journal of propulsion and powerVol. 10, No. 5, Sept.-Oct. 1994.
12. R.B. McGhee. W.D Beasley. Low-speed aerodynamic characteristics of a 17-percent-thick airfoil section designed for general aviation applications. NASA TN D-7428NASA Langley Research Center. Hampton, Va.1973.

УДК 531.7

О.В. Чалий
(Національний авіаційній університет)

Дослідження можливостей координатно-вимірювальних машин, та характеристик датчиків

Досліджено можливості координатно-вимірювальних машин та характеристики датчиків у контексті авіаційного виробництва. Розглянуто роль КВМ у забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції. Проаналізовано ключові параметри датчиків, включаючи чутливість, роздільну здатність та точність.

Найважливішу роль у забезпеченні якості та конкурентоспроможності продукції авіаційного виробництва здійснюється контрольно-вимірювальна процедура, що акцентує увагу на засобах вимірювання та контролю геометричних параметрів елементів, складових частин машин та механізмів. Координатно-вимірювальні машини (КВМ) дозволяють визначати координати кожної точки поверхонь деталей у просторі вимірювання та встановлювати метрологічні параметри відхилень від заданої форми та розташування поверхонь деталей. за допомогою системи керування КВМ. КВМ використовується для вимірювання розмірів і форми виробів з високою точністю. Бажана геометрія виробу визначається специфікацією на проектування, тоді як фактична якість може бути обмежена технічними можливостями постачальників. В даному випадку ми розглядаємо якість з точки зору геометричної характеристики виготовленого виробу. Крім того, важливим аспектом контрольно-вимірювальної процедури є можливість виявлення навіть мінімальних дефектів або відхилень від технічних стандартів, що є ключовим для забезпечення безпеки та надійності авіаційної продукції. Контрольно-вимірювальні процедури з КВМ забезпечують не лише відповідність виробів вимогам якості, але й підвищують довіру споживачів до продукції авіаційної промисловості.

Використання систем координатного вимірювання сприяє підвищенню ефективності виробництва та технічного обслуговування літаків. Модель роботи КВМ створюється на основі принципу раціонального поєднання математичних та інформаційних компонентів. Системи координатного вимірювання забезпечують точне визначення геометричних параметрів деталей та збільшують точність у виготовленні компонентів літаків. Вони дозволяють виявляти навіть мінімальні дефекти або відхилення від заданих параметрів, що є критичним для безпеки авіаційних систем. Використання КВМ також спрощує процес налагодження обладнання та забезпечує його надійну роботу на протязі тривалого часу. Можливість автоматичного збору та аналізу даних дозволяє оперативно виявляти проблеми та вживати необхідні заходи для їх вирішення. Застосування систем координатного вимірювання є ключовим елементом якісного та ефективного виробництва в авіаційній промисловості. Завдяки використанню систем координатного вимірювання можна вдосконалити процеси контролю якості, зменшити відходи матеріалів та підвищити загальну

ефективність виробництва літаків. Крім того, ці системи дозволяють забезпечити високу стабільність та надійність виробничих процесів, що має велике значення для безпеки польотів. Використання точного вимірювання і контролю геометричних параметрів деталей сприяє підвищенню їхньої довговічності та надійності. Крім того, системи координатного вимірювання дозволяють швидко виявляти відхилення від технічних стандартів та оперативно вносити корективи для їх усунення. Загальна автоматизація та інтеграція КВМ у виробничий процес сприяють зниженню часу виготовлення літаків і витрат на їхнє обслуговування.

Датчики вимірювальної головки можна вважати перетворювачем вимірюваної величини l(t) у вихідний сигнал s (t) [1,2]. У динамічному режимі l(t) і s(t) постійно змінюються, і їх взаємозв'язок визначається за допомогою диференціального рівняння, отриманого на основі фізичних принципів та конструкції датчика (1).

$$f_1\left[S^{(n)}, S^{(n-1)}, \dots, s\right] = f_2\left[\lambda^{(m)}, \lambda^{(m-1)}, \dots \lambda\right] \quad (1)$$

Чутливість датчика визначається як співвідношення між зміною вихідного сигналу та величиною одиничної зміни вхідної величини (2).

$$S = lim\left(\frac{\Delta S}{\Delta \lambda}\right)_{\Delta\lambda \to 0} = \frac{ds}{d\lambda} \quad (2)$$

Роздільна здатність визначається як найменша зміна вимірюваної величини, яка може бути виявлена та точно відображена датчиком. Точність описує різницю між виміряною величиною та її реальним значенням; це може відноситися до датчика в цілому або до певного його параметра [3]. Під час конвертації параметра l у сигнал s виникають різноманітні помилки, включаючи методичні, динамічні та інструментальні помилки. У вимірювальній техніці точність датчиків оцінюється за допомогою відносної похибки, яка визначається як відношення абсолютної похибки до абсолютної величини діапазону вимірювання (3).

$$\varepsilon = \frac{\Delta\lambda}{L_\lambda} \text{ чи } \frac{\Delta_s}{L_s} \quad (3)$$

Дрейф визначається як відхилення показників датчика, коли вимірювана величина залишається постійною на протязі довготривалого моменту часу.

Важливим аспектом використання КВМ у авіаційній промисловості є їхня здатність інтегруватися з сучасними системами автоматизованого проектування (САПР) та виробництва. Ця інтеграція дозволяє створювати цифрові двійники фізичних деталей, що значно спрощує процес контролю якості та оптимізації виробництва. Цифрові моделі, отримані за допомогою КВМ, можуть бути використані для порівняння з оригінальними CAD-моделями, що дозволяє швидко виявляти відхилення та вносити необхідні корективи у виробничий процес[4-5].

Крім того, сучасні КВМ все частіше оснащуються системами машинного зору та штучного інтелекту, що дозволяє автоматизувати процес виявлення дефектів та аномалій. Ці системи здатні аналізувати величезні обсяги даних, отриманих під час вимірювань, та виявляти навіть найменші відхилення від заданих параметрів. Це не тільки підвищує точність контролю якості, але й значно прискорює процес виробництва, зменшуючи потребу в ручному інспектуванні деталей.

Важливо також відзначити роль КВМ у забезпеченні відповідності продукції міжнародним стандартам якості, таким як ISO 9001 та AS9100, які є критично важливими для авіаційної промисловості. Використання КВМ дозволяє виробникам документувати процес контролю якості та забезпечувати простежуваність кожної деталі, що є необхідною умовою для сертифікації продукції.

У контексті розвитку технологій Індустрії 4.0, КВМ стають невід'ємною частиною "розумних" заводів. Вони інтегруються в загальну систему управління виробництвом, забезпечуючи постійний потік даних про якість продукції. Це дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення від норми та постійно оптимізувати виробничі процеси.

Розвиток технологій виробництва датчиків також відіграє значну роль у підвищенні ефективності КВМ. Нові типи датчиків, такі як оптичні та лазерні, дозволяють проводити вимірювання з ще більшою точністю та швидкістю. Крім того, розробляються нові методи калібрування датчиків, що дозволяють зменшити вплив температурних коливань та інших зовнішніх факторів на точність вимірювань.

Висновки

Встановлено, що використання систем координатного вимірювання суттєво підвищує ефективність виробництва та технічного обслуговування літаків. Виявлено, що КВМ забезпечують високоточне визначення геометричних параметрів деталей, що критично важливо для безпеки авіаційних систем. Визначено ключові характеристики датчиків вимірювальної головки: чутливість, роздільна здатність, точність та дрейф.

Доведено, що застосування КВМ сприяє оптимізації процесів контролю якості, зменшенню матеріальних витрат та підвищенню загальної ефективності виробництва.

Список літератури

1. Lubin G. Handbook of fiberglass and advanced plastics composites. Van Nostrand Reinhold. –New York, 1969. – 969 p.

2. Hadcock R.N. Joints in Composite Structures. Proc. Conf.Vehicle Design AFFDL-TR-72-13. – 1972. – P. 791–811.

3. Квасніков В. П. Методи та засоби нановимірювань просторових об'єктів : монографія Володимир Павлович Квасніков, Марія Олександрівна Катаєва ; Нац. авіаційний ун-т (м. Київ, Україна). – Черкаси : Весела перерва, 2020. – 166 с. : іл.

4. Квасніков, Володимир Павлович. Принципи побудови інформаційно-вимірювальних систем механічних величин об'єктів із складною просторовою поверхнею з використанням евристичних систем спостереження В. П. Квасніков, С. В. Голуб ; Черкаський держ. ун-т ім. Богдана Хмельницького. - Черкаси : Вид-во ЧНУ, 2003. - 219 с.: рис., табл. - Бібліогр.: с. 194-214.

5. Квасніков В.П., Кочеткова О.В., Сушко З.М. Основні задачі розвитку та сучасний стан інтелектуального управління//Наукові праці ДонНТУ. 2009. С.147-151.

UDC 629.7.083.017.1:543.275

O.E. Volkov, Cand. Sc. (Technology),
V.M. Zemlyanskyi, Dr. Sc. (Phys.-Math.), M.O. Gusev
(International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under NAS and MES of Ukraine, Ukraine)

Laser meter of aerosol microparticles parameters during their spontaneous transformation

A laser dual-wavelength analyzer microparticle (LDAM) based on the diagnostic method [1] is considered. Moving microparticles are irradiated by two pairs of coherent beams at long λ_1 and λ_2. The LDAM uses two anti-phase spatial filtering units of the scattered radiation at both wavelengths λ_1, and λ_2, whose outputs are connected to the inputs of a digital particle analyzer.

In the work [3] the spontaneous formation of H_2O_2 was first established, observed when spraying water microdroplets with a diameter of 1 μm to 20 μm. It is important to note that hydrogen peroxide is used not only as a disinfectant, but also in many other areas, such as metal processing, bleaching cellulose and textiles, and in the mining industry. The chemistry of aqueous microdroplets is at the stage of active development. Let us give some examples that confirm this: reduction of chlorogold acid ($H[AuCl_4]$) to gold nanoparticles [4], reduction of a number of different carboxylic acids [5] and formation of hydrogen peroxide [3, 6].

To study objects of microdroplet chemistry, mass spectrometry, fluorescence microscopy, and NMR research methods are mainly used.

In this paper we consider a laser dual-wavelength microparticle analyzer, which allows, in contrast to classical methods, to observe in real time the spontaneous transformation of both water microparticles, for example, into H_2O_2 and other aerosol transformations.

In the LDAM scheme with symmetrical reception relative to the *OYZ* plane (Fig. 1), passing through the *OZ* scheme axis and located perpendicular to the beam plane, the scattered radiation is received by the diaphragm within the spatial region limited by the opening, which has an axis of symmetry oriented in the *OYZ* plane. In this case, the plane OY_3Z_3, in which the axis of symmetry of the receiving diaphragm lies, coincides with the plane *OYZ*. If the axis of the receiving optics does not coincide with the axis of the *OZ* cheme and makes some angle with it, then in this version of the LDAM it is possible to achieve a higher spatial resolution, especially at small angles `γ between the probing beams. At that, when receiving backscattered radiation, the optical block of LDAM has a more compact design in comparison with the LDAM scheme, in which symmetric reception relative to the plane of the probing beams is realized. The peculiarities of the spatial structure of the high-frequency signal and the method of calculation of its main parameters for the LDAM scheme with symmetric reception of scattered radiation relative to the OYZ plane at different states of polarization of the probing beams are considered:

1) the beams have linear coordinated states of polarization with the direction of oscillation of the electric vectors perpendicular to the *OYZ* plane, or have linear

polarizations with the direction of oscillation of the electric vectors in the *OYZ* plane*;*

2) the first probing beam has right-circular (left-circular) polarization, and the second probing beam has left-circular (right-circular) polarization (Fig. 1);

3) The probing beams have linear polarizations, with the first linearly polarized beam having azimuth "α" (or "$-\alpha$"), and the second beam "$-\alpha$" (or "α").

At symmetric reception of scattered radiation relative to the *OYZ* plane, the spatial structure of the high-frequency signal has certain symmetry properties [7].

It should be noted that for all the above considered states of polarization of probing beams, when a monodisperse particle flux with specified parameters is used as scattering centers in the LDAM scheme, the phase components of the high-frequency signal determined by scattering effects are equal to $\Phi_\partial = 0°$ or $\Phi_\partial = 180°$ [8], it is possible, on the basis of the investigated dependences of the high-frequency signal parameters on the change of the angle between the probing beams γ and the receiving aperture α, to identify the spatial regions of reception for which the high-frequency signals will be in-phase, i.e., to realize the spatial filtering of the scattered radiation [9], which provides a high degree of phase matching of the mixed scattered beams.

Based on the considered theory of calculating the parameters of the high-frequency signal of the LDAM, taking into account the symmetry properties of the spatial structure of the signal, an application program for calculating on a computer the LDAM schemes implementing symmetrical reception of scattered radiation relative to the *OYZ* plane is developed. The results of computer calculation of the LDAM scheme with symmetric reception with respect to *OYZ* at different polarizations of the probing beams are analyzed.

The results of numerical simulation show that when the LDAM scheme implements symmetric reception of scattered radiation (the first type) relative to the *OYZ* plane, a high-frequency signal is formed at the photodetector output, the phase of which can be equal to either $\Phi_\partial° = 0°$ or $\Phi_\partial° = 180°$, if the probing beams have the following polarization states: linear matched: $\alpha_1 = \alpha_2 = 0°$ or $\alpha_1 = \alpha_2 = 90°$; linear with azimuths equal in modulus but opposite in sign: $\alpha_1 = \alpha$ and $\alpha_2 = -\alpha$ (for example $\alpha_1 = 45°$ and $\alpha_2 = -45°$); mutually orthogonal circular polarizations: right-left (or left-right). Moreover, for example, if through the LDAM measurement zone formed by beams at a wavelength of $\lambda = 0{,}6328$ μm a flow of monodisperse particles with a diameter of $d_r = 3{,}78$ μm ($\dot{m} = 1{,}48$) then antiphase spatial filtering [9] will work more effectively with probing beams having horizontal polarization ($\alpha_1 = 0$; $\alpha_2 = 0$). In this case, the phase of the useful signal, as calculations show, takes on the values $\Phi_\partial° = 180°$, and the phase matching coefficient has minimal values $K_\phi = 0{,}604$.

If, under the terms of the experiment, circularly polarized probing beams need to be used in the LDAM scheme, then it is more effective to use, as calculations show, symmetrical reception of scattered radiation back, when the phase coefficient of coordination is $K_\phi = 0{,}857$ ($K_{пн} = 0{,}223$; $V = 0{,}185$). The polarization states of the probing beams are selected when implementing a specific LDAM scheme with a symmetric reception of the first type, depending on both the

parameters of the LDAM scheme and the parameters of microparticles based on numerical modeling.

The paper deals with the peculiarities of operation of a practical variant of implementation of a laser dual-wavelength microparticle analyzer (LDAM) based on the diagnostic method [1], in which the first kind of symmetric reception of scattered radiation is carried out. Moving microparticles are irradiated by two pairs of coherent probing beams, respectively, at long λ_1 and λ_2, which propagate, for example, in the horizontal plane OXZ. If a pair of probing beams at wavelength λ_1 (or λ_2) have coordinated linear polarizations with azimuths $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ or $\alpha_1 = \alpha_2 = 90°$; or linear polarizations, with the first beam having an arbitrary azimuth: $\alpha_1 = \alpha$ ($\alpha = 30°$), and the second beam has a linear polarization azimuth $\alpha_2 = -\alpha$ ($\alpha = -30°$), or circular mutually orthogonal polarizations, in this case, as was shown in [2], high-frequency phase-conjugate signals are formed when receiving scattered radiation in two symmetric directions relative to the OYZ plane. This is the so-called first type of symmetrical two-channel reception of scattered radiation on two photodetectors. The laser dual-wavelength microparticle analyzer also uses two optical blocks for antiphase spatial filtering of scattered radiation at both wavelengths λ_1 and λ_2, the outputs of which are connected to the inputs of the digital particle analyzer.

Conclusions

The proposed laser dual-wavelength analyzer of microparticles of two-phase flow allows at symmetric reception of scattered forward (or backward) radiation in real time to measure unambiguously and accurately the presence in the flow of the real concentration of particles of two types, which differ from each other in optical properties ($\dot{m}_1 \neq \dot{m}_2$), for example, H_2O and H_2O_2, or other microparticles, which are used, for example, to visualize aerodynamic flows in large wind tunnels equipped with laser Doppler anemometers. In addition, the LDAM can also operate effectively when the optical axis of the receiving lens lies in the *OXZ* plane and makes some angle β with the optical axis *OZ*, including when receiving backscattered radiation.

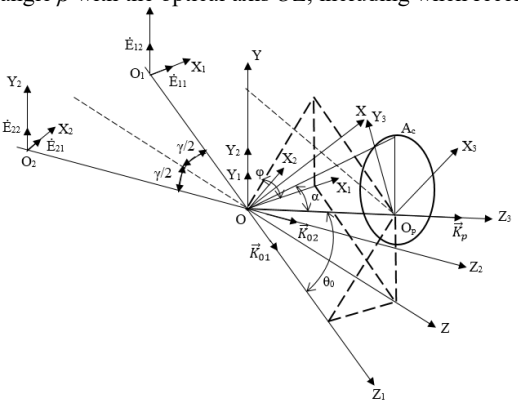


Fig. 1. Symmetrical reception of scattered radiation relative to the plane of symmetry *OYZ*

References

1. Laser two-wave method for diagnostics of a two-phase particle flow: patent a202403816 Ukraine. No. 479433; declared 25.07.2024. 9 p.
2. Zemlianskii V. M. A new phase method of measuring particle`s size with laser Doppler system. *Journal of Aerosol Science*. 1996. Vol. 27, suppl. 1. P. S325–S326.
3. Jae Kyoo Lee, Katherine L. Walker, Hyun Soo Han, Jooyoun Kang, Fritz B. Prinz, Robert M. Waymouth, Hong Gil Nam and Richard N. Zare. Spontaneous generation of hydrogen peroxide from aqueous microdroplets. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2019. Vol. 116, no. 39. P. 19294–19298.
4. Lingling Zhao, Xiaowei Song, Chu Gong, Dongmei Zhang, Ruijing Wang, Richard N. Zare. Sprayed water microdroplets containing dissolved pyridine spontaneously generate pyridyl anions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2022. Vol. 119, no. 12.
5. Jae Kyoo Lee, Devleena Samanta, Hong Gil Nam, Richard N. Zare. Spontaneous formation of gold nanostructures in aqueous microdroplets. *Nature Communications.* 2018. Vol. 9.
6. Chongqin Zhu and Joseph S. Francisco. Production of hydrogen peroxide enabled by microdroplets. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2019. Vol. 116, no. 39. P. 19222-19224.
7. Zemlyansky V. M. Calculation of parameters of the Doppler signal of the LDA taking into account the polarization-phase effects of scattering. Kyiv: Vishcha school. Main publishing house, 1987. 177 p.
8. V. M. Zemlyanskiy. Operational features of LDV with symmetrical reception of radiation. Modern techniques and measurement ant its applications. Pergamon Press, Oxford. New York, 1989, p. 524-527.
9. Zemlijanskij V. M., Gusiev M. O. A new pattern of development of the doppler effect in a coherent geometry of the multi-wave sensing and receiving laser radiation. *Electronics and control systems*. 2014. No. 4(42). P. 57–61.

УДК 539.1.073

Є. П. Швалюк, В.П. Квасніков, д.т.н., професор

Фізичні основи дозиметрії та принципи побудови детекторів випромінювання

Після відкриття рентгенівських променів і явища радіоактивності постало питання кількісного та якісного вимірювання іонізуючого випромінювання. Методи його реєстрації, що спочатку розроблялися для дослідження властивостей радіоактивних речовин, процесів радіоактивних перетворень, надалі лягли в основу загальних методів і приладів радіаційного контролю.

Вимірювання іонізуючого випромінювання – це вимірювання фізичної величини, що характеризує джерело або поле іонізуючого випромінювання, радіоактивні зразки або взаємодію іонізуючого випромінювання із речовиною. Вимірювання іонізуючого випромінювання виконується з метою визначення їх якісних і кількісних характеристик (вид випромінювання, енергія, активність джерела випромінювання, густина потоку тощо). Вплив іонізуючого випромінювання на середовище призводить до іонізації та збудження атомів і молекул цього середовища. Взаємодія іонізуючого випромінювання із різними речовинами приводить до різноманітних змін їхніх фізичних і хімічних властивостей (зміна електричних властивостей, випромінювання світла, зміна оптичних параметрів, температури, об'єму, зміна концентрації продуктів радіаційно-хімічних реакцій і тощо). Ці зміни беруться за основу при розробці методів реєстрації іонізуючого випромінювання.

Історично фотографічний метод реєстрації іонізуючого випромінювання є першим методом, за допомогою якого було виявлено іонізуюче випромінювання. Фотографічний метод – це оптичний метод вимірювання, заснований на вимірюванні під впливом іонізуючого випромінювання оптичної щільності світлочутливого матеріалу після його прояву. Сучасні світлочутливі матеріали, як правило, складаються зі світлочутливого шару – емульсії та підкладки. В якості підкладки зазвичай використовується скло, целулоїд, папір. Залежно від матеріалу підкладки розрізняють фотопластинки, фотоплівки, фотопапір. У цей час з метою дозиметрії, як правило, використовують рентгенівські плівки, що являють собою світлочутливу емульсію, нанесену з одного або двох боків на целулоїдну підкладку.

Емульсія – це суспензія дрібних зерен бромистого (йодистого) срібла в шарі желатину. Через те, що шар емульсії зазвичай буває досить тонким, то більша частина гамма-квантів взаємодіє з речовиною підкладки, а електрони, що утворилися, проходячи через шар емульсії, іонізують кристали бромистого срібла. У результаті іонізації в деяких кристалах утворюються центри схованого зображення – атоми металевого срібла. Після опромінення світлочутливий матеріал має бути оброблений, тобто проявлений, зафіксований, промитий і висушений.

Вимірювання іонізуючого випромінювання завжди пов’язане із виміром тих змін, які виникають у результаті поглинання енергії випромінювання в чутливому об’ємі детектора. Основним елементом будь-якого приладу, призначеного для вимірювання іонізуючого випромінювання, є детектор випромінювання. Детектор – це первинний вимірювальний перетворювач, що перетворює параметри іонізуючого випромінювання у параметри таких фізичних ефектів, що легко можна зареєструвати наявними технічними пристроями [1].

Невід'ємною частиною будь-якого детектора є чутливий об'єм, у якому енергія іонізуючого випромінювання в процесі взаємодії з речовиною перетворюється у певний вид сигналу. Речовина, що представляє собою чутливий об'єм, може бути газом, рідиною, твердим тілом, що й дає відповідні назви детекторам: газові, рідинні, твердотільні. Залежно від характеру взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною розрізняють такі методи його реєстрації: іонізаційні, сцинтиляційні, напівпровідникові, люмінесцентні, фотоемульсійні, хімічні, калориметричні тощо. Одна з основних характеристик детектора - ефективність реєстрації випромінювання — рівна відношенню енергії, поглиненої в чутливому об'ємі, до енергії випромінювання, що проходить через цей об'єм. Вимірювальна апаратура характеризується чутливістю, яка визначається мінімальним рівнем сигналу детектора, який може бути зареєстрований. Різноманітні реєструвальні пристрої обов'язково містять такі складові частини (рис. 1):

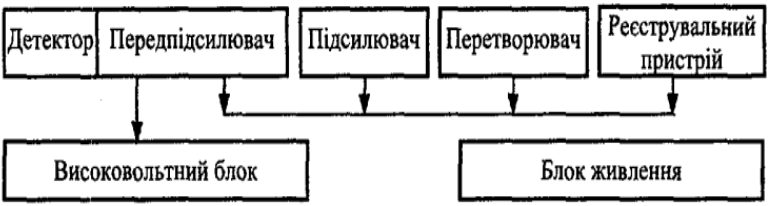


Рис.1. Структурна схема установки реєстрації іонізуючого випромінювання

Детектор для перетворення енергії іонізуючого випромінювання в інші форми енергії, більш зручні для реєстрації (електричну, світлову, теплову тощо); підсилювач для посилення електричних сигналів; перетворювальний пристрій для перетворення електричних сигналів по амплітуді, формі, кількості й тривалості; показувальний або реєструвальний пристрій для перетворення електричного сигналу в сприйману людиною форму.

Реєструвальним пристроєм може бути стрілочний прилад, самопис, електромеханічний лічильник, цифровий індикатор, дисплей тощо; блок живлення для живлення окремих блоків приладу стабілізованою напругою. Для цієї мети можуть використовуватися акумулятори, батареї, високовольтні стабілізатори й інші засоби [2].

Висновки

В роботі докладно показано, як відбувається вплив іонізуючого випромінювання на середовище та яка взаємодія іонізуючого випромінювання із різними речовинами.

Отже, підсумовуючи результати дослідження, зазначимо, що розвиток атомної промисловості, широке використання ядерних технологій у різних галузях народного господарства привели до необхідності створення різних за своєю будовою детекторів іонізуючого випромінювання та методів реєстрації іонізуючого випромінювання.

Список літератури

Чернявський І.Ю., Марущенко В.В., Мартинюк І.М. Військова дозиметрія: навч. посіб. – Х.: ФВП НТУ «ХПІ», 2011. – 528 с.

Ключников О.О., Носовський А.В. Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. – К.: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256 с.

UDC 629.78.523.45

Danil Tsapodoi
(National Aviation University, Ukraine)

TitanAir: Pioneering technological innovations for the exploration of Titan's atmosphere and lakes

The report presents the TitanAir mission, which will explore Titan's atmosphere, lakes, and shorelines using innovative technologies. The project combines advanced physical principles and soft robotics to collect and analyze methane rain. TitanAir has the potential to transform the approach to studying not only Titan but also other planets.



Pic. 1 Artist's depiction of TitanAir

TitanAir is a cutting-edge mission concept for the next decade, designed to unravel the mysteries of Titan's atmosphere, lakes, and shorelines. By combining basic principles of physics, such as capillary action, with advanced technologies like inflatable structures and soft robotics, this ambitious project goes beyond conventional aircraft design. As part of the Space Technology Mission Directorate's (STMD) technology development efforts, the primary focus is on creating a system that allows aircraft to ingest liquids, potentially enabling future flights on other planets.

Anyone who has flown in rainy weather is familiar with how raindrops seem to dance on airplane windows during flight. Due to boundary layer effects, even at speeds of 500 miles per hour, liquid moves slowly across the aircraft's surface. What if the wings or fuselage could absorb this rainwater and analyze it using scientific instruments? Now, imagine this rain being made of methane on a distant planet.

TitanAir aims to study Titan's methane rain, setting the stage for revolutionary scientific exploration of the planet's atmosphere, lakes, and shorelines. Titan's atmosphere is a complex blend of aerosols, responsible for its distinct haze and cloud formations. These aerosols, composed of complex organic materials created in the upper atmosphere, are essential to Titan's methane cycle. As the rain descends from

high altitudes, it may carry organic material into the depths of Titan's lakes and seas. The shorelines, however, may hold the most scientific promise, as they could contain organic-rich sediments where the methane-filled lakes meet the surrounding landscape.

Table 1

Comparison between TitanAir and relevant aircraft

	TitanAir - 2 m	TitanAir - 3 m	NEL/NEL 2	PBY Catalina	Beech 99	Fokker F-28
Fuselage Dia.	2 m	3 m	1 m (est.)	3.11 m	1.6 m x 2 m	3.25
Fuselage Lgth.	18 m	18 m	2.5 m	19.46 m	13.58 m	27.4
Wingspan	25 m	25 m	6.2 m	31.7 m	13.98 m	23.6 m
Wing Area	75 m^2	75 m^2	1.86 m^2	130 m^2	25.98 m^2	76.4 m^2
Root Chord	5 m	5 m	0.3 m	4.57 m	1.98 m	~4.3 m
Aspect Ratio	8.33	8.33	20.67	7.73	5	7.3
Mass (Empty)	5000 kg	10000 kg	138 kg	9485 kg	2510 kg	16114 kg
Wing Load	90 N/m^2	180 N/m^2	100 N/m^2	716 N/m^2	948 N/m^2	2069 N/m^2

TitanAir exemplifies the bold vision of the NIAC program, with the potential to significantly advance planetary science. If proven viable, this technology could transform how we study not only Titan but also Venus and Earth. Backed by a dedicated research team and driven by innovation, TitanAir stands at the forefront of planetary science and technological development.

In conclusion, TitanAir stands as a bold and innovative step toward unlocking the mysteries of Titan, offering the potential to revolutionize our understanding of its

atmosphere, lakes, and shorelines. Through the development of advanced technology, such as a liquid ingestion system and the integration of soft robotics, this project could reshape the way we explore not only Titan but also other planets and celestial bodies in the future. With its pioneering approach, TitanAir has the capacity to significantly advance planetary science and inspire new generations of exploration.

References

1. Loura Hall, NASA 2023, TitanAir: Leading-Edge Liquid Collection to Enable Cutting-Edge Science. Retrieved from https://www.nasa.gov/general/titanair-leading-edge-liquid-collection-to-enable-cutting-edge-science
2. Quinn Morley, Planet Enterprises 2023, TitanAir: Leading-Edge Liquid Collection to Enable Cutting-Edge Science. Retrieved from https://www.planet.enterprises/post/titanair-leading-edge-liquid-collection-to-enable-cutting-edge-science

УДК 531.01

Е.С. Хіль, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Алгоритми та методи вимірювань геометричних параметрів авіаційних деталей

У доповіді розглядаються сучасні алгоритми та методи вимірювань геометричних параметрів авіаційних деталей. Висвітлюються контактні та безконтактні методи вимірювань, включаючи використання координатно-вимірювальних машин, лазерного сканування, фотограмметрії та комп'ютерної томографії. Аналізуються алгоритми обробки даних, такі як фільтрація шумів, розпізнавання форм та методи інтерполяції. Представлені приклади розрахунків для оцінки відхилень форми та розмірів деталей. Обговорюються перспективи розвитку методів вимірювань у контексті цифровізації виробництва та впровадження технологій штучного інтелекту. Доповідь підкреслює важливість точних вимірювань для забезпечення безпеки та ефективності авіаційної техніки.

Авіаційна промисловість вимагає високої точності та надійності у виробництві деталей. Точні вимірювання геометричних параметрів авіаційних деталей є критично важливими для забезпечення безпеки польотів та ефективності літальних апаратів. У цій роботі розглядаються сучасні алгоритми та методи вимірювань, які застосовуються в авіаційній промисловості.

Актуальність теми обумовлена наступними чинниками:

Розвиток технологій виробництва та підвищення вимог до якості авіаційної техніки зумовлюють необхідність постійного вдосконалення методів вимірювань. Актуальність теми полягає в забезпеченні високої точності вимірювань, що безпосередньо впливає на безпеку та ефективність експлуатації літальних апаратів.

Основні методи вимірювань

Контактні методи: а) Механічні вимірювальні прилади:

- Мікрометри: забезпечують точність до 0,001 мм, використовуються для вимірювання зовнішніх розмірів деталей.
- Штангенциркулі: дозволяють вимірювати зовнішні та внутрішні розміри з точністю до 0,05 мм.
- Індикатори часового типу: застосовуються для вимірювання лінійних розмірів, відхилень форми та розташування поверхонь. б) Координатно-вимірювальні машини (КВМ):
- Портальні КВМ: найбільш поширені, забезпечують високу точність вимірювань складних деталей.
- Мостові КВМ: підходять для вимірювання великогабаритних деталей.

- Консольні КВМ: ідеальні для вимірювання деталей середніх розмірів. в) Профілометри:
- Контактні профілометри: вимірюють шорсткість поверхні за допомогою щупа.

Безконтактні методи: а) Лазерне сканування:

- Тріангуляційні лазерні сканери: забезпечують високу точність при вимірюванні складних форм.
- Лазерні трекери: використовуються для вимірювання великих об'єктів з високою точністю. б) Фотограмметрія:
- Близькодіапазонна фотограмметрія: дозволяє створювати 3D-моделі деталей на основі серії фотографій.
- Стереофотограмметрія: використовує стереопари зображень для точного визначення розмірів. в) Комп'ютерна томографія:
- Рентгенівська комп'ютерна томографія: дозволяє проводити неруйнівний контроль внутрішньої структури деталей.
- Нейтронна томографія: застосовується для аналізу композитних матеріалів. г) Оптичні системи вимірювання:
- Інтерферометри: забезпечують надвисоку точність вимірювань плоских і сферичних поверхонь.
- Конфокальні мікроскопи: використовуються для вимірювання мікрогеометрії поверхонь.

Гібридні методи:

- Комбінація контактних та безконтактних методів для підвищення точності та швидкості вимірювань.
- Мультисенсорні системи: поєднують різні типи сенсорів (оптичні, лазерні, контактні) в одній вимірювальній системі. Кожен з цих методів має свої переваги та обмеження, і вибір конкретного методу залежить від типу деталі, необхідної точності, швидкості вимірювання та економічної ефективності.

Алгоритми обробки даних

1. Фільтрація шумів: застосування фільтрів Калмана та медіанної фільтрації
2. Алгоритми розпізнавання форм: метод найменших квадратів, RANSAC
3. Методи інтерполяції: сплайн-інтерполяція, кригінг

Приклади формул розрахунків

1. Розрахунок відхилення від круглості:
   $\Delta r = r_max - r_min$
   де r_max і r_min - максимальний і мінімальний радіуси виміряної поверхні.

2. Визначення площинності поверхні:
   $F = \max(z_i) - \min(z_i)$

де z_i - висота точок поверхні відносно базової площини.

3. Розрахунок середньоквадратичного відхилення:
$\sigma = \sqrt{(\Sigma(x_i - \bar{x})^2 / n)}$
де x_i - виміряні значення, $\bar{x}$ - середнє значення, n - кількість вимірювань.

Висновки:

Сучасні алгоритми та методи вимірювань геометричних параметрів авіаційних деталей забезпечують високу точність та надійність контролю якості. Комбінація контактних та безконтактних методів вимірювань разом з передовими алгоритмами обробки даних дозволяє досягти необхідної точності та ефективності у виробництві авіаційних деталей. Дослідження показують, що застосування новітніх технологій, таких як лазерне сканування та комп'ютерна томографія, значно підвищує швидкість та точність вимірювань. Це, в свою чергу, скорочує час виробництва та зменшує кількість бракованих деталей. Важливо відзначити, що розвиток методів вимірювань йде пліч-о-пліч з розвитком матеріалознавства та технологій виробництва. Нові композитні матеріали та складні геометричні форми деталей вимагають постійного вдосконалення вимірювальних систем та алгоритмів обробки даних. Окремо слід підкреслити роль цифровізації та автоматизації процесів вимірювання. Інтеграція вимірювальних систем з CAD/CAM системами дозволяє створювати цифрові двійники деталей, що відкриває нові можливості для оптимізації виробництва та контролю якості. У перспективі очікується подальший розвиток безконтактних методів вимірювань, особливо в напрямку підвищення їх точності та розширення спектру вимірюваних параметрів.

Також прогнозується активне впровадження методів машинного навчання та штучного інтелекту для автоматизації процесів вимірювання та інтерпретації результатів. Таким чином, постійне вдосконалення методів та алгоритмів вимірювань геометричних параметрів авіаційних деталей є не лише важливим фактором забезпечення безпеки та надійності авіаційної техніки, але й ключовим елементом підвищення конкурентоспроможності авіаційної промисловості в цілому.

Список літератури

1. Smith, J. A., & Johnson, B. C. (2022). Advanced Measurement Techniques in Aerospace Engineering. Journal of Aerospace Technology, 45(3), 234-250.
2. Петренко, О. В., & Іваненко, С. М. (2023). Сучасні методи контролю якості авіаційних деталей. Вісник авіаційної інженерії, 18(2), 56-72.
3. Zhang, L., Wang, K., & Chen, Y. (2021). Application of Machine Learning in Geometric Measurement of Aircraft Components. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 70, 1-12.
4. Brown, R. D. (2020). Handbook of Aerospace Metrology. CRC Press.
5. Ковальчук, А. О. (2022). Лазерні технології в авіаційному виробництві. Київ: Науковий світ.

УДК 004.49

М.В. Головань[1], к.т.н. В.О. Гнатюк[1,2]
([1]Національний авіаційний університет, [2]Державний науково-дослідний інститут технологій кібербезпеки та захисту інформації, Україна)

Інтеграція месенджерів з ШІ у діяльність авіаційного підприємства для підвищення рівня кібербезпеки

Використання віртуальних помічників є актуальним і перспективним напрямком підвищення рівня кібербезпеки та ефективного реагування на потенційні кіберзагрози у сучасних авіаційних підприємствах. З огляду на це, метою даної роботи є організаційно-технічне забезпечення кібербезпеки за допомогою віртуального помічника, який може значно підвищити рівень безпеки в організаціях та знизити ризики кібератак.

Використання віртуальних помічників є актуальним і перспективним напрямком підвищення рівня кібербезпеки та ефективного реагування на потенційні кіберзагрози у сучасних авіаційних підприємствах [1-10].

Опис функціоналу месенджерів з ШІ включає базові можливості, а також може бути доопрацьований. Серед основних можливостей варто виділити:

1. Повідомлення про кіберзагрози (бот може надсилати повідомлення про останні кіберзагрози та інформувати користувачів про нові види атак або вразливості, що виявлені).

2. Навчання користувачів (бот може надавати короткі інструкції або поради з кібербезпеки, допомагаючи користувачам уникати загроз і захищати свої дані).

3. Моніторинг систем КБ (бот може підключатися до систем моніторингу кібербезпеки та надсилати повідомлення про будь-які аномалії або підозрілі активності). Це можуть бути системи виявлення кіберінцидентів (SIEM - Security Information and Event Management), які допомагають виявляти та відстежувати підозрілі активності в комп'ютерних системах та мережах. Ось кілька з них: Splunk: Splunk - це платформа SIEM, яка забезпечує централізований збір, індексацію та аналіз журналів подій з різних джерел, що дозволяє виявляти кіберзагрози та використовувати розумні аналітичні можливості для виявлення аномалій. IBM QRadar: QRadar від IBM - це інша платформа SIEM, яка надає розширені засоби виявлення загроз, включаючи аналіз потоків даних, кореляцію подій та виявлення вразливостей. ArcSight: ArcSight від Micro Focus - це ще одна популярна платформа SIEM, яка дозволяє аналізувати та реагувати на кіберінциденти в реальному часі, а також вести журнал інцидентів та здійснювати аудит безпеки. Elastic Security: Elastic Security (раніше відомий як Elastic SIEM) - це відкрита та розширювана платформа SIEM, яка базується на відомій системі Elasticsearch та надає інтегрований набір інструментів для виявлення та відстеження кіберінцидентів. LogRhythm: LogRhythm - це інша популярна платформа SIEM, яка забезпечує комплексний аналіз журналів подій, виявлення аномалій та автоматизовану реакцію на кіберзагрози.

Ці системи надають широкий спектр функціональності для виявлення, аналізу та реагування на кіберінциденти, що дозволяє організаціям підтримувати високий рівень кібербезпеки.

Узагальнюючи, інтеграція телеграм-бота до систем виявлення кіберінцидентів може полегшити та покращити процеси моніторингу та реагування на кіберзагрози, забезпечуючи більш ефективну та оперативну роботу з безпекою.

4. Запитання та відповіді (бот може відповідати на питання користувачів про кібербезпеку та надавати поради щодо захисту особистої інформації та пристроїв).

5. Повідомлення про підозрілі активності (користувачі можуть надсилати боту звіти про будь-які підозрілі активності або атаки, і бот може надати відповідні рекомендації щодо подальших кроків).

Зважаючи на можливості сучасних месенджерів з ШІ запропоновано схему розробки месенджерів з ШІ для автоматизації організаційно-технічного забезпечення КБ в авіаційному підприємстві зображена на рис. 1.

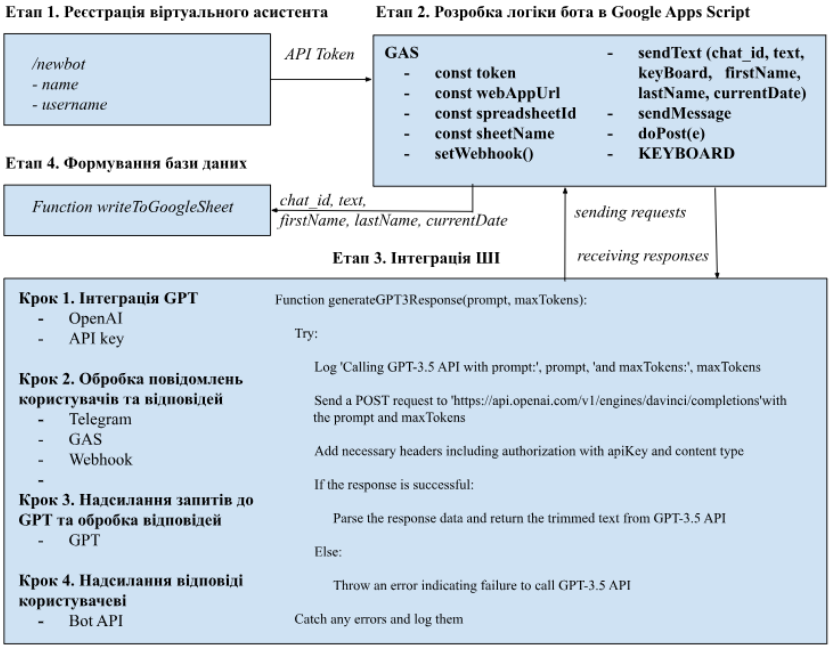


Рис. 1. Схема розробки месенджерів з ШІ для автоматизації організаційно-технічного забезпечення КБ в авіаційному підприємстві

Таким чином, розроблене рішення для автоматизації організаційно-технічного забезпечення КБ в авіаційному підприємстві. Основні можливості включають: повідомлення про кіберзагрози, навчання користувачів,

моніторинг систем КБ, відповіді на запити користувачів щодо КБ, повідомлення про підозрілі активності тощо.

Це загальні особливості розробленого рішення, яке поєднує в собі ефективну комунікацію з користувачами через месенджер, розширення можливостей генерації відповідей за допомогою ШІ, та ефективне управління та аналіз даних через GAS.

Список літератури

1. Al-Riyami, S., & Al-Hinai, S. (2020). A Framework for Automating Cybersecurity Tasks Using Telegram Bots. In International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (pp. 187-197). Springer, Cham.
2. Gupta, B., & Singhal, A. (2020). Cybersecurity Awareness Enhancement through Telegram Bot. In Emerging Technologies in Computing and Communication (pp. 43-52). Springer, Singapore.
3. Al-Safi, A., & Al-Hinai, S. (2021). A Framework for Responding to Cyber Incidents Using Telegram Bots. In International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (pp. 235-246). Springer, Cham.
4. A.S. Al-Hammadi, S.A. Al-Jarrah, A.A. Al-Saffar, A.H. Al-Hammadi. "Cybersecurity Awareness Enhancement Using Telegram Chatbot". 2020 IEEE 10th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS), 2020, pp. 188-193.
5. S.R. Chinnaswamy, A.V. Vasudevan. "A Survey of Chatbots for Cybersecurity Education". 2020 International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering (ICETITE), 2020, pp. 1-6.
6. M.A. Al-Hussein, A.A. Al-Saffar, A.H. Al-Hammadi. "A Framework for Cybersecurity Incident Response Using Telegram Chatbots". 2021 2nd International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence (CSAI), 2021, pp. 1-6.
7. Гнатюк В.О., Бондаренко І.О., Каплун І.С. Використання систем обміну миттєвими повідомленнями для автоматизації надання консультативних послуг. Реєстрація, зберігання і обробка даних. Т 23. № 4. 2021. С. 58-67.
8. Гнатюк В.О., Батрак О.Г., Яроцький С.В. Автоматизована система реєстрації місцезнаходження працівника // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць: Випуск 2 (74). К.: НАУ, 2023. С.14-20.
9. Гнатюк В.О., Батрак О.Г., Скуратівський А.А., Кудренко С.О. Метод оптимізації роботи системи масового обслуговування з використанням віртуального асистента на базі штучного інтелекту // Проблеми інформатизації та управління: Збірник наукових праць: Випуск 3 (75). К.: НАУ, 2023. С.21 -28.
10. Shead, Sam. Why everyone is talking about the A.I. text generator released by an Elon Musk-backed lab. CNBC. https://ramaonhealthcare.com/why-everyone-is-talking-about-the-a-i-text-generator-released-by-an-elon-musk-backed-lab/.

УДК 004.056.55:621.391 (043.2)

В.О. Гнатюк к.т.н., доц., О.О. Матвійчук-Юдін
(Національний авіаційний університет, Україна)

Оптимізація стеганографічних методів для захисту службових даних

Окреслено сучасні стеганографічні методи, що спрямовані на забезпечення конфіденційності службових даних. Враховуючи актуальні загрози в інформаційній безпеці, запропоновано оптимізовані підходи для покращення стеганографічних алгоритмів, які використовуються для захисту інформації. Розглянуто підходи підвищення стійкості даних методів до різних типів атак, зменшення впливу на якість носія інформації та підвищення ефективності алгоритмів у контексті обробки великих обсягів даних.

Наразі відбувається стрімкий розвиток науки та техніки в різних сферах діяльності людини. Цей процес не оминув і глобальний цифровий інформаційний простір. Його динаміка обумовлена такими чинниками:

1. Створенням новітніх технологій для обміну інформаційними ресурсами, зокрема за допомогою бездротових засобів.
2. Впровадженням нових підходів до моделювання алгоритмів функціонування інформаційно-комунікаційних систем.
3. Зростанням попиту на використання цифрових каналів передачі даних у приватному та державному секторах.
4. Збільшенням обсягів інформації, необхідної для належного функціонування різних систем цивільного та спеціального призначення.

Забезпечення інформаційної безпеки державних інформаційних ресурсів є вкрай важливим завданням. Такі ресурси належать державі, і їх охорона регулюється відповідними правовими нормами [1]. Потреба у гарантуванні конфіденційності, цілісності та доступності державної інформації викликана наявністю можливих загроз. Під загрозою мається на увазі ризик порушення ключових аспектів безпеки [2]. Якщо загроза здійснюється навмисно зловмисником, вона перетворюється на цілеспрямовану атаку.

Виокремимо фактори, що зумовлюють потребу у підвищенні рівня захисту державних інформаційних ресурсів:

- виникнення новітніх високошвидкісних технічних засобів, здатних здійснювати несанкціоновані атаки на інформаційні системи;
- використання бездротових технологій при побудові каналів передачі даних;
- використання під час передачі інформаційних ресурсів стандартизованого програмного забезпечення, що знаходиться у вільному доступі.

Зі зростанням загроз інформаційній безпеці зростає і значення державних інформаційних ресурсів. Важливо зазначити, що ці ресурси використовуються для задоволення потреб держави. В процесі створення державних баз даних задіяно велику кількість фахівців та матеріальних ресурсів. На основі виокремленої інформації ухвалюються рішення для державних структур,

міністерств і силових органів. Будь-яка втрата або підміна частини такої інформації може завдати серйозної шкоди державі та підірвати її авторитет як на внутрішньому, так і на міжнародному рівнях.

Актуальні сучасні напрямки для забезпечення безпеки державного інформаційного ресурсу можна виділити наступні: рис.1.

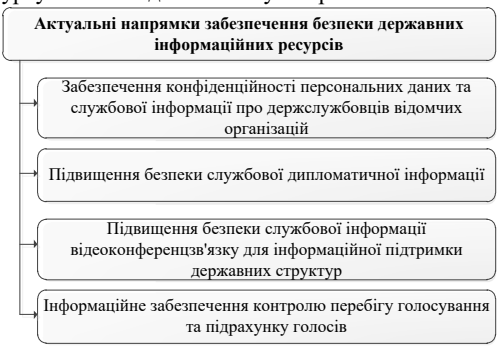


Рис.1. Напрямки забезпечення безпеки державного інформаційного ресурсу.

Різноманітність стеганографічних методів потребує їхньої систематизації. Втім, побудова стеганосистеми має враховувати наступні положення:

- стеганосистема повинна мати складність обчислення реалізації (тобто, прийнятну кількість арифметико-логічних дій для вбудовування повідомлення у стеганоконтейнер та вилучення з нього інформації);
- при виявленні факту існування вбудованого повідомлення порушник не повинен мати можливості дістати це повідомлення;
- методи приховування мають забезпечити цілісність вбудованого повідомлення для одержувача;
- повинна забезпечуватись необхідна пропускна здатність стеганоконтейнера;
- потенційний порушник має повне уявлення про існування і функціонування стеганосистеми, єдине, що йому не відоме – ключ, за допомогою якого можна визначити факт присутності повідомлення та його зміст;
- порушник має бути позбавлений будь-яких (технічних та будь-яких інших) переваг.

На рисунку 2 показано типову структурну схему стеганографічної системи.

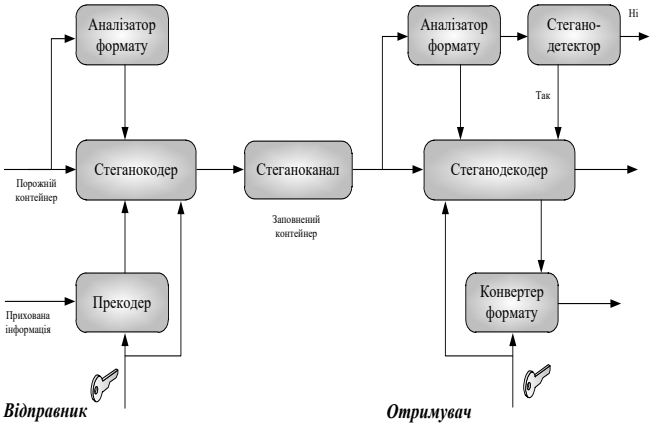


Рис. 2. Структурна схема типової стеганографічної системи з використанням попередньої обробки повідомлення

Основними поняттями у стеганографії є повідомлення та контейнер. Повідомлення $m \in M$ - певна закрита інформація, яку необхідно приховати. $M = \{m_1, m_2, ..., m_n\}$ - множина всіх повідомлень.

Контейнер $c \in C$ - множина відкритих даних, яка використовується для вбудовування закритої інформації. $C = \{c_1, c_2, ..., c_q\}$ - множина всіх контейнерів, причому $q >> n$.

Порожній контейнер – такий контейнер c, який не містить закритої інформації. Заповнений контейнер – такий контейнер c, який містить приховану інформацію (c_m). Заповнений контейнер, який не має візуально відрізнятися від порожнього.

Контейнери бувають двох типів: потокові та фіксовані [3]. Потокові контейнери – це послідовність бітів, яка постійно змінюється. Повідомлення вбудовується у нього в реальному режимі часу, тому заздалегідь невідомо, чи вистачить розміру даного контейнера для передачі повідомлення повністю. Фіксовані ж контейнери мають фіксований розмір, тому є можливість обрати оптимальній контейнер для передачі повідомлення. Розмір контейнера повинен, принаймні, у декілька разів перевищувати розмір повідомлення, і, чим більше дане співвідношення, тим надійніше приховане повідомлення. Для підвищення рівня захищеності секретної інформації повідомлення можна попередньо зашифрувати стійким криптографічним алгоритмом. Також часто використовується завадостійке кодування.

Процес звичайного стеганографічного перетворення описується наступними залежностями:

$$E : C \times M \to S; \qquad (1)$$

$$D : \ S \to M; \qquad (2)$$

де

$S = \{(c_1, m_1), (c_2, m_2), ..., (c_q, m_q)\} = \{s_1, s_2, ..., s_q\}$ - множина заповнених контейнерів (стеганограм).

Залежність (1) описує процес приховування інформації, залежність (2) – витягування прихованої інформації. Однією із обов'язкових умов при цьому є відсутність «перетину», тобто, якщо $m_a \neq m_b$ (причому $m_a, m_b \in M$, а $(c_a, m_a), (c_b, m_b) \in S$), то $E(c_a, m_a) \cap E(c_b, m_b) = \varnothing$.

Тож в загальному випадку стеганосистема – це сукупність $\sum (C, M, S, E, D)$ - контейнерів, повідомлень та перетворень, що їх зв'язують. Майже завжди контейнери C обираються таким чином, щоб заповнений контейнер майже не відрізнявся від порожнього контейнера. Стеганосистема може вважатися надійною, коли $sim\,[c, E(c, m)] = 1$ (де sim – функція подібності). Контейнер може обиратися двома способами: довільно (сурогатний метод) та підбором найбільш придатного у конкретному випадку контейнера, який зміниться найменше при перетворенні. Умова вибору найбільш придатного контейнеру описується наступним виразом::

$$c = \max sim[x, E(x, m)] \qquad (3)$$

Тут sim – функція подібності; E – пряме стеганографічне перетворення, c – стеганографічний контейнер.

В будь-якому випадку пряме та зворотне перетворення (E та D) мають відповідати одне одному та підлягати умові, що незначне викривлення контейнера (на величину δ) не має призводити до викривлення прихованої інформації (залежність (4)):

$$E(c, m) \approx E(c + \delta, m) \quad \text{або}$$
$$D[E(c, m)] \approx D[E(c + \delta, m)] = m \qquad (4)$$

Для зрівняння та аналізу існуючих стеганографічних систем необхідно сформулювати систему показників ефективності стеганографічних перетворень.

Це дозволить виявити такі методи, які дозволять оптимально вирішити завдання підвищення безпеки державного інформаційного ресурсу.

Висновок: В результаті дослідження, можна констатувати важливість забезпечення конфіденційності службової інформації для державних структур і відомчих організацій. Підвищена значимість такої інформації для функціонування інформаційних систем у державних інтересах, а також зростання загроз для її конфіденційності, підкреслюють необхідність надійного захисту даних. Запропонований підхід, що передбачає використання методів цифрової стеганографії для прихованої передачі службових даних, демонструє потенціал для підвищення безпеки інформації. Розглянуто основні принципи функціонування стеганографічних систем, що підтверджує їх ефективність як інструменту захисту від несанкціонованого доступу та розкриття. Використання стеганографічних методів може суттєво посилити заходи з безпеки службової інформації, сприяючи таким чином більшій стабільності та захищеності державних інформаційних ресурсів..

Список літератури

1. O.Y. Lavrynenko, D.I. Bakhtiyarov, G.F. Konakhovich analyzed the effectiveness of the voice identification system based on MFCC and GMM-SVM under the influence of interference in the communication channel. - Scientific technologies, 2023. Vol. 59. No. 3. p. 289.

2. V Barannik, O Ignatyev, G Pris, Y Sidchenko A Method of Encoding Video Information to Increase its Reliability in an Information and Telecommunications Network . - 2023 IEEE 5th International Conference on Advanced, 2023. pp. 203-206.

3. Конахович Г.Ф., Прогонов Д.О., Пузиренко О.Ю. Комп'ютерна стеганографічна обробка та аналіз мультимедійних даних [підручник] – К.: «Центр учбової літератури», 2018. 558 с.

УДК 621.373.5

Я.В. Грицев аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Конфігурування фазового шуму в синтезаторах частоти

Порівняння методів побудови синтезаторів частоти за рівнем фазового шуму, складністю побудови, ширини смуги пропускання та стабільності частоти. Розробка методу побудови синтезаторів частоти для конфігурації фазового шуму.

Актуальність теми

Негативний вплив фазового шуму розповсюджується на:

- Спектр частотного сигналу.
- Стабільність та точність частоти.
- Динамічний діапазон.
- Стабільність фази.

Забезпечення низького рівня фазового шуму є важливим питанням у таких системах як: радіолокація, супутниковий зв'язок, високочастотні системи передачі та вимірювального обладнання. Це пов'язано зі збільшенням вимог до рівня фазового шуму цих систем, а саме стабільності та точності сигналу. Наприклад в радіолокації при високому рівні фазового шуму зменшується точність вимірювання дальності об'єкта та його швидкості.

Мета

Розробка методу побудови синтезатора частоти на базі існуючих, для компенсації та конфігурації рівня фазового шуму. Діапазон робочих частот такого синтезатора є X, тобто широкосмуговим. Рівень фазового шуму не більше -110 dBc/Hz при при зміщенні від несучого сигналу 100 кГц.

Дослідження методів побудови синтезаторів частоти

Три розповсюджені методи побудови синтезаторів частоти: PLL (Phase-LockedLoop), DDS (Direct Digital synthesis), діелектрично-резонансний (ДР) генератор.

PLL має високу стабільність частоти, але має у порівнянні з іншими методами має гірші значення фазового шуму через вплив фазових шумів VCO та опорного сигналу. Основною перевагою між іншими методами є широка частотна смуга.

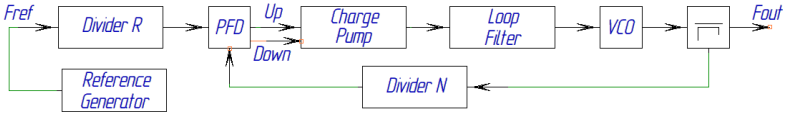


Рис. 1 Функціональна схема PLL

Divider R - подільник опорного сигналу,

Вихідний сигнал синтезатора частоти:

$$f_{out} = \frac{N}{R} * f_{ref} \quad (1)$$

f_{out} - вихідний сигнал, N - коефіцієнт ділення в петлі PLL, R коефіцієнт ділення опорного сигналу, f_{ref} - опорний сигнал.

Збільшенні коефіцієнта N сприяє збільшенню фазового шуму PLL. Відбувається масштабування фазового шуму опорного генератора пропорційно квадрату N.

$$\zeta(f) = (\frac{N}{R})^{2} \zeta_{ref}(f) \quad (2)$$

$\zeta(f)$ - фазовий шум PLL, $\zeta_{ref}(f)$ - фазовий шум опорного генератора.

По вертикальній осі Phase noise - фазовий шум, по горизонтальність осі Frequency - частота зміщення від несучого сигналу. Вихідний сигнал 8.77 ГГц, частотна полоса петлі 2 кГц.

DDS мають в перевагу в точності встановлення частоти, та є кращими у порівнянні з PLL за показниками фазового шуму, але також негативний вплив має на фазовий шум тактовий генератор. Але даний метод не дає можливості отримати широкосмуговий синтезатор частоти в X діапазоні.

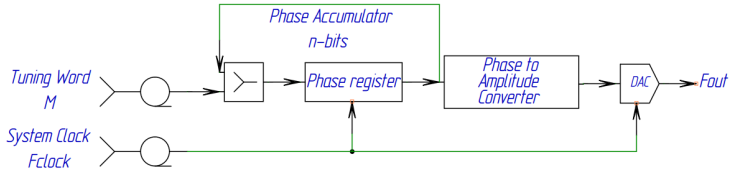


Рис. 2 Функціональна схема DDS

$$f_{out} = \frac{M}{2^{n}} * f_{clock} \quad (3)$$

f_{out} - вихідна частота, M - приріст фази, n - кількість бітів, у фазовому акумуляторі, f_{clock} - частота тактового генератора.

Значний вплив на фазовий шум має в DDS має якісь тактового генератора, та нелінійність цифрового перетворювача.

Фазовий шум тактового генератора потрапляє у вихідну частоту, якщо враховувати його, тоді

$$\zeta(f) = \zeta(f_{clock}) + 20log(\frac{f_{out}}{f_{clock}}) \qquad (4)$$

$\zeta(f_{clock})$ - фазовий шум тактового генератора.

Нелінійність цифрового перетворювача формує вихідний сигнал і будь яка нелінійність (помилка перетворення) призводить до спотворення сигналу, а це в свою чергу збільшує фазовий шум DDS. Також це називається квантування фази, і виглядає наступним чином:

$$\zeta(f) = \zeta(f_{clock}) + 20log(\frac{f_{out}}{f_{clock}}) \qquad (5)$$

ДР генератор, має найнижчі значення фазового шуму в порівнянні з іншими методами, та може працювати в X діапазоні. Але має вузьку частотну смугу пропускання.

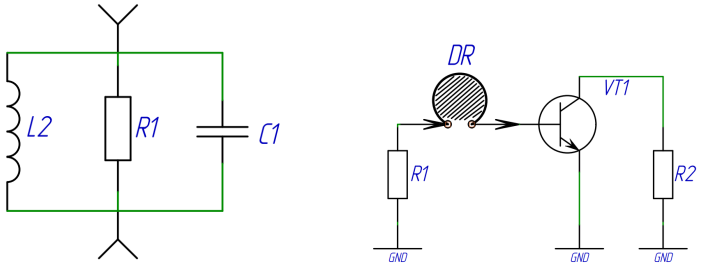


Рис. 3 Схема ДР генератора.

$$f_{res} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} * \frac{1}{\sqrt{\mu_0\mu_r\epsilon_r\epsilon_0}}$$

f_{res} - резонансна частота, c - швидкість світла, $\mu_0\mu_r$ - магнітна проникність вакууму і матеріалу відповідно, $\epsilon_r\epsilon_0$ - діалетрична проникність матеріалу і вакууму відповідно.

Рівняння загального рівня фазового шуму:

$$\zeta(f) = \frac{F*kT}{2P_{in}Q}$$

F - фазовий фактор підсилювача, k - постійна Больцмана, T - температура, P_{in} - вхідна потужність сигналу, Q - добротність резонатора.

Результати дослідження:

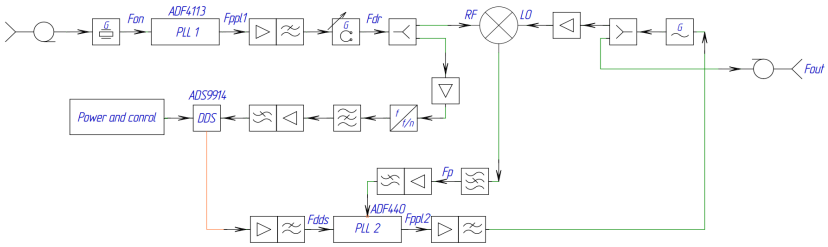


Рис. 4 Схема розробленого методу синтезатора частоти

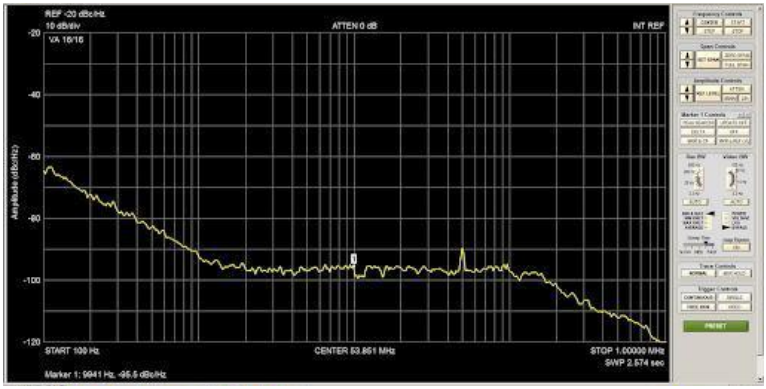


Рис. 5 Результати вимірювань фазового шуму розробленого методу.

Так як PLL може працювати в X діапазоні, та при цьому зберігати широку частотну смугу, на його базі розроблено метод синтезатора частоти. Але для конфігурування фазового шуму було використано інші методи. ДР генератор, використовується для забезпечення опорного сигналу PLL, так як він має найкращі значення фазового шуму, що є чинником який впливає на фазовий шум PLL, і при цьому подати вищу частоту порівняння, яка буде близькою до вихідної частоти, що в свою чергу забезпечить зниження фазового шуму. Також використовуючи DDS, забеспечується широкосмуговість та точність встановлення частоти.

Висновки

В результаті дослідження найбільш поширених методів побудови синтезаторів частоти, таких як PLL, DDS та ДР генератори, було розроблено новий метод, який допоможе побудувати широкосмуговий синтезатор частоти, який працює в X діапазоні та має низький рівень фазового шуму. Даний

результат вдалося отримати при поєднанні декількох методів, де ДР генератор використовується як опорний сигнал для PLL, та DDS забезпечує широкосмуговість та точність встановлення вихідної частоти сигналу.

Список літератури

1. Rohde, U. L., & Poddar, A. K. (2012). RF/Microwave Circuit Design for Wireless Applications. John Wiley & Sons.
2. Floyd, M. (2008). *Phase Noise and Frequency Stability in Oscillators*. Cambridge University Press.
3. Banerjee, D. (2006). *PLL Performance, Simulation, and Design*. Dog Ear Publishing.
4. Wolaver, D. H. (1991). *Phase-Locked Loop Circuit Design*. Prentice Hall.
5. Leeson, D. B. (1966). *A Simple Model of Feedback Oscillator Noise Spectrum*. *Proceedings of the IEEE*, 54(2), 329-330.

UDC 004.415.53:004.7:629.7

R.M. Hamretskyi, K.Y. Zander, V.O. Gnatyuk
(National Aviation University, Ukraine)

Analysis of methods for software quality assessment in aviation information and communication systems

This paper explores methods for assessing software quality in aviation information and communication systems, emphasizing the importance of reliability and safety. The study reviews existing standards, testing approaches, and the potential application of artificial intelligence to enhance the quality and effectiveness of aviation software.

Introduction

The aviation industry is pursuing high safety, reliability, and efficiency standards, significantly emphasizing the quality of software used in information and communication systems (ICS). These systems, crucial for communication between ground services, aircraft, and other infrastructure elements, directly influence flight safety and the efficiency of air transport.

Given the high safety and reliability requirements for software in the aviation industry, software quality must be controlled to meet the specific needs of aviation ICS. This article aims to explore existing methods for evaluating software quality in the context of aviation information and communication systems and analyze the possibilities of using artificial intelligence (AI) to improve software quality in this area.

As the complexity of aviation systems continues to grow, more than traditional methods of software quality assessment may be needed to meet the industry's rigorous demands. Therefore, developing and refining these methods is crucial, with a particular focus on integrating AI-driven approaches. AI has the potential to enhance the accuracy, efficiency, and adaptability of software quality assessments, addressing challenges that conventional techniques struggle to overcome.

Overview of the current state of affairs

The aviation industry is among the most demanding regarding software quality, as its performance directly affects flight safety and human lives. Developers and engineers face the main challenges of complying with stringent standards such as DO-178C, which regulates software development for avionics [1]. This standard defines the software development, testing, and validation processes used in systems and equipment that are critical to flight safety.

Current methods for software quality assessment include static and dynamic code analysis, testing, verification, and validation, as well as various approaches to continuous integration and automated testing. For example, the ISO/IEC 25010:2023 standard offers a systematic quality model covering functionality, reliability, performance, and software security [2]. However, not all methods are sufficiently adapted to the aviation industry's requirements, necessitating further research and development.

Methods for software quality assessment

There are several key approaches to evaluating software quality in aviation ICS:

- Quality Models: Using quality models, such as ISO/IEC 25010, allows for assessing various aspects of software quality, including functional suitability, reliability, efficiency, and security [2]. These models serve as a guideline for developers and help ensure that the software meets the aviation industry's requirements;
- Testing and validation: Critical stages in ensuring software quality, encompassing processes such as unit, integration, and system testing. These stages are indispensable for high-reliability systems, particularly in fields like aviation. According to a study published in the Chinese Journal of Aeronautics, software systems for aviation and other critical applications undergo rigorous testing and validation to meet stringent reliability and safety standards. This process is crucial to ensure that the software meets specified requirements and performs its intended functions effectively [3];
- Static Code Analysis: Using tools for static code analysis helps identify errors and flaws in the code at the early stages of development. A study by Song et al. (2018) demonstrates that static code metrics are frequently utilized in software defect prediction, highlighting their effectiveness in reducing risks and identifying potential defects early in the software development process [4];
- Process Automation: Implementing automated systems for continuous integration and testing (CI/CD) helps reduce the risk of errors and improve software reliability. This approach allows for automatic code checks for compliance with requirements, which is critical for ensuring reliability and safety in aviation systems.

Application of AI in software quality assessment

The application of AI in software quality assessment opens up new possibilities for improving the efficiency and reliability of software development processes in aviation ICS:

- Analysis and Prediction: AI can predict potential issues based on data analysis of previous errors and failures, helping to prevent their recurrence. This approach can be instrumental in aviation, where critical errors can have severe consequences;
- Automated Testing: AI-based systems can automatically generate test scenarios and detect issues that might be missed during manual testing. The use of AI for testing automation significantly reduces testing time and improves software quality;
- Process Optimization: AI can optimize development and testing processes, reducing the time and resources needed to ensure high software quality. A key advantage is the ability to automatically analyze large amounts of data, providing more accurate results.

In summary, integrating AI in software quality assessment introduces a multifaceted approach that enhances predictive capabilities, automates testing, optimizes processes, and strengthens CI/CD pipelines. These advancements collectively contribute to developing more reliable, efficient, and high-quality software systems, indispensable in industries where precision and reliability are paramount.

Assessment and challenges

The application of various methods for software quality assessment in aviation ICS allows for achieving high reliability and safety standards. However, particular challenges are associated with adapting general methods to the aviation industry's needs. For example, standard testing approaches may be insufficient for complex aviation systems, requiring more specialized solutions.

AI opens up new possibilities for improving software quality, but additional research is needed to integrate these technologies fully into existing development and testing processes. Nevertheless, the prospects for applying AI are up and coming, especially given the increasing complexity of ICS.

Conclusions

This study has examined the principal methods for assessing software quality within aviation information and communication systems. The analysis underscores the urgent need for the ongoing refinement and adaptation of these methods to meet the evolving and increasingly complex demands of aviation systems.

Integrating AI into the software quality assessment process is a promising development. It can significantly enhance these evaluations' precision, efficiency, and effectiveness. Further research and targeted development efforts are imperative to fully realize the potential of AI and other advanced methodologies in this field.

In conclusion, the future trajectory of software quality assessment in aviation will likely be shaped by the effective incorporation of emerging technologies. Collaborative efforts between industry practitioners and researchers will ensure that these advancements meet and exceed the safety and reliability expectations intrinsic to the aviation sector.

References

1. RTCA, Inc. DO-178C: Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification. Washington, D.C.: RTCA, Inc., 2011. – 345 p.

2. ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model. International Organization for Standardization, 2023. – 22 p.

3. Zio, E., Fan, M., Zhiguo, Z., & Rui, K. Application of reliability technologies in civil aviation: Lessons learnt and perspectives. Chinese Journal of Aeronautics, 2019. – Elsevier. – P. 132-145.

4. Song, Q., Guo, Y., & Shepperd, M. A comprehensive investigation of the role of imbalanced learning for software defect prediction. IEEE Transactions on Software Engineering, 2018. – IEEE. – P. 1-10.

UDC 621.396

V.M. Lishchenko, PhD, I.I. Kravchenko, Ye.V. Sapiehin
(Kharkiv Ivan Kozhedub National Air Force University, Ukraine)

Method for increasing the ratio signal-noise by connecting separate autonomous radars into a system

Modern realities necessitate us to look for quick and effective ways to improve the quality of radar detection of aerial objects with low radar visibility. Combining autonomous radars into a system will enable more complete use of the reflected signal energy and increase the signal-to-noise ratio.

Increasing requirements for the quality of radar information about the air situation forces not only to look for new technical solutions in the creation of various components of radars, which are the main information sources about the air situation in air defense systems, air traffic control, but also to direct efforts to the development and creation of non-traditional systems and means, which are multi-position radar systems, especially in conditions of critical shortage of time and resources necessary for the creation and development of fundamentally new models of equipment. The importance of such measures is indicated by the analysis of combat experience in the Russian-Ukrainian war, where the number of applications and the intensity of low-contrast air attack vehicles flights, including unmanned aerial vehicles (UAVs), increased significantly. Such air attack vehicles, as a rule, have small values of radar cross-section. High-potential radars with adaptive search are necessary for their effective detection.

The main idea of multi-position radar systems is to use the information contained in the spatial characteristics of the electromagnetic field more effectively (than in conventional monostatic radars). As is well known, when an aerial object is irradiated, a secondary scattering field is created in all directions in space (with the exception of shielded areas). Monostatic radars use information from only one small area of the field corresponding to the aperture (radiating or receiving surface of complex antennas) of the receiving antenna. In a multi-position radar systems, information can be obtained from several areas of the scattering field of an aerial object (or the radiation field of signal sources), which allows to increase the signal-to-noise ratio, immunity to interference and other important characteristics.

The development of multi-position radar systems corresponds to the general trend in technology - the integration of separate technical means into systems, due to the fact that cooperative functioning and interaction of elements, the main characteristics are significantly improved and new opportunities appear.

A global trend in the development of technology is the unification of individual devices into systems, in particular multi-position radar systems. The capabilities of conducting radar reconnaissance in such systems are better than in individual monostatic radars, and the energy potential is much higher. This advantage is achieved thanks to the use of matched processing of radar information. The paper proposes the use of surveillance radars as part of a system with different levels of coherence. Such a system can work more reliably than individual monostatic radars in

difficult environmental conditions. Multiradar systems are more durable and can work in passive or semi-passive modes, determining the coordinates of objects that reflect electromagnetic waves.

Radar systems, depending on the method of combining the same radars, for this case, can use different methods of multi-position radar to determine the coordinates of UAVs. The signal-to-noise ratio of the resulting signal will also depend on the level of coherence in which the system operates, it can be a spatially coherent or incoherent system. For the case of a spatially coherent system, there are options when only one radar works for radiation, and the rest of the radar works only for reception, all radars work for radiation and for reception, while using the same signals in such a way that their in-phase summation occurs on the software with receiving at the input of receiving positions of only one echo signal. There may also be an intermediate option where N positions work for reception and M positions work for transmission, which may be due to tactical or technical reasons.

From the considered cases, the gain in the signal-to-noise ratio will obviously take place in all types of systems, but the largest – in a spatially coherent system, which uses the same signals in such a way that their in-phase summation occurs at the air object with the reception of only one echo at the input of the receiving positions signal. The optimal number of radars should be justified by economic feasibility.

References

1. V. Lishchenko, H. Khudov, V. Tiutiunnyk, V. Kuprii, F. Zots and G. Misiyuk, "The Method of Increasing the Detection Range of Unmanned Aerial Vehicles In Multiradar Systems Based on Surveillance Radars," 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 559-562.
2. H. Hudov, A. Zvonko, S. Kovalevskyi, V. Lishchenko and F. Zots, “Method for the detection of small-sized air objects by surveillance radars”. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 2, issue 9 (92), pp. 61–68, 2018, doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127023.
3. V.Chernyak, Fundamentals of Multisite Radar Systems, Amsterdam, Netherlands: Gordon and Breach Science Publishers, 1998.
4. Khudov H. The Proposals for Synchronization Positions of MIMO Radar System on the Basis of Surveillance Radars / H. hudov, S. Kovalevskyi, A. Irkha, V. Lishchenko, O. Serdiuk, F. Zots // Problems of infocommunications science and technology (PIC S&T’2019) : 2019 IEEE International scient.-pract. confer., October, 8-11, 2019 : thesis of reports. — Kyiv, 2019. — pp. 547—551.
5. Lishchenko V. Method of the Detection Quality Improving by Complexing of the Same Synchronous Radars into Multi-Radar System / V. Lishchenko, H. Khudov, K. Tahyan, E. Sapegin, A. Zvonko and O. Serdiuk // IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), October 10-14, 2022. – Kyiv, Ukraine, 2022. – P. 496-499. DOI: 10.1109/ELNANO. 2019.8783263.

УДК 614.842

Г.Є. Соколов, к.фіз.-мат.н, М.Ю. Заліський,д.т.н., Ю.В. Петрова, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Аналіз ефективності складових елементів системи пожежної сигналізації

Стаття присвячена задачі оцінки надійність системи екстреного оповіщення та управління евакуацією при пожежі на прикладі чотириповерхової адміністративної будівлі. В якості показників надійності для обрано ймовірність безвідмовної роботи та коефіцієнт готовності. У результаті визначено ефективний термін гарантійного обслуговування системи.

Вступ

Завдання аналізу ефективності використання сучасних систем безпеки починають вирішувати на етапі проєктування [1]. Але зазначимо, що єдиного методичного підходу до кількісної оцінки ефективності цих систем досі не існує. Отже, метою даної роботи є демонстрація методу оцінки надійності системи безпеки на основі використання структурної схеми розміщення її елементів та наявних статистичних даних про надійність окремих елементів, щоб мати можливість порівнювати ефективність їх застосування.

Проєктування системи оповіщення про надзвичайні ситуації та управління евакуацією передбачає оснащення кожного приміщення будівлі датчиками пожежної сигналізації та розробку безпечних шляхів виходу з будівлі [1-3]. Кількість датчиків сигналізації та їх характеристики визначаються параметрами зони охорони, вартістю та ризиком заподіяння шкоди здоров'ю людини в кожній конкретній зоні охорони.

У літературі наведено достатню кількість досліджень, присвячених розробці систем безпеки, в тому числі систем оповіщення про надзвичайні ситуації та управління евакуацією, з аналізом їх надійності та вартісних характеристик. Але вони пропонують не загальні підходи, а лише різноманітні приклади розрахунків різних параметрів чи характеристик конкретних систем безпеки об'єктів. У цьому дослідженні пропонується застосувати підходи, які використовуються широко в радіолокації й навігації для аналізу та розрахунку надійності для визначення ефективності функціонування системи оповіщення.

Оцінка надійності системи

Розглянемо методику розрахунку надійності на прикладі проекту системи безпеки для конкретної будівлі. Обраний проєкт системи безпеки розраховано для будівлі з трьома поверхами та підвалом. Кожен поверх має площу 650 кв.м. Будівля має два виходи на вулицю з підвалу та першого поверху, а евакуація з другого і третього поверхів можлива лише через перший поверх, що підвищує вимоги до надійності системи сповіщення.

Будівлю поділили на чотири зони сповіщення: підвал, перший, другий і третій поверхи. Гучномовці розташовані в кімнатах та над сходами. Кількість гучномовців: підвал – 13, перший поверх – 19, другий і третій поверхи – по 17. Використано три типи гучномовців з різною потужністю, залежно від площі приміщення. Кожна зона має незалежну систему селекторного зв'язку.

При подальшому аналізі вважаємо, що технічні характеристики компонентів системи в межах даних технічного паспорта відомі.

Для оцінки надійності системи оповіщення і управління евакуацією потрібно визначити критерій непрацездатності. Система вважається несправною, якщо не передає сигнал хоча б в одну зону. Працездатною вона є, якщо хоча б один гучномовець у кожній зоні функціонує, що дозволяє персоналу організувати евакуацію. У разі виходу з ладу всіх гучномовців в одній зоні, система не працює, навіть якщо інші зони функціонують.

Крім того, якщо блок управління вийде з ладу, вся система стає непрацездатною. Прийнята модель передбачає, що останній працюючий гучномовець сприймається як сигнал тривоги, але ефективність цього підходу під питанням, якщо велика частина гучномовців виявиться несправною.

На основі цього визначено критерії і розроблено схему для розрахунку надійності системи (рис. 1).

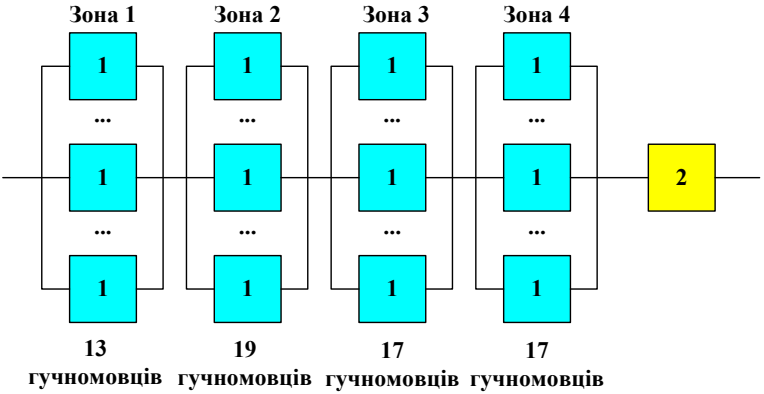


Рис. 1. Структурна схема системи оповіщення та управління евакуацією:
1 – гучномовці, 2 – блок керування та індикації.

Для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи системи потрібна функція безвідмовної роботи компонентів. При експоненціальному законі розподілу часу між відмовами ймовірність безвідмовної роботи гучномовця описується формулою:

$$R_1(t) = e^{\frac{-t}{T_1}}, \qquad (1)$$

де T_1 – середній час між відмовами гучномовця.

Для блоку керування та індикації маємо

$$R_2(t) = e^{\frac{-t}{T_2}}, \qquad (2)$$

де T_2 – середній час між відмовами блоку керування та індикації.

Розрахунок надійності при послідовному та паралельному з'єднанні елементів базується на відомих формулах [4]. Використовуючи їх, було отримано формули для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи кожної із зон системи оповіщення та управління евакуацією, а також і всієї системи.

Важливою характеристикою надійності системи є коефіцієнт готовності, який визначає ймовірність перебування системи в робочому стані у будь-який момент часу. Він розраховується як відношення середнього часу між відмовами до суми середнього часу між відмовами та середнього часу на відновлення.

Нехай середній час між відмовами та середня тривалість відновлення системи описуються випадковими величинами. Коефіцієнт готовності A також є випадковою величиною, яка визначається через функціональне перетворення цих величин.

Згідно з державним технічним стандартом України щодо технічного обслуговування систем протипожежного захисту в частині систем оповіщення про надзвичайні ситуації та управління евакуацією людей середній час відновлення системи становить чверть року, тобто приблизно 2200 годин.

Після деяких спрощень запишемо функцію щільності ймовірності коефіцієнту готовності наступною формулою

$$\omega(A) = \frac{2200}{(1-A)^2}\omega_1\left(\frac{2200A}{(1-A)}\right) \quad \text{для } 0 \le A \le 1. \tag{3}$$

Для проведення розрахунків надійності системи екстреного оповіщення необхідно знати час напрацювання пристроїв на відмову. Однак технічна документація гучномовців і блоку управління не містить цих даних, тому використання гарантійного терміну як замінника є одним із рішень.

Гарантійний термін відображає період, протягом якого виробник гарантує працездатність системи. Він є компромісом між привабливістю товару для покупця та витратами виробника на ремонт. У технічній літературі гарантійний термін і середній час напрацювання на відмову зазвичай пов'язані.

Для оптимізації співвідношення між середнім часом напрацювання на відмову та гарантійним терміном було розроблено математичну модель.

Нехай N– кількість систем, випущених виробником, $R(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи однієї системи, $Q(t)$– ймовірність відмови однієї системи, T_{ws}– гарантійний термін, T_0– середній напрацювання на відмову.

Тоді середня кількість систем, які вийшли з ладу протягом гарантійного терміну і потребують ремонту за рахунок виробника, є функцією співвідношення

$$M = \frac{T_{ws}}{T_0},$$

тобто,

$$N_0 = f\left(\frac{T_{ws}}{T_0}\right),$$

Середня кількість систем, що вийшли з ладу протягом гарантійного терміну, розраховується за формулою:

$$N_0 = \frac{N}{T_{ws}} \int_0^{T_{ws}} (1 - R(t))dt \cdot$$

Таким чином, виробник має зменшення прибутку за рахунок ремонту частини приладів:

$$m = \frac{N_0}{N} \cdot$$

Нехай C – прибуток від продажу однієї системи, aC – зменшення прибутку за рахунок ремонту однієї системи, a – коефіцієнт зменшення прибутку, який показує відносну середню вартість одного ремонту системи (відносно прибутку від продажу одна система), CN – загальний прибуток від партії систем безпеки, aCN_0 – загальний прибуток зниження в партії систем безпеки.

Реальне значення коефіцієнта становить 0.1….0.3. Таким чином, загальний коефіцієнт зниження прибутку від партії приладів:

$$K(M) = \frac{aCN_0}{CN} = ma \cdot$$

Реальна допустима величина зменшення прибутку становить приблизно 5% ... 10%, тобто

$$K_a = 0.05...0.1 \cdot$$

Для числового аналізу ми обчислюємо значення для в діапазоні від 0.1 до 1.0 за допомогою наведених вище формул із параметром. Результати розрахунку наведені на рис. 2.

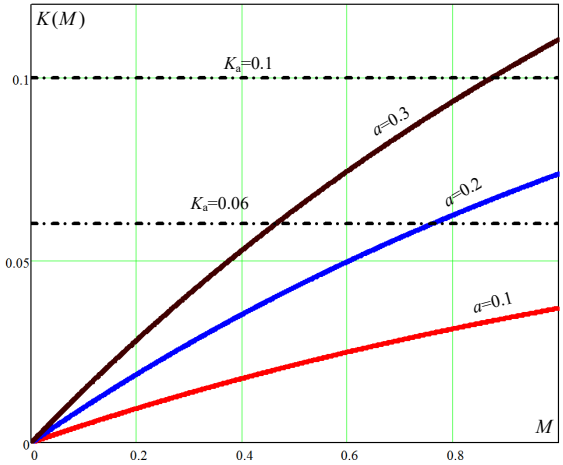


Рис. 2. Номограми для вибору оптимального співвідношення гарантійного терміну та середньої напрацювання на відмову.

Наведені на рис. 2 результати числового аналізу можуть бути використані як номограми для вибору оптимального співвідношення гарантійного терміну і середньої напрацювання на відмову при відомих параметрах гарантійного терміну і середньої вартості ремонту.

Далі було розраховано надійність системи за наведеними вище моделями.

Розрахунок проводився для таких числових значень середнього часу напрацювання на відмову гучномовців і блоку керування та індикації: T_1=10000 годин, T_2=10000 годин.

Висновки

Стаття присвячена оцінці надійності системи оповіщення та управління евакуацією в конкретній будівлі. Розрахунок показав, що ймовірність безвідмовної роботи гучномовців вища за ймовірність роботи блоку керування, що визначає надійність системи. Незважаючи на короткий гарантійний термін акустичного обладнання, система є надійною завдяки моделі роботи, де останній працюючий гучномовець виконує роль детектора тривоги.

У статті запропоновано метод визначення статистичних характеристик стійкої готовності, що базується на функціональних перетвореннях випадкових величин. Результати розрахунку показали середню готовність 0.787 і стандартне відхилення 0.05745, що свідчить про недосконаліть нормативів, які повинні передбачати значення готовності в діапазоні 0.9–0.99.

Рекомендовано використовувати гарантійний термін для визначення середнього часу напрацювання обладнання. Подальші дослідження будуть зосереджені на зборі статистичних даних для вдосконалення моделі надійності систем безпеки.

Список літератури

1. T. L. Norman. Integrated Security Systems Design: Concepts, Specifications, and Implementation. ─ Butterworth, 2007. ─ 472 p.

2. T. L. Norman. Integrated Security Systems Design, A Complete Reference for Building Enterprise-Wide Digital Security Systems. – Butterworth, 2014. ─ 400 p.

3. E. Kuligowski. Guidance Document: Emergency Communication Strategies for Buildings. – The Fire Protection Research Foundation, USA, 2014. ─ 22 p.

4. J.E. Breneman, C. Sahay, E.E. Lewis Introduction to Reliability Engineering. ─ Wiley, New York, 2022. ─ 620 p.

УДК 624.91 (043.2)

Д.В. Мар'єнко, Г.Є. Соколов, к.ф.-м..н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Системи охоронного відеонагляду

Системи охоронного відеонагляду є критично важливими компонентами сучасної системи безпеки, але вони не працюють автоматично, без нагляду людини-оператора. Вибір невеликої кількості критичних зон нагляду дуже важливий, він проводиться емпірично при тестуванні системи. Стаття присвячена тестуванню системи охоронного відеонагляду певного складу..

Вступ

Системи охоронного відеонагляду є критично важливими компонентами сучасної системи безпеки для убезпечення захисту житлових, комерційних та промислових об'єктів. Відеонагляд не лише допомагає у попередженні злочинів, але й у зборі доказів та моніторингу ситуацій у реальному часі.

Але система охоронного відеонагляду має великий та незаперечний недолік: вона не працює автоматично, без нагляду людини-оператора. В системах охоронної сигналізації порушник виявляється автоматично сповіщувачем, тому кількість сповіщувачів, досить дешевих, не являється критичною. А людина-оператор не в змозі оглядати одночасно більше 9 сцен з 9 відеокамер. В [1] приведені результати експериментів і показано, що оператор втомлюється вже за кілька годин та пропускає порушника. Тому вибір невеликої кількості критичних зон нагляду часто проводиться емпірично при тестуванні системи охоронного відеонагляду на об'єкті охорони.

Доповідь присвячена тестуванню системи охоронного відеонагляду.

Система охоронного відеонагляду, яка тестується

Загальна структура системи охоронного відеонагляду показана на рис.1.

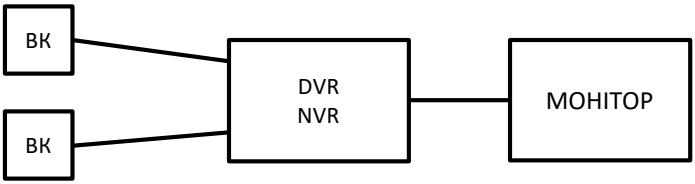


Рисунок 1. Загальна структура системи охоронного відеонагляду.

На рис.1 показані компоненти системи: камери відеоспостереження (ВК), записуючі та комутуючі пристрої (DVR або NVR), монітори, а також програмне забезпечення для управління та зберігання відео.

Камери відеоспостереження можуть бути різних типів, таких як аналогові, цифрові або IP-камери, кожна з яких має свої особливості та переваги. Камери можуть бути стаціонарними або панорамними (PTZ), з можливістю обертання та нахилу. Вони також можуть мати інфрачервоне підсвічування для нічного бачення та різні роздільні здатності.

Відео може зберігатися на жорстких дисках, в мережевих системах зберігання або в хмарі. Записуючі пристрої забезпечують архівування відео та можливість перегляду в реальному часі.

В сучасних системах охоронного відеонагляду запроваджуються такі технологічні інновації:

1. IP-камери: Сучасні IP-камери забезпечують високу якість зображення та дозволяють інтеграцію з іншими системами безпеки через мережу Інтернет. Вони можуть включати функції аналізу відео, такі як розпізнавання обличчя та руху.

2. Аналіз відео: Системи відеоаналізу можуть автоматично виявляти підозрілі події, такі як вторгнення в заборонену зону або несанкціоновані переміщення. Це дозволяє зменшити навантаження на оператора та швидше реагувати на можливі загрози.

3. Системи зберігання даних: Впровадження технологій стиснення відео (наприклад, H.264 або H.265) дозволяє зменшити обсяг необхідного зберігання та зменшити навантаження на мережу.

Система охоронного відеонагляду, яка тестується, має наступні технічні характеристики:

- Монітор Iiyama ProLite E2209HDS / 22", Тип матриці: TN, Діагональ: 22", Співвідношення сторін: 16:9, Роздільна здатність: 1920x1080, Час відгуку: 2 мс, Яскравість матриці: 300 кд/м², Контрастність дисплея: 1000:1, Кути огляду: 170° / 160°, Вбудовані колонки: 2x 2W, Порти: 1x VGA, 1x DVI, 1x HDMI, 2x Audio.
- Відеореєстратор 8-канальний Turbo HD Hikvision DS-7108HQHI-K1. Китайська компанія Hikvision впевнено утримується на перших місцях в світі не тільки по випуску продуктів, але і при розробці нових технологій в сфері охоронного відеоспостереження. Використовуючи ексклюзивний стандарт відеоспостереження HD-TVI (Turbo HD), реєстратор DS-7108HQHI-K1 одночасно зможе обслуговувати CVBS, HD-CVI, AHD і HD-TVI відеопристрої, що включені через 8 роз'ємів BNC, а також 2 мережеві камери роздільною здатністю до 4 MP.

При запису інформації і певному режимі максимальна швидкість складає 25/30 к/с і роздільна здатність 3 Мр. Кодування сигналу H.265, H.265+, H.264 або H.264+ (відео) і G.711u (аудіо). По одному голосовому каналу зв'язку, використовуючи аудіовхід, можна здійснювати переговори. Бітрейт відео в діапазоні 32 Кбит/сек-6 Мбіт/сек, а бітрейт аудіо - 64 Кбит/сек.

Переглядати і відтворювати інформацію можна відразу з усіх камер при режимі 1080p Lite не включений: 3 MP, 1080p, 720p, 4CIF, CIF, VGA, WD1 або при режимі 1080p Lite включений: 3 MP, 1080p lite, 720p lite, 4CIF, CIF, VGA , WD1.

Відеовиходи VGA і HDMI передбачені для підключення монітора. Жорсткий диск до 6 ТБ включається через 1 SATA інтерфейс. Присутні роз'єми: 2 × USB2.0, 1/1 аудіо вхід/вихід і 1 RJ45 10M/100M. Індикація складається з трьох світлодіодів.

• Камери 2МП Turbo HD Hikvision DS-2CE56D0T-IRMMF (C) (2.8 мм) — купольна камера відеоспостереження з роздільною здатністю 2 мегапікселі, призначена для використання в приміщенні. Надає високу якість зображення та багатофункціональна у різних сценаріях відеоспостереження, що робить її ефективним засобом забезпечення безпеки. Основні можливості Hikvision DS-2CE56D0T-IRMMF(C).

Камера оснащена функцією інтелектуального ІЧ-підсвічування з дальністю до 20 метрів, що забезпечує чітке відеоспостереження навіть за низького рівня освітленості. Підтримує 4 різні формати сигналу (TVI/AHD/CVI/CVBS). Об'єктив з фіксованою фокусною відстанню 2,8 мм

Натурне моделювання системи відеонагляду

Тестування системи охоронного відеонагляду проводилось згідно такого плану:

Моделювання сценаріїв: На базі натурного моделювання можна дослідити різні сценарії використання системи відеонагляду. Наприклад, для оцінки ефективності розміщення камер у торговому центрі можна змоделювати різні розташування камер та проаналізувати їх здатність покривати критичні ділянки.

Перевірка функціональності: Проведення тестів для перевірки якості зображення, тривалості зберігання даних та ефективності сповіщення про події. Наприклад, тестування камер в умовах низького освітлення для оцінки їхньої здатності до нічного бачення.

Оцінка інтеграції: Моделювання взаємодії між різними компонентами системи, такими як камери, записуючі пристрої та програмне забезпечення. Це включає тестування мережевих з'єднань та обробки відео.

Результати тестування показані у Табл.1 та на Рис.2

Таблиця1

Тестування системи з камерою 2 Мп на різних відстанях

№	Відстань (м)	Метод перевірки	Очікуваний результат	Фактичний результат	Примітки
1	0,5	Візуальне тестування чіткості об'єктів таблицею	Таблиця добре впізнавана без втрати деталізації.	Об'єкти чіткі	Камера працює коректно на близькій відстані.

2	3	Оцінка чіткості деталей на середній відстані таблицею	Об’єкти впізнавані, але дрібні деталі можуть бути менш чіткими.	Обличчя розпізнаються, але дрібні деталі (наприклад, дрібний текст) розмиваються.	Чіткість дещо знижується, але впізнаваність зберігається.
3	7	Оцінка чіткості та деталізації на дальній відстані	Погано видно деталі, але обличчя впізнавані	Об’єкти розпізнаються	Чіткість помітно знижується



Рисунок 2. Результати тестування

На рис.1 наочно показана можливість ідентифікації людини (верхній знімок, 0,5 м) та неможливість ідентифікації (нижній знімок, 5 м)

Висновок

Аналіз натурного моделювання підтверджує важливість правильної установки та налаштування камер для досягнення максимального покриття і ефективності системи.

Результати досліджень показують:

1. Система відеоспостереження дозволяє ідентифікувати порушника на відстані 0,5-3 м: Обличчя і великі об'єкти легко розпізнаються.
2. Система відеоспостереження не досить надійно ідентифікує порушника на відстані 3-7 м, особливо при недостатньому освітленні.
3. Система відеоспостереження не ідентифікує порушника на відстані 7 м і більше, а лише виявляє його. Рекомендовано використовувати камери з вищою роздільною здатністю (наприклад, 4 Мп або 8 Мп).

Список літератури

М Гарсіа. Проектування та оцінка систем фізичного захисту. М.: Мир-«АСТ», 2002.-386 с.

УДК 624.91 (043.2)

В.М. Кравець, Г.Є. Соколов, к.ф.-м..н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Розпізнавання образів з IP-камери в СКУД

Стаття присвячена розпізнаванню людини по обличчю у системі контролю та управління доступом. Використання сучасних IP-камер із підтримкою штучного інтелекту дозволяє автоматично визначати обличчя людей, і порівнювати з базами даних дозволених осіб. Тестування показало високу ефективність роботи пристрою в реальних умовах.

Вступ

Розпізнавання образів з IP-камери у системах контролю і управління доступом (СКУД) є важливим інструментом для убезпечення безпеки на об'єктах різного типу. У сучасному світі, де питання контролю доступу стають дедалі актуальнішими, технології відеоспостереження набувають ключового значення. Впровадження IP-камер із функцією розпізнавання обличь, транспортних засобів або інших образів дозволяє не лише підвищити ефективність контролю доступу, але й автоматизувати процес ідентифікації та аналізу подій. Це забезпечує точність, зручність і безперервний моніторинг.

Основною метою використання розпізнавання образів у СКУД є убезпечення безпеки за рахунок швидкої та точної ідентифікації осіб або об’єктів, що намагаються отримати доступ до закритих зон. Використання сучасних IP-камер із підтримкою штучного інтелекту дозволяє автоматично визначати обличчя людей, аналізувати їх рух і порівнювати з базами даних дозволених осіб. Це дозволяє використовувати систему розпізнавання обличчя у складі СКУД, де вимоги до ризика помилкового розпізнавання значно вищі, ніж у системах охоронного відеоспостереження [1].

Дослідження

Система контролю і управління доступом, що використовує IP-камери, зазвичай включає декілька ключових компонентів: IP-камери, програмне забезпечення для аналізу відеопотоку та базу даних для зберігання інформації. Камери, які оснащені алгоритмами машинного зору, можуть автоматично розпізнавати обличчя, реєстраційні номери транспортних засобів або інші визначені образи. Технології глибокого навчання та штучного інтелекту дозволяють камерам «вчитися» на базі зображень, покращуючи точність розпізнавання з часом.

Одним із основних аспектів таких систем є можливість ідентифікації в реальному часі. Камери передають відеопотік до центрального серверу, де обробляються дані та зіставляються з базою дозволених або небажаних осіб. Завдяки технології штучного інтелекту можливе автоматичне реагування на спроби несанкціонованого доступу, наприклад, через відправлення сповіщення охоронцям або блокування дверей.

Натурне розпізнавання образів, яке використовується в системах контролю доступу, безпосередньо залежить від низки параметрів і факторів, що можуть впливати на якість та точність ідентифікації. На відміну від ідеалізованих лабораторних умов, де тестується система, в реальних умовах навколишнє середовище, варіації освітлення, ракурси камер та фізіологічні зміни у вигляді об'єктів можуть створювати додаткові виклики для розпізнавання.

Технічні характеристики Модуля ESP32-CAM з камерою OV2640:
Низький рівень споживання енергії
Основна частота до 240 МГц, продуктивність до 600 DMIPS
Пам’ять 520 КБ SRAM, 4 Мб PSRAM
Підтримує інтерфейси, такі як UART / SPI / I2C / PWM / ADC / DAC
Підтримка камер OV2640 і OV7670, вбудований спалах
Можливість передачі зображення по Wi-Fi
Підтримка TF карти
Підтримка кілька режимів сну
Вбудований Lwip і FreeRTOS
Підтримка режиму роботи STA / AP / STA + AP
Підтримка Smart Config / AirKiss
Мікроконтролер входить у комплект з відеокамерою. Зв’язок мікроконтролера з сервером (у якості якого використано ноутбук) здійснюється по Wi-Fi.

Загальна структура розробленого макету показана на рис.1

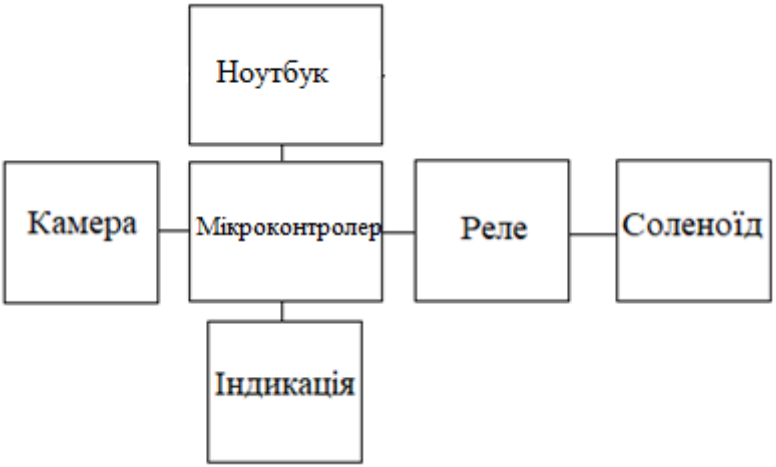


Рисунок 1. Загальна структура макету розпізнавання образів

У розробленій схемі користувач взаємодіє з камерою, після розпізнавання лиця мікроконтролер обробляє інформацію та порівнює з

наявною базою даних, якщо обличча співпадає, мікроконтроллер подає сигнал на світлодіод і на реле, через яке подається живлення на соленоїдний замок

Тестування IP-камери для розпізнавання образів в СКУД

При впровадженні системи розпізнавання образів важливими є декілька параметрів: точність і швидкість розпізнавання, стабільність роботи IP-камер, інтеграція з іншими елементами СКУД. Одна з головних цілей — зменшення кількості помилкових спрацьовувань та збереження високої швидкості ідентифікації. Сучасні IP-камери з потужними процесорами та оптимізованими алгоритмами дозволяють виконувати ці завдання на високому рівні.

Для тестування розпізнавання образів із використанням IP-камери проводилося кілька експериментів в умовах реального середовища. Основною метою було визначити, наскільки камера здатна точно ідентифікувати обличчя та інші об’єкти в різних умовах освітлення, положення та швидкості руху.

Основні результати тестування такі:

1.Точність розпізнавання облич при зміні освітлення: Камера показала стабільні результати розпізнавання при денному світлі та зі спалахом в умовах низького освітлення. Якість зображень дозволяла ідентифікувати обличчя на відстані до 50 см.

2.Аналіз зображень при різних ракурсах: Було протестовано здатність камери фіксувати обличчя при різних положеннях голови (часткове прикриття обличчя, різні кути повороту). Система справлялася з основними завданнями, хоча при значному відхиленні від прямого ракурсу точність знижувалася.

3. При експлуатації протестованого варіанта СКУД необхідна фіксація обличчя людини, що ідентифікується, відносно відеокамери (рис.2).

3. Передача зображень по Wi-Fi: Камера стабільно передавала відеопотік на центральний сервер через Wi-Fi, що дозволяло отримувати дані в режимі реального часу для подальшої обробки. Затримка передачі зображень була мінімальною, що сприяло оперативному реагуванню на події.

Висновок

Тестування IP-камери в натурних умовах для розпізнавання образів у СКУД показало високу ефективність роботи пристрою в реальних умовах. Камера здатна точно розпізнавати обличчя на відстані до 50 см при різних умовах освітлення і положеннях об'єкта. Основні технічні характеристики, такі як низьке енергоспоживання, продуктивність до 240 МГц, підтримка бездротової передачі зображень та інтеграція з різними інтерфейсами, дозволяють використовувати її в складних системах безпеки.

Розпізнавання образів з IP-камери у системах контролю і управління доступом (СКУД) є ключовим інструментом для забезпечення високого рівня безпеки на різних об’єктах. Сучасні технології відеоспостереження, що використовують алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання, надають можливість значно підвищити ефективність процесу ідентифікації осіб і транспортних засобів. Це не лише спрощує і прискорює доступ до закритих

зон для авторизованих осіб, але й дозволяє швидко реагувати на спроби несанкціонованого проникнення.

Система контролю та управління доступом, що протестована, не дає можливості вільного проходу людей повз камеру, як це відбувається в системах охоронного відеонагляду.

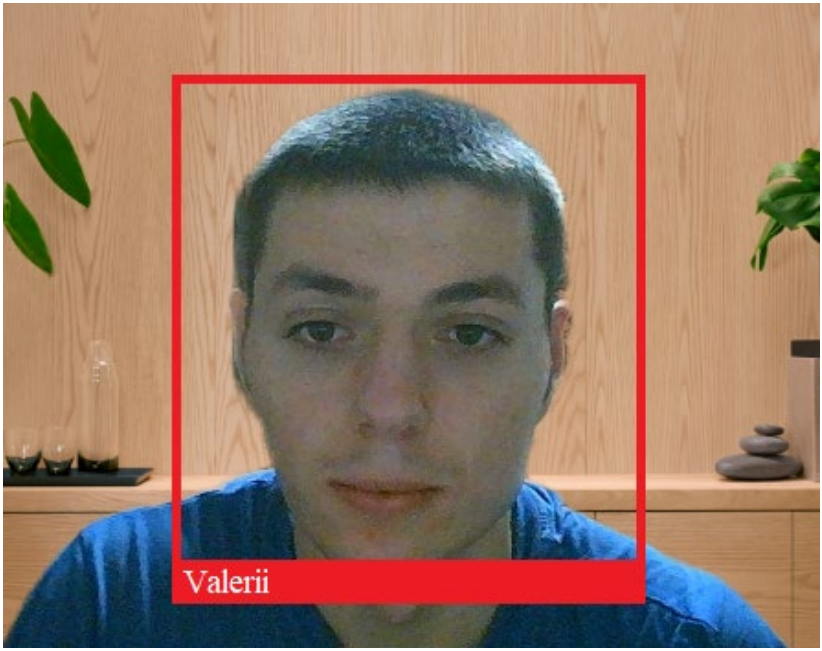


Рисунок 2. Розпізнавання людини по обличчю.

Список літератури

1. В.А. Ворона, В.А. Тихонов. Система контролю та управління доступом. М.: Гаряча лінія-Телеком, 2011.-272 с.

УДК 624.91 (043.2)

М.М. Кравець, Г.Є. Соколов, к.ф.-м..н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Макет системи пожежної сигналізації з радіоканалом

У статті розглядається питання створення макета системи пожежної безпеки на основі сучасної телекомунікаційної технології. Описано розробку макету системи на базі датчика диму MQ-2 та модуля ESP-WROOM-32. Особлива увага приділена бездротовій передачі даних та енергозбереженню. Проведено тестування системи, результати яких підтверджують її ефективність.

Вступ

Система пожежної безпеки є невід'ємною складовою будь-якої сфери діяльності, а особливо важливою в авіаційній галузі. Надійність систем пожежної безпеки в авіації має критичне значення, оскільки будь-яке займання може призвести до катастрофічних наслідків. Основною метою таких систем є своєчасне виявлення та локалізація пожежі або диму в аеропорту для запобігання небезпечним ситуаціям. Важливим елементом таких систем є датчики, які дозволяють оперативно виявляти загрозу.

Одним із підходів до створення ефективної системи пожежної безпеки є використання сучасних телекомунікаційних технологій. Найчастіше використовують радіошлейфи на фіксований частоті 433,92 Мгц. З париймачем-передатчиком у складі сповіщувача [1]. У даній роботі розглянуто можливість використання технології Wi-Fi для створення радіошлейфа. Для створення макета системи виявлення пожежі в авіаційній галузі використані модулі ESP-WROOM-32 у поєднанні з датчиком диму MQ-2. Створений макет дозволяє провести натурне моделювання використання технології Wi-Fi у складі пожежної сигналізації.

Дослідження

Система пожежної безпеки у аеропорту зазвичай включає комплекс засобів, спрямованих на виявлення та усунення загрози. До таких засобів належать система пожежної сигналізації (СПС), система автоматичного пожежогасіння та система димовидалення, які постійно моніторять стан повітря в різних частинах аеровокзалу. Для підвищення ефективності роботи таких систем розглядається можливість впровадження нових телекомунікаційних технологій та нових електронних компонент, зокрема датчиків, здатних швидко та точно визначати наявність диму або горючих газів.

Одним із перспективних датчиків є MQ-2, який широко використовується для виявлення диму та різноманітних горючих газів, таких як пропан, бутан, метан, водень. Він реагує на зміну концентрації цих речовин у повітрі та може бути інтегрований у системи моніторингу.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКА
Детектований газ - Горючий газ, дим
Діапазон чутливості 300-10000 ppm
Rs (опір чутливого елемента) 1...20 кОм 50ppm толуол
Газ, для якого нормується датчик Ізобутан, 1000ppm
Час відгуку ≤ 10с
Чутливість (R у повітрі)/(R у присутності характерного газу) ≥ 5с
Rh (опір нагрівача) 31Ω±3Ω
Ih (струм нагрівача) ≤180мА
Vh (напруга нагрівача) 5±0,2В
Ph (потужність нагрівача) ≤900мВт
Стандартні робочі умови: Температура: -10 ~ +50°C, вологість: ≤95%RH, концентрація кисню: 21% .

Ще одним важливим елементом системи є модуль ESP-WROOM-32 — потужний мікроконтролер з підтримкою Wi-Fi та Bluetooth. Його використання дозволяє створити бездротову мережу датчиків, які можуть передавати інформацію на центральний сервер або на мобільний пристрій. Це робить можливим своєчасне отримання даних про виникнення диму в реальному часі.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МІКРОКОНТРОЛЕРА
Процесор:
Двоядерний Tensilica LX6, працює на частоті до 240 МГц.
Підтримка як однопоточних, так і багатопоточних додатків.
Оперативна пам'ять:
520 КБ SRAM.
448 КБ для інструкцій та даних.
Пам'ять для зберігання даних:
Вбудований флеш-пам'ять до 16 МБ.
Зовнішня SPI флеш-пам'ять, до 4 МБ.
Діапазон робочих температур: -40 ° C ~ 85 ° C

Загальна структура розробленого макету показана на рис.1

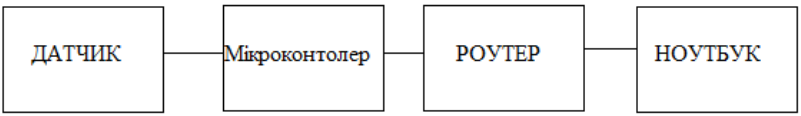


Рисунок 1. Загальна структура СПС

У макеті передавач входить до складу модуля ESP-WROOM-32, а приймач входить до складу Роутера. Ноутбук знаходиться поблизу роутера та приймає сигнал з нього. У макеті використано Роутер типу TP-LINK та ноутбук марки ASUS X570UD-DM370.

Радіоз'вязок між передавачем та приймачем здійснюється на частоті 2,4 Ггц. Принципова дальність цього радіоз'вязку. Недостатня дальність приводить до необхідності застосування недешевих ретрансляторів і може

показати неефективність застосування технології Wi-Fi у пожежній сигналізації.

Для мікроконтролера розроблена прошивка на мові програмування С++. При виявленні концентрації газу (диму), приходить відповідне повідомлення в телеграм, який встановлений на ноутбуці.

Тестування макету СПС

Проведено тестування макету системи пожежної сигналізації з радіошлейфом. Основними завданнями при тестуванні системи були:

1. Реалізація бездротової передачі даних. Мікроконтролер ESP-WROOM-32 має вбудовані модулі Wi-Fi і Bluetooth, що дозволяє передавати інформацію про стан повітря на віддалений сервер або інші пристрої. Це дає можливість оперативного моніторингу ситуації в реальному часі.

2. Енергозбереження. Одним із ключових параметрів систем пожежної безпеки є довговічність роботи. ESP-WROOM-32 має режими низького енергоспоживання, що дозволяє зменшити витрати енергії при тривалому використанні системи.

При тестуванні проводилися вимірювання максимальної дальності передачі сигналу спрацювання СПС у будівлі складної конфігурації. Перевірявся також вплив на дальність спрацювання переходу на режим низького енергоспоживання.

Вимірювання проводилося у корпусі 3 Національного Авіаційного університету.

Ціллю вимірювання є експериментальне визначення дальності роботи радіоканалу у 5-поверховій будівлі складної конфігурації «тор», план поверху якої дано на рис.2. При вимірюванні приймач завжди знаходився на відмітці «ПР» на 3 поверсі.

При вимірюваннях сповіщувач з передавачем знаходився на відмітці «СП» на трьох поверхах. Результати вимірювання такі.

При встановленні сповіщувача на третьому поверсі на відстані 20 метрів від приймача передача інформації по радіоканалу на приймач відбулася без жодних ускладнень. При встановленні сповіщувача на четвертому поверсі на відстані 5-10 метрів (через залізобетонну балку стелі) передача інформації по радіоканалу була ненадійна. Проходження відбувалося не кожен раз і мінялося від 100% до 30% при невеликому зміщенні передавача. При встановленні сповіщувача на п’ятому поверсі на відстані 5-10 м від радіоприймача (через дві балки) передачі інформації по радіоканалу не відбувалося.

Висновок

Система пожежної сигналізації є критично важливою складовою авіаційної безпеки. Розробка та впровадження нових телекомунікаційних технологій, на базі мікроконтролери ESP-WROOM-32, дозволяють значно підвищити ефективність експлуатації системи пожежної сигналізації. Створений макет системи виявлення диму на базі технології Wi-Fi

продемонструвала високу надійність та перевагу бездротової передачі даних і можливість інтеграції в існуючі системи моніторингу терміналу аеропорту..

Таким чином, використання сучасних сенсорів та мікроконтролерів у системах пожежної безпеки авіаційної галузі є перспективним напрямом розвитку, який може сприяти зменшенню ризиків виникнення пожежі та покращенню загальної безпеки польотів.

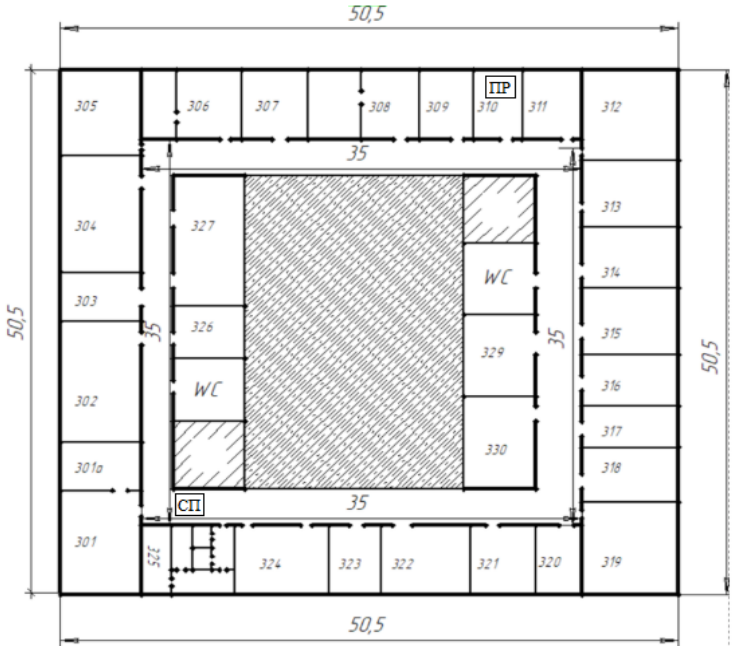


Рис. 2. План будівлі

Список літератури

1. Соколов Г.Є. Радіоканал 433,92 МГц в системах фізичної безпеки. /Проблеми розвитку глобальної системи зв'язку, навігації, спостереження та організації повітря-ного руху CNS/ATM: тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної конфе-ренції, м. Київ, 20-22 листопада 2020 р., Національний авіаційний університет.-К.: НАУ, 2020. С.62-65

UDC 621

A.O. Romanov
(National Aviation University, Ukraine)

Efficiency of data transmission in secondary radar systems

A explores the impact of packet length on system efficiency and offers strategy for optimization

Data transmission in secondary radar systems

The Information support for the functioning of both air traffic control systems and airspace control systems is largely carried out by radar systems of primary radar, secondary radar of IFF systems and cooperative radar surveillance systems.

At the same time air traffic safety is ensured to a large extent by solving security information problems, both in determining the location of air objects and determining the nationality of detected air.

To transmit data from an airborne object, a secondary radar response channel is used. It is constantly changing its properties over time. However, secondary radar communications, the purpose of which is to obtain important information about the flight data of airborne objects, is on the verge of spectrum saturation

This is a result of dense traffic and different signal modulation schemes used in different communication layers in Modes A/C and Mode S, which share the same data bandwidth. This undoubtedly led to a significant increase in the probability of a collision of transmitted information packets. However, the transition to the S mode, and later to the ADS-B mode, made it possible to significantly increase the number of bits of transmitted information in a packet. The purpose of the presented work is to estimate the optimal length of an information packet transmitted over the data transmission channel of secondary radar systems under the action of intentional and unintentional correlated and uncorrelated interference in the transmission channel.

It is difficult to predict the state of the interference environment of a data transmission channel by a secondary radar system, since it is practically impossible to select a set of parameters biasedly. It would guarantee the optimal performance of all applications of the information tools under consideration. Adaptive algorithms should solve this problem, adjusting its settings simultaneously with changes in the characteristics of the data transmission medium, for example, with the occurrence of interference or overload of the data transmission channel. When using the adaptive algorithm, it is possible to reduce the threshold of readiness for transmission. It reduces the chance of collisions when multiple packets are sent at the same time. Thus, the packet fragmentation threshold is also changed to set the best size for subsequent information packets. The challenge is to determine the optimal configuration for a set of interrelated parameters.

For modern packet data transmission networks, the load parameter is associated with message delay time, as well as the probability of data packet loss. However, it can be argued that these indicators of quality of service are determined by the bandwidth or information transfer rate. We will take into account interference, which lead to a decrease in the probability of single and group errors and, as a result, a

decrease in the real throughput and flight data transmission rate. In this case, the effective data transfer rate in the absence of memory buffer overflow can be determined based on the following relationship:

$$Re=f(R0,Vk,np,tr,\varepsilon,P\varepsilon,z) \quad (1)$$

- Re — effective data transmission rate,
- R0R— potential data transmission rate,
- Vk — code rate,
- np — data packet length,
- tr — signal propagation time over the communication channel,
- ε — error grouping indicator,
- Pε — probability of error on a single signal element,
- z —— number of retries.

Conclusions

The dependence of the effective information transfer rate over the secondary radar channel is obtained as a function of the potential information data transfer rate, code rate, length of the transmitted data packet, signal propagation time over the communication channel, analysis and confirmation (or re-questioning) of packet reception, error grouping indicator due to interference, the number of retransmissions, and the probability of failure of a single element of the data signal, which made it possible to calculate the optimal values of the information packet transmitted to achieve the maximum effective information transfer rate in the systems under consideration. The dependence of the effective information transfer rate over the secondary radar channel is obtained as a function of the potential information data transfer rate, code rate, length of the transmitted data packet, signal propagation time over the communication channel, analysis and confirmation (or re-questioning) of packet reception, error grouping indicator due to interference, the number of retransmissions, and the probability of failure of a single element of the data signal, which made it possible to calculate the optimal values of the information packet transmitted to achieve the maximum effective information transfer rate in the systems under consideration.

References

1. I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev, V. Andrusevich, B. Bakumenko and O. Vorgul, "Optimal Measurement of Signal Data Parameters of Requesting Radar Systems", *2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, 2021. doi: 10.1109/ukrcon53503.2021.9575235.

2. G. Jiang, Y. Fan and H. Yuan, "Assessing the Capacity of Air Traffic Control Secondary Surveillance Radar System", *2019 Cross Strait Quad-Regional*

Radio Science and Wireless Technology Conference (CSQRWC), 2019. doi: 10.1109/csqrwc.2019.8799146.

3. V. Semenets, I. Svyd, I. Obod, O. Maltsev and M. Tkach, "Quality Assessment of Measuring the Coordinates of Airborne Objects with a Secondary Surveillance Radar", *Data-Centric Business and Applications*, pp. 105-125, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-71892-3_5.

УДК 621.396.049.77(043.2)

А.Ю. Дмитрук, аспірант, І.Г. Прокопенко, д-р. техн. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Апаратна реалізація адаптивного фільтра для придушення завад у системах виявлення сигналів на FPGA (ПЛІС)

У роботі досліджуються особливості апаратної реалізації адаптивного фільтра на основі FPGA (ПЛІС) для придушення завад у системах виявлення сигналів. Проаналізовано технічні аспекти використання ресурсів FPGA та можливі підходи до реалізації алгоритмів фільтрації.

Особливості реалізації адаптивного фільтра на FPGA.

Вирішення проблеми ефективної компенсації завад є важливим завданням для багатьох радіоелектронних систем виявлення сигналів, зокрема радіолокаційних систем, що функціонують у складних та мінливих завадових умовах. Враховуючи динамічний характер завад, для вирішення цієї задачі особливий інтерес становить використання адаптивних фільтрів, які дозволяють ефективно справлятися із комплексними завадами, що змінюються з часом, шляхом адаптації коефіцієнтів фільтра для зменшення впливу завад [1].

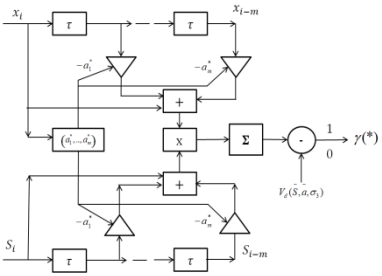


Рис.1. Структурна схема детектора детермінованого сигналу на тлі авторегресійної гаусівської завади.

На Рис.1 наведено структурну схему адаптивного детектора, сформовану на основі синтезу адаптивного алгоритму виявлення [2], що складається з двох ідентичних каналів – двох адаптивних режекторних фільтрів: каналу обробки послідовності значень суміші сигналу та завади $x_i, i = \overline{1,n}$ та каналу послідовності значень сигналу $S_i, i = \overline{1,n}$.

Кожен режекторний фільтр містить елементи затримки на інтервал дискретизації τ, два вагові коефіцієнти a_1^* і a_2^*, які відповідають параметрам завади (визначенні у блоці оцінки коефіцієнтів $(a_1^*, \dots, a_m^*)$), і суматор +, який підсумовує дискретні вибірки сигналів після їх обробки.

Адаптивність детектора забезпечується шляхом оцінки параметрів перешкод за синтезованим алгоритмом оцінювання [2].

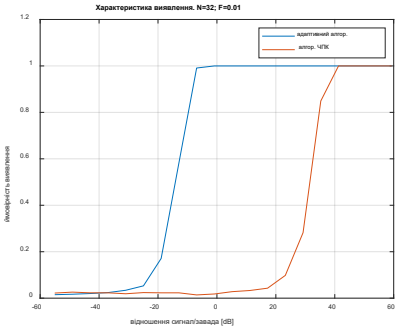


Рис.2. Характеристики виявлення адаптивного алгоритму та алгоритму черезперіодної компенсації при розмірі вибірки N=32.

Результати комп'ютерного моделювання роботи адаптивного детектора, наведені на Рис.2, демонструють ефективність його використання при дії інтенсивних завад, що представлені авторегресійним гаусівським процесом. Порівняльний аналіз ефективності характеристик виявлення адаптивного алгоритму та алгоритму черезперіодної компенсації показує, що виграш ефективності виявлення адаптивного детектора досягає понад 15 дБ.

Таким чином значний інтерес викликає можливість апаратної реалізації синтезованих структур, які з урахуванням специфіки задачі та алгоритму можуть ефективно виконуватись на FPGA (програмованих логічних інтегральних схемах), оскільки використання FPGA забезпечує виконання обчислювально складних алгоритмів у реальному часі з високою продуктивністю та гнучкістю [3, 4].

Незважаючи на значні можливості FPGA для реалізації алгоритмів фільтрації, важливим аспектом залишається врахування особливостей архітектури схем, їх проектування, та специфіку визначеного алгоритму фільтрації, його вимоги до ресурсоємності, затримок та точності, що впливає на загальну продуктивність системи.

Один з можливих варіантів реалізації описаного вище адаптивного алгоритму виявлення передбачає побудову багатоканальної системи, де кожен канал використовує попередньо оцінені коефіцієнти для обробки вхідних сигналів (Рис. 3). Оцінені коефіцієнти адаптивних фільтрів зберігаються в пам'яті FPGA, що забезпечує швидкий доступ до них під час виконання обчислень. Паралельна архітектура FPGA, дозволяє реалізувати систему, що включає необхідну кількість паралельних фільтрів, кожен з яких функціонує на основі своїх унікальних коефіцієнтів, що дозволяє одночасну обробку кількох сигналів.

Важливим етапом роботи системи є вибір оптимального фільтра з набору вихідних сигналів. Цей процес вибору базується на аналізі амплітуд, де пріоритет віддається фільтру, який мінімізує амплітуду перешкод. Така архітектура системи забезпечує високу продуктивність та ефективність в умовах реального часу, дозволяючи одночасно обробляти кілька сигналів, мінімізувати

затримки обчислень і зменшувати вплив перешкод. Крім того, використання паралельних фільтрів з індивідуальними коефіцієнтами дозволяє адаптивно підлаштовуватися під змінні умови середовища.

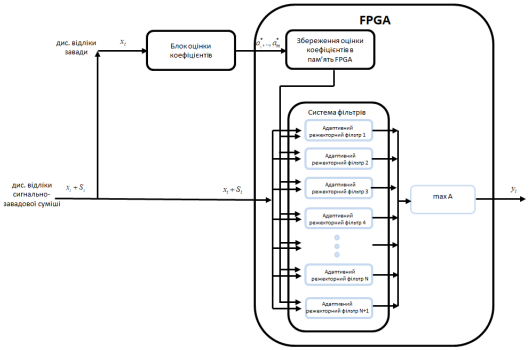


Рис.3. Узагальнена блок-схема реалізації системи адаптивних фільтрів на FPGA.

Враховуючи описану структуру, для реалізації цієї архітектури може бути обрана ПЛІС серії Altera Cyclone IV, зокрема модель EP4CE15F23C8N. Мікросхема містить 15 408 логічних елементів, що надають достатньо ресурсів для ефективної реалізації обчислювальних алгоритмів та паралельної обробки сигналів. Окрім того, 112 DSP-блоків забезпечують виконання високоточних арифметичних операцій, необхідних для фільтрації сигналів. Вбудована пам'ять дозволяє зберігати коефіцієнти адаптивних фільтрів і дані в процесі обробки. Аналізуючи характеристики цієї FPGA, EP4CE15F23C8N може підтримувати реалізацію 8-канальної адаптивної системи виявлення з використанням алгоритмів адаптивних фільтрів 2-го порядку.

Розробка системи виконується в середовищі Intel Quartus Prime, яке надає всі необхідні інструменти для проектування цифрових схем на FPGA. Quartus Prime дозволяє виконувати синтез HDL-коду (Verilog), оптимізацію використання ресурсів, розміщення та трасування логічних елементів на FPGA, а також генерацію програмного файлу для завантаження в пристрій. Це забезпечує ефективний процес розробки та впровадження адаптивних алгоритмів для обробки сигналів на платформі FPGA.

ModelSim, який є інструментом для функціонального моделювання цифрових схем, використовується для моделювання та перевірки поведінки системи. ModelSim дозволяє виконувати покрокове моделювання коду HDL, виявляти та виправляти логічні помилки та аналізувати часові діаграми для перевірки правильності виконання алгоритму. Такий підхід забезпечує високу надійність і мінімізує ризик помилок у кінцевій версії апаратного рішення.

Цей етап важливий для перевірки коректності фільтрів у змодельованих реальних умовах і дозволяє виявити та усунути потенційні помилки. Після

успішного тестування структура записується в пам'ять FPGA, де всі подальші обчислення і перетворення сигналів відбуваються в режимі реального часу.

На Рис.3 та Рис. 4 представлені результати моделювання режекторних фільтрів другого порядку для двох випадків: а) смугового фільтра з коефіцієнтами авторегресії a1=1, a2= -1; б) фільтра нижніх частот з коефіцієнтами авторегресії a1=2, a2= -1.

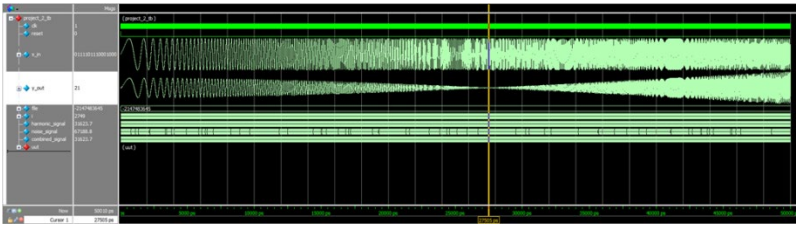


Рис.3. Смуговий фільтр. Коефіцієнти авторегресії a1=1; a2=-1

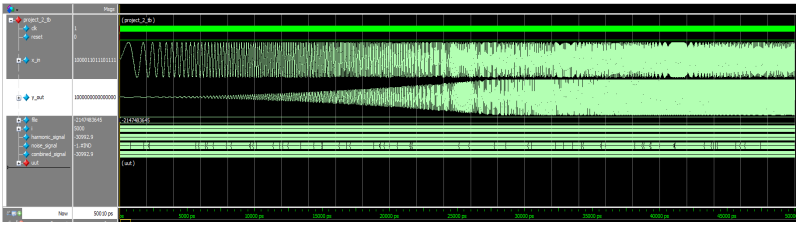


Рис.4. Фільтр низьких частот. Коефіцієнти авторегресії a1=2; a2=-1.

Лінійно частотно-модульований сигнал x-in (2-га доріжка зверху) моделювався на вході фільтра. Вихідний сигнал x-out є результатом роботи змодельованого смугового фільтра (3-я доріжка зверху). Видно, що зі збільшенням частоти вхідного сигналу амплітуда вихідного сигналу спочатку зменшується, досягаючи мінімуму на частоті режекції, а потім зростає.

При моделюванні фільтра нижніх частот мінімальний коефіцієнт пропускання фільтра виникає при частоті вхідного сигналу 0 Гц. Крім того, зі збільшенням частоти вхідного сигналу x-in збільшується амплітуда вихідного сигналу x-out.

Висновки. Ефективне придушення завад є критично важливим аспектом для ефективного функціонування сучасних радіоелектронних систем, особливо в умовах інтенсивного завадового тла. Для виявлення корисного сигналу в таких умовах доцільним є розробка та використання адаптивних алгоритми, які здатні динамічно адаптуватися до змінних характеристик середовища.

Ключовим аспектом дослідження є реалізація адаптивного детектора на FPGA. Паралельна архітектура ПЛІС дозволяє розробляти високопродуктивні системи з мінімальною затримкою, що є критично важливим для програм реального часу. Завдяки використанню багатоканальної системи з попередньо

оціненими коефіцієнтами, FPGA може ефективно обробляти вхідні сигнали, забезпечуючи високу надійність і продуктивність.

Список літератури

1. I. G. Prokopenko, F. J. Yanovsky and L. P. Ligthart, "Adaptive algorithms for weather radar," First European Radar Conference, 2004. EURAD., Amsterdam, Netherlands, 2004, pp. 329-332.
2. I.G. Prokopenko, A.Yu. Dmytruk, K.I. Prokopenko "Application of robust algorithms in the problem of detection of moving targets on the background of non-gaussian clutter" Science-based Technologies, № 1, p. 58-66. 2023. doi: https://doi.org/10.18372/2310-5461.57.17445.
3. Azim, N. ul . and Jun, W., “FPGA based hardware optimized implementation of signal processing system for LFM pulsed radar”, in Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, 2016, vol. 10030, Art. no. 100302U. doi:10.1117/12.2247931.
4. Fohl, W., Matthies, J., & Schwarz, B. (2009). A FPGA-BASED ADAPTIVE NOISE CANCELLING SYSTEM.

UDC 62-501.1

D.A. Poltoratskyi
(National Aviation University, Ukraine)

Design and application of the Walsh-like bases with linear coherence for DFT processor frequency scales

New unique bases Walsh-Cooley and the Walsh-Tukey are designed to provide linear coherence to the frequency scales of the Discrete Fourier Transform (DFT) processor. The performance and practical application of the DFT processor, using these bases, are demonstrated through a comparative analysis, showcasing the benefits of these new bases in improving computational outcomes.

Introduction into the Walsh-like bases.

Walsh systems are widely used in signal processing due to their orthogonal properties, which aid in transforming discrete signals efficiently. While Walsh-like bases outperform the Discrete Fourier Transform (DFT) in processing digital, pulse, or rectangular signals, the DFT is more suited for sinusoidal signals because of its sinusoidal basis functions. Traditional Walsh bases, such as Walsh-Hadamard and Walsh-Paley, lack linear coherence to frequency scales, resulting in inconsistent frequency resolution. This paper introduces two Walsh-like bases, Walsh-Cooley and Walsh-Tukey, which address this issue by providing linear coherence, enhancing their utility in digital signal processing.

A complete system of Walsh functions creates a Walsh's space basis, where each function is called a basis function of the N order. All basis functions are represented as symmetric matrix of N order. Matrix for Walsh-Cooley and Walsh-Tukey bases are shown in expressions (1) and (2):

$$W_C = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & -1 & +1 & +1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$W_T = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 & +1 & +1 \\ +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 & +1 \\ +1 & -1 & +1 & +1 & -1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & +1 & -1 & -1 & +1 & -1 \\ +1 & +1 & -1 & -1 & +1 & +1 & -1 & -1 \\ +1 & +1 & +1 & -1 & -1 & -1 & -1 & +1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

The transition from the time domain to the frequency domain is achieved by multiplying the input signal samples by a matrix of size N. This operation is equivalent

to performing a matrix-vector multiplication. Very important parameter here is the size of matrix which can be calculated in the next way:

$$N = 2^k, k \in \mathbb{N} \quad (3)$$

Design of the Walsh-Cooley basis.

The Walsh-Cooley matrix is a special version of the Walsh matrix ordered using the Gray code. The Walsh-Cooley matrix is based on the Hadamard matrix, a square matrix whose elements are +1 and -1 and which is orthogonal. To get the Walsh-Cooley matrix, you need to apply Gray's code to rearrange the rows of the Hadamard matrix. A Gray code is a sequence of binary numbers where each subsequent number differs from the previous one by changing only one bit. The result of rows rearrangement is the Walsh-Cooley matrix. Algorithm complexity is quadratic time $O(N^2)$.

Design of the Walsh-Tukey basis.

The algorithm of the Walsh-Tukey matrix designing shown on Figure 2. Result of the algorithm is the N-order matrix. Firstly, we fill-in initial zero and first rows. Where zero rows fully consist of the 0 (+1) values and the first row contains half of the N non-zero values 1 (-1), other places are filled by zero elements. Each row in the matrix equals the column with the same index. By next three steps we do: filling even rows, filling odd rows, rows supplementation. Even rows are filled using expression:

$$(2k, t) = (k, 2t) \quad (4)$$

Which means that the first half of the even row copies even elements of the row whose index is two times less than current. Outstanding elements can be easily added following the rule that the second half of even rows copy the first one.

Odd rows can be filled using expression (2). Where the odd row is fully copied from the selected even row:

$$row_{odd} = (N + 1) - row_{even} \quad (5)$$

And the final third step is a search over rows where elements of one half of the row are copying elements from another for even rows and for odd rows elements of the one half are inverted to another.

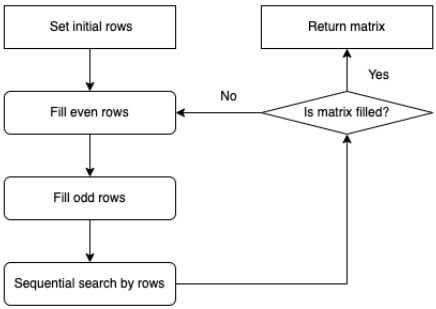


Fig. 1. Block diagram of the Walsh-Tukey system designing algorithm

If the matrix is not filled after the third step, the algorithm should be repeated from the first step. Algorithm complexity is $O(\log N)$.

Walsh-like bases application in digital signal analysis.

Let's take as an example the transformation of the square shaped signal using Walsh-Cooley basis. Input signal parameters are next: frequency is 62,5 Hz; sampling frequency is 1000 Hz; length is 128 points.

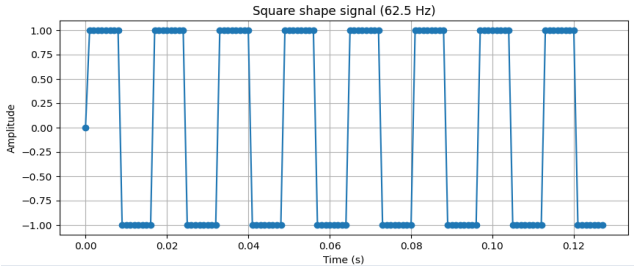


Fig. 2. Generated square shaped signal

Let's transform signal using Walsh-Cooley matrix, where $N = 128$. Signal spectrum is shown on Figure. 3.

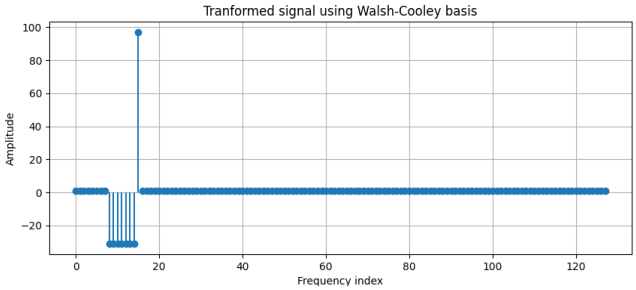


Fig. 3. Transformed signal using Walsh-Cooley basis

In Walsh-Cooley (frequency) domain the signal is divided in frequency indexes. The first index with higher amplitude is 8, which we can map on frequency value using expression (6):

$$f_k = \frac{k * f_s}{N} \qquad (6)$$

So, $f_8 = 62{,}5\ Hz$ that equals to main frequency of the signal, other amplitude jumps show other harmonics. This feature to map Walsh-Cooley frequency index to a real frequency value is achieved because of linear coherence to the frequency scales. Transformation in Walsh-Tukey basis has the same steps and only difference is used matrix.

Conclusions.

In this paper, we introduced the Walsh-Cooley and Walsh-Tukey bases, demonstrating their potential to provide linear coherence to the frequency scales of the DFT processor. These bases address the limitations of traditional Walsh systems, particularly in achieving consistent frequency resolution. Through a comparative analysis and practical application, we have shown that Walsh-like bases offer computational efficiency, ease of hardware implementation, and improved signal processing for digital, pulse, and rectangular signals. The proposed bases open new avenues for optimized digital signal processing, providing a balanced trade-off between resource usage and performance, especially when working with non-sinusoidal signals.

References

1. J. Walsh, "A closed set of normal orthogonal functions", Amer. J. Math., v. 45, pp. 5-24, 1923.Hadcock R.N. Joints in Composite Structures. Proc. Conf.Vehicle Design AFFDL-TR-72-13. – 1972. – P. 791–811.

2. Белецкий А. Я. Оптимальные Уолша и Уолше-подобные базисы дискретного преобразования Фурье. / А. Я. Белецкий. // Захист інформації. — 2018. – Т. 20, № 2. – С. 104-119.

UDC 621.396.96

І.Г. Прокопенко, д-р техн. наук, професор, О.І. Ільїн, В.І. Таран
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Радіодалекомір з зондувальним сигналом, модульованим по фазі шумоподібним процесом

Розглядається вимірювач дальності із ФМ сигналом, модульованим шумоподібним процесом. В основі методу лежить модуляція фази гармонічного зондувального сигналу послідовністю випадкових відліків. Наведено структурну схему, що реалізує розглянутий метод та результати моделювання.

Організація безпечних польотів та контролю повітряного простору потребує застосування значної кількості радіотехнічних засобів. Одним з таких приладів є радіодалекомір.

Основою методів вимірювання дальності є визначення часової затримки відбитого від цілі зондувального сигналу. Інформація про часову затримку може міститися в амплітуді (імпульсний метод), фазі (фазовий метод) або частоті (частотний метод) відбитого сигналу [1, 2]. В авіації широко використовується частотний метод. Одним з його недоліків є потреба у високій лінійності зміни частоти. Окрім того, роздільна здатність та точність частотних радіодалекомірів є недостатньою для вирішення деяких задач навігації [2].

Збільшити роздільну здатність та точність можливо при використанні кореляційної обробки [3] широкосмугового сигналу [4, 5]. Розглянемо схему на рис.1.

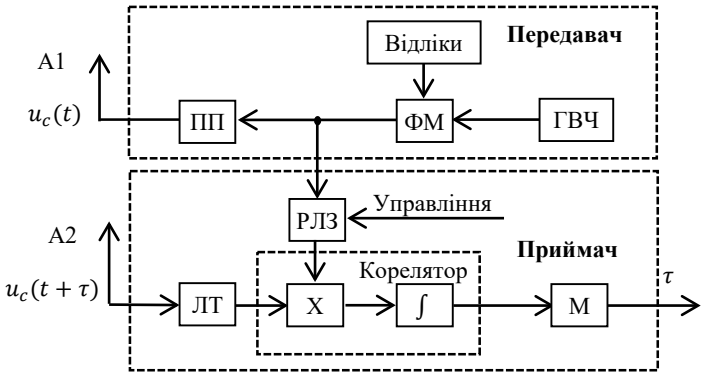


Рис. 1. Структурна схема радіодалекоміра

На рис. 1 А1 – передавальна антена; А2 – приймальна антена; ПП – підсилювач потужності; ФМ – фазовий модулятор; ГВЧ – генератор високої частоти; РЛЗ – регульована лінія затримки; ЛТ – лінійний тракт приймача; Х – перемножувач; ∫ – інтегратор; М – фіксатор максимума.

Зондувальним є гармонічний сигнал, модульований по фазі за відліками з масиву випадкових цілих чисел $r = [3, 4, 5, 8, \dots]$:

де U_{c0} – амплітуда сигналу, w_{c0}– несуча частота, β_0 – індекс модуляції, r_t – число з випадкової послідовності цілих чисел $r = [3, 4, 5, 8, \dots]$, вибране відповідно до відліку часу t.

Спектр сигналу $u_c(t)$ при $U_{co} = 1$ В, $w_{c0} = 400$ кГц, $\beta_0 = 1$ зображено на рис 2.

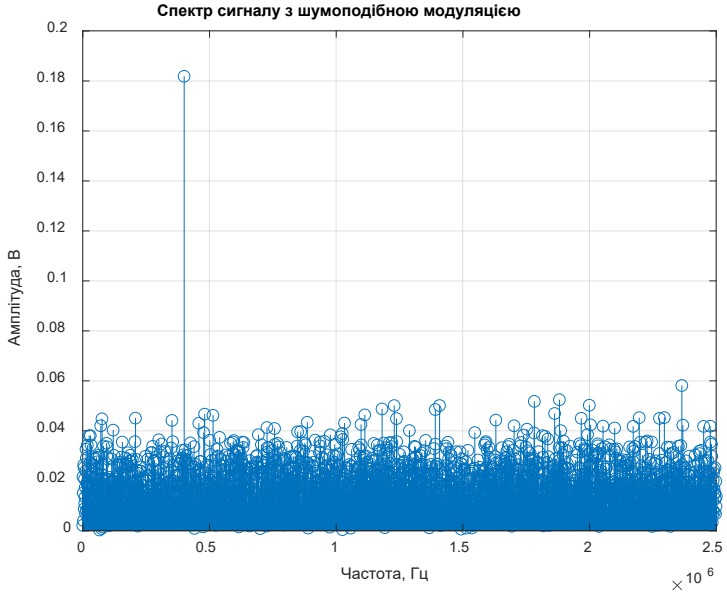


Рис. 2. Спектр зондувального сигналу

З виходу фазового модулятора (ФМ) зондувальний сигнал $u_c(t)$ подається через підсилювач потужності (ПП) на антену Ан.1 та через регульовану лінію затримки (РЛЗ) на перший вхід перемножувача. Після підсилення сигнал $u_c(t)$ випромінюється у простір за допомогою передавальної антени Ан.1. У просторі сигнал відбивається від цілі та з часовою затримкою τ надходить у приймальну антену Ан.2. Після перетворення у лінійному тракті він запишеться наступним чином:

де U_c – амплітуда відбитого сигналу, τ – просторова часова затримка, $r_{t+\tau}$ – число з випадкової послідовності цілих чисел $r = [3, 4, 5, 8, \dots]$, вибране відповідно до відліку часу $(t + \tau)$.

У регульованій лінії затримки зондувальний сигнал отримує регульовану затримку θ:

Прийнятий антеною Ан.2 сигнал з виходу лінійного тракту подається на другий вхід перемножувача корелятора, де перемножується з зондувальним сигналом з регульованою затримкою θ. Корелятор за допомогою перемножувача та інтегратора виконує операцію кореляції, тобто на його виході сформується автокореляційна функція сигналів $u_c(t+\theta)$ та $u_c(t+\tau)$:

Зміною регульованої часової затримки θ домагаються умови, коли при деякому $\theta = \theta^* = \tau$, при цьому значення функції $g(\tau)$ є максимальним:

Оцінка часової затримки τ визначається з максимуму кореляційної функції та фіксується за допомогою фіксатора максимуму. На рис. 7 наведена кореляційна функція у випадку наявності двох цілей та двох відбитих сигналів з затримками $\tau_1 = 0{,}2$ мс та $\tau_2 = 0{,}21$ мс відповідно.

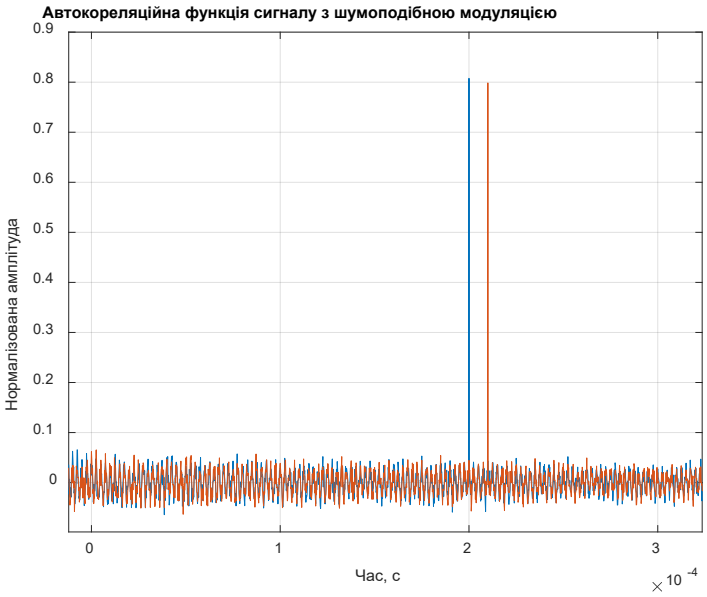


Рис. 3. Автокореляційна функція

Дальність до цілі визначиться по формулі:

де $c \approx 3 \cdot 10^8\ m/s$ – швидкість розповсюдження радіохвилі у вакуумі.

Для порівняння розглянемо сигнал з лінійною частотною модуляцією (ЛЧМ), які застосовуються у частотних радіодалекомірах [4-6]. На рис.4 зображено спектр ЛЧМ сигналу.

Нас рис. 5 зображена автокореляційна функція ЛЧМ сигналу з затримками τ_1 та τ_2.

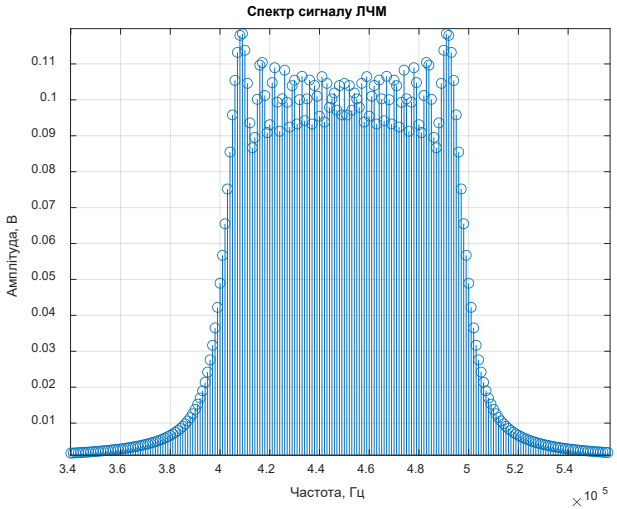


Рис. 4. Спектр сигналу ЛЧМ

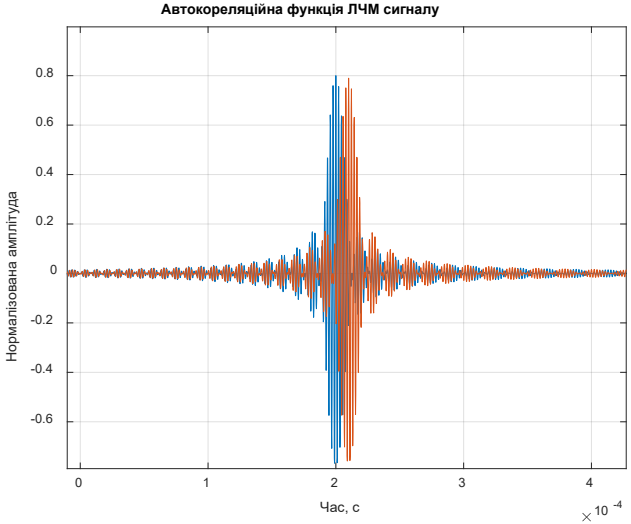


Рис. 5. Автокореляційна функція сигналу ЛЧМ

Як видно з рис. 2 і рис. 3 шумоподібний сигнал має більш широкий спектр, ніж ЛЧМ сигнал. На рис. 3 цілі мають чіткіші максимуми на часовій шкалі, ніж на рис. 5, що дозволяє більш точно відокремити їх одна від одної. Таким чином, застосування широкосмугового шумоподібного зондувального сигналу при

кореляційній обробці дозволяє підвищити точність та роздільну здатність радіодалекоміра.

Моделювання радіодалекоміра доцільно провести в середовищі Quartus на мові опису апаратури Verilog і, в подальшому, реалізувати пристрій на базі чипу Intel Cyclone IV EP4CE15F23C8N.

Список літератури

1. Barton D. Handbook of radar measurement / D. Barton, H. Ward. – Dedham: Books on Demand, 1969. – 442 c.
2. Финкельштейн М. И. Основы радиолокации / М. И. Финкельштейн. – Москва: Радио и связь, 1983. – 536 с.
3. Ilin O. I. Analysis of Radar Range Measurement Methods / O. I. Ilin // 2023 IEEE International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo) / O. I. Ilin. – Kyiv: KPI, 2023. – С. 171–176.
4. Prokopenko I. G. Adaptive Algorithms for Weather Eadar / I. G. Prokopenko, F. J. Yanovsky, L. P. Ligthart // Conference Proceedings - 1st European Radar Conference / I. G. Prokopenko, F. J. Yanovsky, L. P. Ligthart., 2004. – С. 329–332.
5. Prokopenko I. G. Nonparametric Change Point Detection Algorithms in the Monitoring Data / I. G. Prokopenko // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies / I. G. Prokopenko., 2021. – (83). – С. 347–360.

UDC 004.056.5 (043.2)

A.D. Pinchuk, R.S. Odarchenko, DSc, O.O. Polihenko, Doctoral Candidate
(National Aviation University, Ukraine)

Analyzing of existing cyber threat classification models

Nowadays cyber threat intelligence plays a crucial role in ensuring cybersecurity and cyber resilience of every organization. Each cyber threat should be classified properly to perform effective respond or mitigate it. Thus, this paper provides a comprehensive analysis of existing cyber threat classification models, exploring their methodologies, strengths, and limitations. The findings serve as a valuable resource for cybersecurity professionals and researchers seeking to develop or refine threat classification systems.

A threat is essentially an adversary's objective, encompassing his planned actions or goals against a target system. It can be characterized as the ability of an adversary to attack a target system. According to [1], most approaches to the classification of cyber threats fall into two main categories: those based on the methods used in cyberattacks and those based on the consequences of cyberattacks.

Classification based on attacks techniques

Here, the next models can be highlighted: a model of three orthogonal dimensions, a hybrid model, and a pyramidal model of classifying information security threats.

The three orthogonal dimensions model, proposed by Lucas-Som Ruf et al. in [2], aims to enhance the understanding of threats and simplify existing models. This is achieved by introducing a three-dimensional approach that categorizes threats along three independent axes: motivation, location and agent (fig.1).

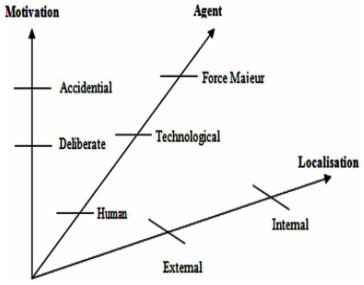


Fig. 1. The three orthogonal dimensions model [2]

While this model offers a comprehensive perspective on threat classification, its primary limitation is the lack of consideration for the consequences of these threats.

The hybrid model, also known as the *C3* model, was introduced in [3] and takes into account three key criteria: frequency of cyber threats, focus domain of the cyber threat and source of the cyber threat (fig.2).

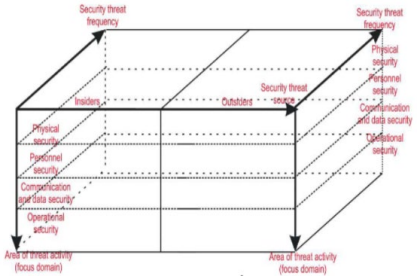


Fig. 2. The basic C3 model [3]

Although frequency is considered in the model, it is not necessarily the most critical factor, as low-frequency threats can sometimes cause more significant damage than high-frequency ones, and vice versa. Similarly, the source of the threat is crucial, but both insider and outsider threats can lead to severe consequences. Therefore, a better focus should be placed on understanding the nature of the threat source rather than just its category.

The pyramidal model, presented in [4], classifies intentional security threats within a hybrid framework, focusing on three key factors: the cybercriminal's prior knowledge of the system, criticality and losses (fig.3).

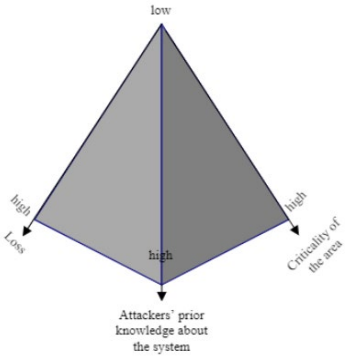


Fig. 3. Information Security Threats Pyramid Classification

Although the model does not explicitly mention the source of the threat (insider or outsider), the authors consider this factor within the "Attacker's prior knowledge" category. Insider threats are regarded as particularly significant since insiders typically possess more extensive knowledge of the system.

Overall, the model focuses on dynamic classification of cybersecurity threats that may impact organizations. It helps to identify and localize threats by assessing the criticality of system components, potential loss of sensitive information, and the attacker's knowledge. However, this classification does not address the overall impact of each threat.

Classification based on cyberattack impact

Here, it possible to consider the following classification methods: STRIDE, ISO and NIST.

The STRIDE model, developed by Microsoft, is utilized to identify and categorize threats at the network, host, and application levels [5-6]. It classifies known threats based on the objectives or motivations of adversaries, and the acronym STRIDE stands for Spoofing, Tampering, Repudiation, Information Disclosure, Denial of Service (DoS), and Elevation of Privilege (EoP). This model aims to understand the mindset of cyber attackers by evaluating threats from their perspective. Over time, STRIDE has evolved to include additional threat-specific tables and variants such as STRIDE-per-Element and STRIDE-per-Interaction [7].



Fig. 4. The STRIDE model

While the model is widely adopted, it has several drawbacks: time-consuming, static analysis, subjective, requires ongoing support, limited to software.

The ISO model, based on the ISO 7498-2 standard, identifies five primary impacts of security threats [8]: destruction of information and/or resources, distortion or modification of information, theft, removal or loss of information and/or resources, disclosure of information, and interruption of services.

These categories are mutually exclusive, providing a comprehensive classification system that encompasses all types of threats and is organized into a flexible structure. However, while the model offers a broad coverage of threats, it does not account for all the possible consequences that may result from these threats.

The NIST classification (NIST, 2012) outlines several categories of security threats, including errors and omissions, fraud and theft, employee sabotage,

loss of physical and infrastructure support, malicious hackers, industrial espionage, malicious code, foreign government espionage, and threats to personal privacy [8].

However, this classification does not encompass all potential threats. It lacks a comprehensive grouping system, leading to situations where different threats may be categorized under the same heading, such as system destruction. Furthermore, the complexity of cyber threats and the broad range of identified threats in previous studies complicate the process of selecting an appropriate classification model.

Conclusion. Thus, while various cyber threat classification models offer useful frameworks for categorizing and understanding security risks, each has its limitations. Some models, such as the Three Orthogonal Dimensions and ISO models, provide broad categorizations but fail to address the full consequences of threats. Others, like the Pyramidal and Hybrid models, focus on specific aspects of threats but may overlook critical dimensions such as the impact or source. The STRIDE and NIST models, though widely adopted, are limited by subjectivity, complexity, and a lack of comprehensiveness.

To develop a more effective cyber threat classification system, future models should strive for a balance between detailed categorization, adaptability, and inclusion of both static and dynamic threat factors. Integrating these elements will enhance the ability to assess and mitigate the evolving landscape of cybersecurity threats comprehensively.

References

1. Izrailov, Konstantin & Chechulin, Andrey & Vitkova, Lidia. (2020). Threats Classification Method for the Transport Infrastructure of a Smart City. 1-6. 10.1109/AICT50176.2020.9368828.
2. Ruf L, AG C, Thorn A, GmbH A, Christen T, Zurich Financial Services AG, Gruber B, Credit Suisse AG., Portmann R, Luzer H, Threat Modeling in Security Architecture - The Nature of Threats. ISSS Working Group on Security Architectures, http://www.isss.ch/fileadmin/publ/agsa/ISSS-AG-Security-Architecture_Threat-Modeling_Lukas-Ruf.pdf.
3. Geric, Sandro & Hutinski, Željko. (2007). Information system security threats classifications. Journal of Information and Organizational Sciences. 31.
4. Alhabeeb, Mohammed & Almuhaideb, Abdullah & Le, Phu & Bala, Srinivasan. (2010). Information Security Threats Classification Pyramid. 208-213. 10.1109/WAINA.2010.39.
5. Swiderski F, Snyder W. Threat Modeling. Microsoft Press; 2004.
6. Meier J, Mackman A, Vasireddy S, Dunner M, Escamilla R, Murukan A. Improving we application security: threats and counter measures. Satyam Computer Services, Microsoft Corporation; 2003.
7. Threat Modeling: 12 Available Methods. SEI Blog. https://insights.sei.cmu.edu/blog/threat-modeling-12-available-methods/.
8. Islam, Tariqul & Manivannan, D. & Zeadally, Sherali. (2016). A Classification and Characterization of Security Threats in Cloud Computing. INTERNATIONAL JOURNAL OF NEXT-GENERATION COMPUTING. 7.

УДК 629.7.014-519(043.2)

Б.В. Блажей, аспірант
В.Ю. Ларін, д.т.н., професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Використання зовнішньої інерційної навігаційної системи для забезпечення польоту БпЛА в умовах завад сигналу GNSS

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) тривалий час були основним рішенням для позиціонування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) завдяки їх глобальному покриттю, точності та легким приймачам. Однак сигнали GNSS схильні до перешкод, глушіння та спуфінгу, що може порушити роботу БПЛА. Для підвищення надійності та безпеки дослідники вивчали альтернативні навігаційні системи, зокрема інерціальні навігаційні системи (INS), у ситуаціях, де GNSS недоступні. У цій статті обговорюється використання зовнішніх INS для забезпечення польоту БПЛА, коли сигнали GNSS відсутні.

Вступ

При роботі БПЛА у середовищах з не стабільними сигналами GNSS — таких як гірська місцевість, густі ліси, райони з перевантаженим радіочастотним простором — точність їх позиціонування може значно погіршитися. У таких випадках, покладання виключно на GNSS може призвести до небезпечних наслідків. Зовнішня INS, яка інтегрує дані з акселерометрів, гіроскопів та інших датчиків, здатна надавати безперервні оцінки положення навіть за умов ненадійного сигналу GNSS. Зовнішня INS у поєднанні з резервними сенсорами є надійним рішенням для БПЛА в умовах відсутності сигналу GNSS. Із розвитком технологій інтеграція кількох джерел навігації ставатиме дедалі важливішою для безпечної та точної експлуатації БпЛА.

Основна частина

Проблеми в умовах відсутності сигналу GNSS

- Електромагнітні перешкоди: Сигнали GNSS вразливі до електромагнітних перешкод від будівель, станцій звязку та інших об’єктів і пристроїв.
- Спеціальні атаки: Глушіння або спуфінг сигналів GNSS можуть навмисно порушувати роботу БПЛА.
- Низьке співвідношення сигнал/шум (SNR): Сигнали GNSS можуть слабшати через низьке SNR, що впливає на точність позиціонування.

Фазована антенна радіонавігаційна система (PARS)

PARS [2] стала надійним локальним навігаційним рішенням. На відміну від GNSS, PARS пропонує направлену та зашифровану передачу сигналу, що робить її менш вразливою до зловмисних атак. Однак для точного позиціонування БПЛА необхідне точне калібрування наземних антен.

Інтеграція сенсорів та об’єднання даних

Для досягнення надійності навігаційні системи БПЛА часто інтегрують кілька сенсорів [1]. Інтеграція INS з барометрами. Барометричні датчики тиску (барометри) надають інформацію про висоту на основі змін атмосферного тиску. Коли сигнали GNSS слабкі або недоступні, барометри є надійним резервом для оцінки висоти. Поєднання INS і барометра забезпечує точну висоту навіть під час раптових змін тиску (наприклад, при швидкому підйомі або спуску). Інтеграція магнітометрів. Магнітометри вимірюють магнітне поле Землі та допомагають у визначенні напрямку.

Хоча гіроскопи є основними для визначення положення, магнітометри слугують вторинним джерелом. У разі дрейфу або збою гіроскопа, магнітометри допомагають підтримувати орієнтацію.

Бортові комп'ютери повітряних даних (ADC)

ADC збирають дані про швидкість повітря, висоту та інші параметри. Резервовані ADC перевіряють дані про швидкість і висоту цим самим підвищуючи достовірність даних. Наприклад, якщо один ADC вийде з ладу, система може покладатися на інший.

Радарні альтиметри

Радарні альтиметри безпосередньо вимірюють відстань до землі під БПЛА. Вони особливо ефективні при роботі на низьких висотах, наприклад, під час посадкових заходів. Коли сигнал GNSS ненадійний, радарні альтиметри забезпечують точну висоту над рівнем землі.

Лідар для уникнення перешкод

Лідарні сенсори використовують лазерні імпульси для створення детальних 3D-карт оточення. Інтеграція даних лідара з іншими сенсорами підвищує обізнаність про ситуацію. Під час польотів на близькій відстані або в середовищі з перешкодами, лідар допомагає уникати зіткнень.

Оптичні сенсори (камери)

Камери виступають як візуальні сенсори для оцінки положення.
Алгоритми візуальної одометрії відслідковують особливості на зображеннях камер, оцінюючи рух. Коли GNSS виходить з ладу, камери допомагають у позиціонуванні.

Запропонована навігаційна система

Розглядається модель встановлення зовнішнього блоку ІНС у систему керування БпЛА на базі автопілоту з програмним забезпеченням Ardupilot [4].



Рис. 1. Схематична візуалізація послідовності отримання та обробки даних.

Наступний метод поєднує INS з резервними сенсорами позиціонування (GNSS, PARS) для оцінки орієнтації наземної антени:

- Режим калібрування (Режим 1):

Коли GNSS доступний, система калібрує орієнтацію наземної антени за допомогою розширеного фільтра Калмана [3] (EKF). Алгоритм калібрування точно оцінює орієнтацію антени. Режим підтримки GNSS доповнює INS під час калібрування.

- Режим відсутності GNSS (Режим 2):

Коли сигнали GNSS відсутні, система покладається на PARS та барометр. Враховуються ефекти кривизни Землі для польотів на великі відстані. Навігаційні рівняння вирішуються в системі координат ECEF (Earth-Centered Earth-Fixed).

Майбутній розвиток технології

З розвитком технологій ми, ймовірно, побачимо ще більш досконалі поєднання сенсорів. Злиття оптичних сенсорів потоку для точної оцінки швидкості. Використання технік машинного навчання для адаптивного вибору найкращих джерел сенсорів.

Зовнішня INS у поєднанні з резервними сенсорами є надійним рішенням для БПЛА в умовах відсутності сигналу GNSS. Із розвитком технологій інтеграція кількох джерел навігації ставатиме дедалі важливішою для безпечної та точної експлуатації дронів.

Список літератури

1. Blazhei, B., Larin, V., Kuzmenko, N. Software detection and denying false GNSS data on open-source UAV autopilot. *CEUR Workshop Proceedings*. 2024. Vol. 3732. pp. 186-196.

2. Mika Okuhara, Torleiv H. Bryne, Kristoffer Gryte, Tor Arne Johansen Phased Array Radio Navigation System on UAVs: Real-Time Implementation of In-

flight Calibration⋆. IFAC-PapersOnLine. 2023. Vol. 56. Issue 2. pp. 1152-1159. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.1720

3. Extended Kalman Filter (EKF) - Copter documentation. (n.d.). https://ardupilot.org/copter/docs/common-apm-navigation-extended-kalman-filter-overview.html

4. ArduPilot. (n.d.). GitHub - ArduPilot/ardupilot: ArduPlane, ArduCopter, ArduRover, ArduSub source. GitHub. https://github.com/ArduPilot/ardupilot/

УДК 623.746-519:629.4.073(043.2)

К.О. Грицай
(Національний авіаційний університет, Україна)

Удосконалення систем керування БПЛА за несприятливих погодних умов

У доповіді розглядається вплив несприятливих погодних умов на безпеку та ефективність безпілотного літального апарату під час польоту. Запропоновано шляхи вдосконалення систем керування БПЛА, включаючи впровадження інерційних навігаційних систем, використання адаптивних алгоритмів, алгоритмів уникнення перешкод.

Безпілотні літальні апарати стають все більш поширеними у різних сферах діяльності – від військових операцій до цивільного застосування, включно з доставкою товарів, моніторингом територій та рятувальними операціями. Проте, експлуатацію БПЛА в несприятливих погодних умовах, таких як сильний вітер, дощ, низькі температури або туман, залишається складною технічною проблемою. Погодні умови можуть істотно вплинути на стабільність польоту, точність керування та надійність систем навігації.

Системи керування безпілотними літальними апаратами є ключовим елементом для забезпечення їх надійної та безпечної роботи. Вони відповідають за навігацію, стабільність польоту, виконання місій та взаємодію з операторами. Системи керування БПЛА складаються з апаратної частини (датчики, контролери, двигуни) та програмної частини (алгоритми керування, обробка даних з сенсорів).

Для безпечного польоту використовують різні навігаційні системи. Одна із основних це глобальна система позиціонування (GPS), яка забезпечує точне визначення координат літального апарату. Проте у складних погодних умовах або в районах з поганим покриттям сигналу GPS може працювати нестабільно. Також використовують інерційні навігаційні системи (INS). Це гіроскопи та акселерометри, які застосовуються для обчислення положення та руху БПЛА на основі його прискорення та кутової швидкості. Ця система не залежить від зовнішніх джерел сигналу і особливо важлива в умовах обмеженої видимості або відсутності GPS.

Поєднання цих двох основних систем (GPS та INS) дозволить суттєво підвищити точність навігації, особливо в екстремальних умовах, де кожна система компенсує недоліки іншої.

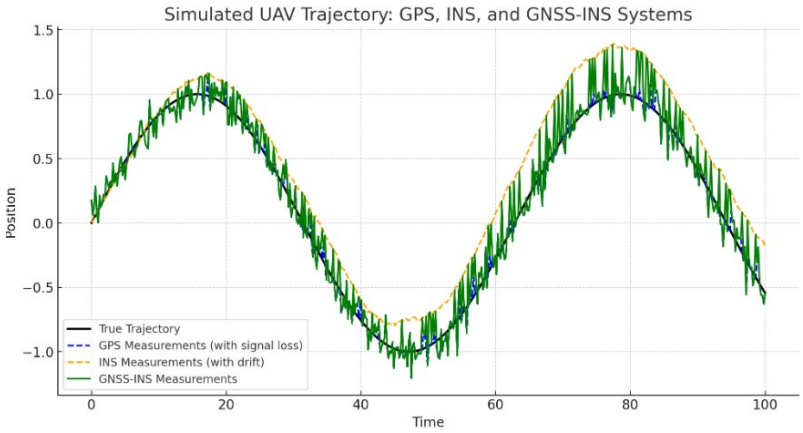


Рис.1 Графік симуляції траєкторії безпілотного літального апарата за допомогою трьох систем навігації: GPS, INS, та GNSS-INS.

На графіку чорною лінією представлено ідеальну траєкторію руху БПЛА. Синя лінія демонструє роботу GPS, що піддається впливу несприятливих погодних умов із втратами сигналу. Помітні "провали" та неточності. Помаранчева лінія показує інерційну систему навігації, яка не залежить від сигналу, але поступово накопичує похибку через дрейф. Зелена лінія — це поєднання GPS та INS, що забезпечує більш точні дані навіть за умов втрат сигналу GPS. Вона дозволяє компенсувати недоліки кожної з систем, забезпечуючи більш плавну і точну траєкторію.

Для забезпечення стабільності під час польоту БПЛА використовуються автопілоти та алгоритми управління. Автопілот дозволяє апарату літати за визначеною програмою без втручання людини. Сучасні автопілоти використовують спеціальні алгоритми для адаптації до умов польоту, таких як раптові пориви вітру або зміни в погоді. Алгоритми PID-регулювання (пропорційно-інтегрально-диференціальний контроль) дозволяють стабілізувати політ, регулюють швидкість, висоту та кут нахилу БПЛА. Також існують адаптивні алгоритми, які використовують дані з сенсорів і можуть змінювати параметри польоту в режимі реального часу, реагуючи на погодні зміни, наприклад, змінюючи траєкторію або висоту для уникнення небезпечних умов.

Для ілюстрації прикладу застосування адаптивних алгоритмів змоделюємо ситуацію, коли БПЛА коригує свою траєкторію через вплив несприятливих погодних умов. Це може включати сильний поривчастий вітер, який відхиляє апарат від курсу, та адаптивний алгоритм, що коригує курс для підтримання стабільного польоту.

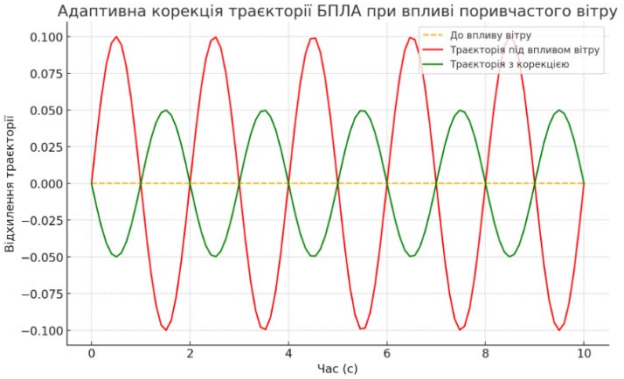


Рис.2 Адаптивна корекція траєкторії БПЛА при впливі поривчастого вітру

Цей графік ілюструє, як адаптивний алгоритм корекції траєкторії безпілотного літального апарата (БПЛА) реагує на несприятливі умови, зокрема на поривчастий вітер. Штрихова лінія - це початкова траєкторія БПЛА, яка показує його рух без впливу зовнішніх чинників. Траєкторія рівна і пряма, оскільки літальний апарат летить за заданим курсом. Червона лінія показує, як пориви вітру відхиляють апарат від його курсу. У реальній ситуації це може бути, наприклад, раптовий бічний вітер, який змушує БПЛА відхилятися від заданої траєкторії. Зелена лінія - це ілюстрація роботи адаптивного алгоритму, який компенсує вплив вітру. Використовуючи дані з сенсорів, таких як GPS та інерційні сенсори, БПЛА поступово коригує траєкторію, щоб повернутися на правильний курс, зберігаючи стабільність польоту.

Безпілотні літальні апарати, які обладнані належним чином різними сенсорами, можуть краще орієнтуватися в просторі та адаптуватися до змін навколишнього середовища. Такі датчики як, гіроскопи та акселерометри, контролюють рухи апарату і визначають його положення у просторі. Барометр вимірює висоту польоту, що особливо важливо в умовах туману чи при зльоті і посадці. Лідари та радари використовуються для виявлення перешкод на шляху польоту та побудови тривимірної карти місцевості. Радари особливо ефективні в умовах поганої видимості, таких як туман чи дощ. Якісні камери забезпечують візуальне спостереження за оточенням, використовуються для орієнтації або виконання місій, але можуть мати обмежену ефективність при низькій видимості.

Однією з ключових технологій для керування БПЛА в умовах поганої видимості або складної місцевості є алгоритми уникнення перешкод. Вони використовують дані з сенсорів для виявлення та обходу об’єктів на шляху польоту. У несприятливих погодних умовах, таких як дощ або туман, ці алгоритми можуть бути особливо важливими для забезпечення безпеки польоту. Наприклад, за допомогою аналізу великої кількості даних попередніх польотів, можна створити алгоритми на основі машинного навчання для прогнозування та уникнення перешкод.

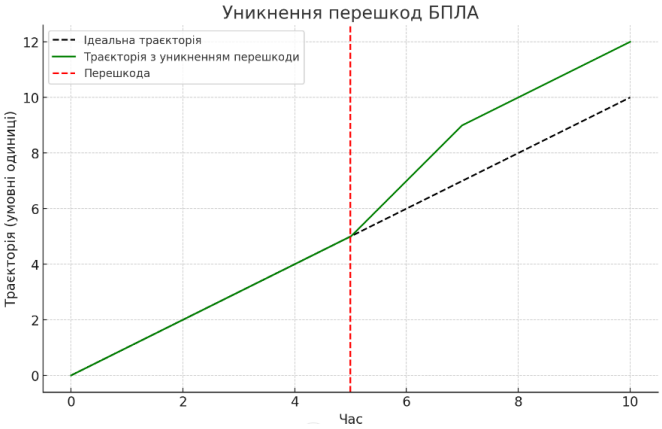


Рис 3. Алгоритм уникнення перешкоди

На графіку показано дві траєкторії: ідеальну (чорна штрихова лінія) та траєкторію з уникненням перешкоди (зелена лінія). Перешкода позначена червоною вертикальною лінією на позиції 5. Коли БПЛА досягає перешкоди, адаптивний алгоритм змінює траєкторію, обходячи об'єкт, після чого літальний апарат повертається до початкового курсу. Цей приклад демонструє роботу алгоритму уникнення перешкод у реальних умовах польоту.

Висновки

Отже, надійна робота БПЛА залежить від використання сучасних навігаційних систем, таких як GPS та інерційна система навігації (INS), які в поєднанні дозволяють підвищити точність та стабільність польоту. Алгоритми управління та автопілоти, включно з PID-регуляторами та адаптивними системами, здатні коригувати траєкторію апарата в реальному часі для компенсації впливу зовнішніх чинників, таких як поривчастий вітер. Використання додаткових сенсорів, таких як гіроскопи, барометри, радари та лідари, дозволяє забезпечити надійну орієнтацію та уникнення перешкод навіть за умов обмеженої видимості. У майбутньому розвиток алгоритмів машинного

навчання та адаптивних систем керування може ще більше підвищити ефективність і безпеку БПЛА в складних умовах, розширюючи їх застосування в критичних операціях.

Список літератури

1. Романюк В. А., Гримуд А. Г. Побудова системи управління групою тактичних безпілотних літальних апаратів. Збірник наукових праць ВІТІ, № 3. Київ: ВІТІ, 2020. 180 с.
2. Радзівілов Г. Д., Фесенко О. Д. Класифікація безпілотних літальних апаратів. ВІТІ, № 10. Київ: ВІТІ, 2019. 200 с.
3. Міністерство освіти і науки України. Протидія безпілотним літальним апаратам. Київ: МОН України, 2021. 220 с.
4. Техніка авіаційна військової призначеності. Класифікація безпілотних літальних апаратів. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. 300 с.
5. Telli K., Kraa O., Himeur Y., Ouamane A., Boumehraz M., Atalla S., Mansoor W. A Comprehensive Review of Recent Research Trends on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Systems, Vol. 11, No. 8. Dubai: University of Dubai, 2023. 180 c.
6. Unmanned Aerial Vehicles: Control Methods and Future Challenges. IEEE Journal of Automation and Systems, Vol. 9, No. 3. IEEE, 2022. 220 c.

УДК 629.73 (045)

Ю.А. Авер'янова, д.т.н., проф. В.Ю. Грішненко, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Особливості сертифікації БПЛА та комплексів: досвід Європейського союзу та перспективи для України

Досліджується процес сертифікації та регулювання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в Україні під час дії воєнного стану, порівнюючи з європейськими стандартами. Обговорюються виклики через відсутність єдиної системи сертифікації, імпортні обмеження та різниця в законодавчих базах.

Вступ

Сертифікація безпілотних літальних апаратів (БПЛА) набуває все більшого значення в умовах стрімкого розвитку авіаційних технологій та їх інтеграції в різні галузі. Зростаюча кількість комерційних, державних і військових застосувань БПЛА потребує чітких правил та стандартів для забезпечення безпеки польотів, захисту приватності та ефективного використання повітряного простору. Сертифікація є ключовим елементом цього процесу, адже вона гарантує, що системи та комплекси БПЛА відповідають вимогам надійності, безпечної експлуатації і не створюють загрозу для людей та інфраструктури. Вона також відкриває нові можливості для інновацій та розвитку ринку, дозволяючи операторам і виробникам легально та безпечно використовувати свої розробки.

Проблематика сертифікації безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в Україні під час воєнного стану є складним та багатогранним питанням. В умовах війни технології БПЛА набули особливого значення як для військових операцій, так і для цивільних цілей, таких як розвідка, евакуація або доставка вантажів у важкодоступні райони. Однак, процес сертифікації БПЛА стикається з рядом викликів:

Відсутність єдиної системи сертифікації:

Війна підкреслила потребу в стандартизації сертифікаційних процедур для БПЛА, як для військових, так і для цивільних цілей. На сьогоднішній день немає єдиної платформи чи агентства, що могли б здійснювати централізовану сертифікацію і контроль.

Нестача ресурсів:

В умовах військового стану багато науково-дослідницьких центрів та установ, які могли б займатися сертифікацією та тестуванням БПЛА, можуть бути зруйновані або використовуються для інших цілей. Крім того, нестача кваліфікованих кадрів через мобілізацію або евакуацію ускладнює процеси тестування та контролю.

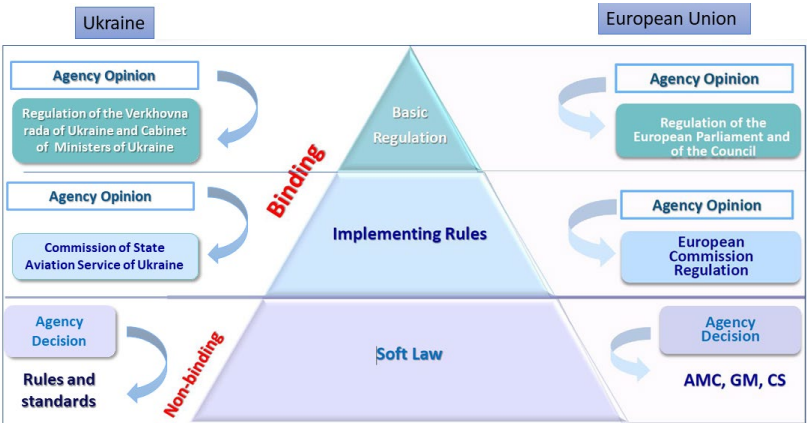
Імпортні обмеження:

Через військовий стан імпорт технологічних компонентів для БПЛА може бути ускладнений або заблокований, що впливає на можливість відповідати вимогам сертифікації, оскільки деякі з критично важливих деталей можуть бути недоступними.

Проблеми з інтеграцією в міжнародні стандарти:

Україна намагається інтегрувати свої стандарти сертифікації в європейські та міжнародні системи. Однак, зараз цей процес значно ускладнений, оскільки вимоги Європейського агентства з авіаційної безпеки (EASA) або інших міжнародних органів можуть відрізнятися від тих, що є актуальними для України під час воєнного стану.

Для порівняння вимог до безпілотних літальних апаратів (БПЛА) між Україною та Європейським Союзом, проведемо аналіз існуючої законодавчої бази та процесів сертифікації. На Фігурі 1 представлена ієрархія відповідності сертифікаційних правил та вимог Європейського союзу та України.



Фігура 1. Ієрархія відповідності сертифікаційних правил та вимог Європейського союзу та України.

Законодавча база

Використання БПЛА в Україні регулюється Повітряним кодексом України, Положенням про використання повітряного простору, затвердженим постановою КМУ № 954, та Авіаційними правилами України, затвердженими наказом Державної авіаційної служби та Міністерства оборони України [1].

Використання БПЛА в ЄС регулюється Регламентом (ЄС) 2019/947, який встановлює правила та процедури для експлуатації безпілотних авіаційних систем, а також вимоги для персоналу, включаючи дистанційних пілотів та організації [2].

Категорії та обмеження

В Україні польоти БПЛА масою до 20 кг можуть виконуватись без подання заявок на використання повітряного простору і без отримання дозволів, за умови дотримання низки вимог, таких як відсутність перетину державного кордону, дотримання безпечної відстані від аеропортів та пілотованих літальних апаратів, висота польоту до 120 метрів тощо [1]. Використання БПЛА в приватних цілях під час воєнного стану заборонено, а

рішення про використання повітряного простору ухвалюється Генеральним штабом ЗСУ.

Натомість в Європейському союзі ми маємо певний перелік категорій:

Відкрита категорія: не вимагає попереднього дозволу або декларації оператора і включає операції з низьким ризиком, такі як польоти на висоті до 120 метрів та віддалені від людей.

Специфічна категорія: потребує операційного дозволу на основі оцінки ризику або декларації оператора в залежності від сценарію.

Сертифікована категорія: передбачає сертифікацію оператора та пілота, а також сертифікацію літального апарата у випадках високого ризику, таких як перевезення небезпечних вантажів або польоти над великим скупченням людей [2].

Сертифікація та реєстрація

В Україні БПЛА масою більше 25 кг підлягають реєстрації в Державному реєстрі цивільних повітряних суден України. Сертифікація вимагає технічного огляду та перевірки відповідності стандартам безпеки [1].

В ЄС Оператори БПЛА повинні бути зареєстровані, якщо їхня діяльність може спричинити ризики для безпеки, конфіденційності або навколишнього середовища. Для БПЛА вагою більше 250 грамів або з можливістю передачі кінетичної енергії понад 80 Джоулів при зіткненні також потрібна реєстрація [2].

Висновки

Отже, основними відмінностями регулювання та сертифікації систем і комплексів БПЛА в Україні є те, що більше уваги приділяється регулюванню польотів з точки зору безпеки під час воєнного стану, тоді як ЄС має більш структуровану систему категорій, засновану на оцінці ризиків та приватності. В обох юрисдикціях максимальна висота польоту обмежена до 120 метрів. Однак ЄС має суворіші правила щодо польотів над людьми та скупченням людей у порівнянні з Україною. А також те, що в ЄС оператори та певні БПЛА повинні бути зареєстровані, тоді як в Україні реєстрація обов'язкова лише для літальних апаратів вагою більше 25 кг.

Список літератури

1. Повітряний Кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 48-49, ст.536.

2. European Commission. (2019). Commission implementing regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft. Official Journal of the European Union, L 152, 45–71. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0947

УДК 629.7.054.07(043.2)

Є.Ю. Кузьменко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Підвищення ситуаційної обізнаності за допомогою ADS-B: Внесок у безпеку польотів

ADS-B підвищує безпеку польотів, надаючи пілотам і диспетчерам точні й реальні дані про місцезнаходження, висоту та швидкість літаків, що покращує ситуаційну обізнаність і зменшує ризик зіткнень. Крім того, ця технологія дозволяє контролювати авіаційний рух у віддалених районах, де традиційні радари неефективні.

Система автоматичного злаженого спостереження ADS-B

ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) є сучасною технологією спостереження за авіаційним рухом, що використовує GPS для передачі інформації про місцезнаходження, висоту, швидкість і напрямок руху літака. Ця технологія відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки польотів, особливо в умовах зростання кількості авіарейсів і нових викликів для авіаційної безпеки. ADS-B дозволяє як пілотам, так і диспетчерам оперативно отримувати точні дані про положення повітряних суден, що значно підвищує ситуаційну обізнаність і знижує ризик аварій. Метою цієї статті є дослідження впливу ADS-B на безпеку польотів та аналіз його переваг для авіаційної індустрії [1, 2].

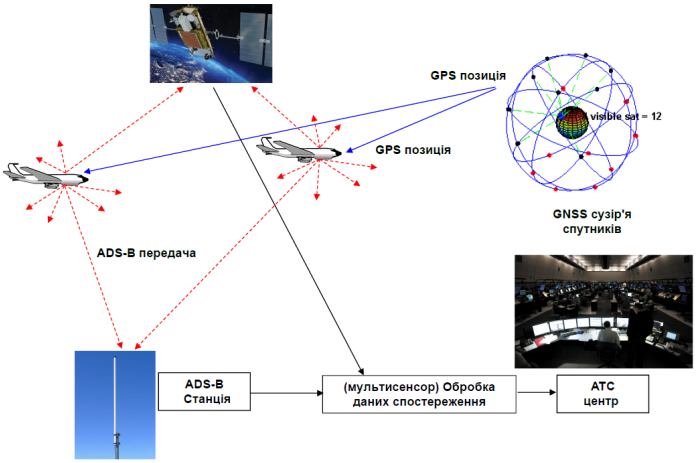


Рис. 1. Робота системи ADS-B

ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) працює за принципом передачі інформації про літак через автоматичні сигнали, що

базуються на даних GPS. Кожен літак із встановленим ADS-B передавачем отримує своє точне місцезнаходження від GNSS (Global Navigation Satellite System), яке формується завдяки сигналам від супутникового сузір'я. Після цього літак автоматично передає дані про свою GPS-позицію, висоту, швидкість і напрямок у вигляді сигналу ADS-B. Ці сигнали приймаються ADS-B станціями на землі, де відбувається мультисенсорна обробка отриманих даних для їх перевірки та об'єднання з іншими джерелами інформації. Після обробки дані передаються до центрів управління повітряним рухом (ATC), що дозволяє диспетчерам контролювати літаки з більшою точністю і надійністю, порівняно з традиційними радіолокаційними системами [5]..

ADS-B надає значні переваги в плані безпеки польотів. Ситуаційна обізнаність дозволяє пілотам бачити інші літаки в реальному часі на своїх дисплеях, що покращує координацію в повітрі та допомагає запобігати зіткненням. Для диспетчерського управління система забезпечує підвищену точність і швидкість передачі даних, що дозволяє диспетчерам ефективніше керувати авіаційним трафіком. Крім того, ADS-B значно покращує контроль за повітряним рухом у віддалених і океанічних районах, де традиційні радари неефективні або взагалі недоступні, що забезпечує більш надійну ситуаційну обізнаність і безпеку в цих зонах.

ADS-B має кілька викликів та ризиків. Одним із головних є кібербезпека, оскільки сигнали передаються без шифрування, що робить систему вразливою до атак. Також постає питання конфіденційності, адже публічний характер передачі даних може створювати ризики для секретних польотів, зокрема військових та урядових.

Щодо майбутніх перспектив, очікується інтеграція ADS-B з іншими системами, такими як TCAS, для підвищення рівня автоматизації безпеки. Крім того, є плани щодо удосконалення захисту сигналів і впровадження нових версій ADS-B, щоб зробити передачу даних ще більш надійною і безпечною [3, 4].

Впровадження технології ADS-B значно покращило ситуаційну обізнаність в авіації, що дозволило пілотам і диспетчерам отримувати більш точні й актуальні дані про повітряний рух. Це підвищення ситуаційної обізнаності суттєво зменшило ризик зіткнень і покращило загальну координацію польотів, особливо у віддалених і важкодоступних районах, де традиційні радіолокаційні системи неефективні. Завдяки цьому система ADS-B стала важливим елементом сучасної авіаційної безпеки.

Однак для досягнення максимального ефекту необхідно подолати певні виклики, зокрема, вдосконалити кіберзахист, оскільки сигнали ADS-B залишаються вразливими до атак. Крім того, потрібно поліпшити інфраструктуру в країнах, що розвиваються, щоб система була ефективною глобально. У майбутньому ADS-B може стати ключовою технологією як в авіаційній, так і в космічній сфері, що підкреслює важливість подальших досліджень і розвитку цієї технології

Список літератури

1. Junzi Sun. The 1090 Megahertz Riddle (second edition) A Guide to Decoding Mode S and ADS-B Signals, https://mode-s.org/decode.
2. Харченко В.П., Остроумов І.В. Авіоніка. Київ: НАУ, 2013. 281с.
3. Ostroumov I.V., Kutsenko O. Software-Defined Transmitter to Support Automatic Dependent Surveillance-Broadcast. 2023 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). 2023. P. 14-17. https://doi.org/10.1109/CADSM58174.2023.10076507.
4. Ostroumov I.V., Statistical Analysis and Flight Route Extraction from Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Data. 2022 Integrated Communications Navigation and Surveillance Conference (ICNS). 2022. P. 1-9. https://doi.org/10.1109/ICNS54818.2022.9771515.
5. Ostroumov I.V., Kyzymchuk O. Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Trajectory Data Processing. 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). 2022. P. 43-47.
6. https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9767058.

UDC 005.53:004.8+005.53-057.212]336.763.3(043.2)

D.O. Marshalok, postgraduate
O.Ye. Luppo, PhD in Pedagogical Science.,
Associate Professor, Associate Professor of ANS
(National Aviation University, Ukraine)

Comparison of the decision-making process between AI and human controllers during CDO using Point Merge Method

Compare the decision-making process of AI and human controllers during CDO, focusing on different metrics. The result of comparison is the examples of behaviour of analysed sub-systems.

AI vs Human decision-making efficiency.

The aviation industry has always been at the forefront of technological innovation, constantly pushing the boundaries to make air transport safer, more efficient and more accessible. From the earliest pioneer flights to the present day, aviation has undergone many technological revolutions, each contributing to the evolution of safer air travel. Human operators rely on experience, intuition and up-to-date avionics. However, these still can even lead to inefficiencies or errors, especially in high-stress situations. AI can quickly process vast amounts of data and make better decisions than human controllers.

Artificial intelligence is not a psychological construct, as it does not originate from the same underlying human cognitive or emotional processes. Instead, artificial intelligence may be considered a computational construct, as it is inferred from the outcomes of simulated aspects of human thought and decision-making, which are facilitated by data processing, machine learning techniques, and algorithmic principles [1].

The table structure compares the decision-making efficiency of AI and human operators (HO) (both pilots and air traffic controllers) during Continuous Descent Operations (CDO). Each subsystem is evaluated based on different properties, with a corresponding weight and efficiency mark on a scale from 0 to 1.

Table 1.

Comparative table of the DM efficiency of AI and HO

System	Property Description	Weight	System Mark (0-1)
Pilot (Human)	Reaction Time	0.2	0.7
Pilot (AI)	Reaction Time	0.2	0.95
ATC (Human)	Situational Awareness	0.3	0.8
ATC (AI)	Situational Awareness	0.3	0.85
Pilot (Human)	Proficiency in CDO	0.25	0.85
Pilot (AI)	Proficiency in CDO	0.25	0.9

ATC (Human)	Stress Handling	0.15	0.6
ATC (AI)	Stress Handling	0.15	0.95
Pilot (Human)	Communication Efficiency	0.1	0.75
Pilot (AI)	Communication Efficiency	0.1	0.9
ATC (Human)	Conflict Detection	0.2	0.7
ATC (AI)	Conflict Detection	0.2	0.92
Pilot (Human)	Fuel Management	0.15	0.8
Pilot (AI)	Fuel Management	0.15	0.9
ATC (Human)	Traffic Flow Coordination	0.25	0.75
ATC (AI)	Traffic Flow Coordination	0.25	0.88
Pilot (Human)	Adaptability to Changing Conditions	0.2	0.7
Pilot (AI)	Adaptability to Changing Conditions	0.2	0.85
ATC (Human)	Decision-Making Speed	0.2	0.65
ATC (AI)	Decision-Making Speed	0.2	0.95
Pilot (Human)	Error Recovery	0.15	0.75
Pilot (AI)	Error Recovery	0.15	0.85

System: Here, whether the system evaluated is the Pilot or ATC (Air Traffic Controller) and whether a human or AI operates is seen.

Property Description: The property or factor evaluated, such as reaction time, situational awareness, and proficiency in CDO, is listed here.

Weight: Here, each is assigned a weight to each property to indicate its relative importance in the decision-making process.

System Mark: An efficiency score between 0 and 1 for each system in each property is provided here, with 0 indicating low efficiency and 1 indicating high efficiency. The formula defines the weighted assessment:

$$X_{(subsystem)} = W*S \quad (1)$$

Each subsystem's weighted score is calculated by multiplying each property's score by its own. The results are as follows in table 2:

Table 2.

Pilot (Human):	Pilot (AI)	ATC (Human):	ATC (AI):
0.80	0.94	0.79	0.99

These calculations make it possible to depict a combined solution according to different schemes.

Scheme "AND". The lowest value of all subsystems is accepted since all subsystems should give a positive solution:

$$\min (0.80, 0.94, 0.79, 0.99) = 0.79$$

Scheme "OR", where the highest value of all subsystems is taken because a favourable decision of one of the subsystems is sufficient:

$$\max (0.80, 0.94, 0.79, 0.99) = 0.99$$

Majority system. For the majority system, the average value of all subsystems:

$$(0.80, 0.94, 0.79, 0.99) / 4 = 0.88$$

Based on these calculations, it is possible to decide on actions depending on the chosen scheme for integrating subsystem solutions.

In practice, combining decision-making efficiency from human and AI systems for air traffic management can be implemented in different operational strategies based on the selected scheme. Here is how this process might look:

Three working schemes options

1. **Scheme "AND"** in Practice (Minimum Performance-Based Approach): During the "AND" scheme, the system requires all subsystems to work at an acceptable level for safe, secure and efficient operations where a central system permanently monitors their performance. If any subsystem lowers a particular performance mark (in this case, 0.79), the entire process must be re-evaluated. This scheme puts safety and reliability first, but it leads to conservative decision-making. If one part of the system's efficiency decreases, it overrides to avoid potential risks. this scheme provides that all subsystems must work cohesively but may limit efficiency if any subsystem is stressed.

2. **Scheme "OR"** in Practice (Maximum Performance-Based Approach):

Scenario: The "OR" scheme allows for operation as long as at least one subsystem (e.g., AI or human ATC) performs functions at a high level.

The system relies on the strongest performing subsystem. If AI is performing optimally at 0.99, it can take the lead in managing CDO, with human operators in a supportive or supervisory role. This scheme maximizes efficiency by influencing the best-performing subsystem at any given moment, providing flexibility, and allowing the system to carry on working optimally even if one part underperforms. However, this approach may rely heavily on AI in scenarios where humans are not performing at their best.

3. **Majority System** in Practice (Average Performance-Based Approach):

Scenario: The majority system type is to average the performance across the subsystems, ensuring that the whole efficiency carries the same balance, but is not dependent on extremes. This approach creates a balance where there is no privilege for each subsystem. The decision-making process is designed to ensure that no subsystem's performance cannot impact overall outcomes. Within this collaboration, the workload is distributed equally, ensuring permanent performance.

Implementation in Practice:

Imagine a busy airport during peak hours, with aircraft continuously approaching for landing:

Scheme "AND" in Practice (Minimum Performance-Based Approach with Point Merge System): the system carefully monitors all subsystems. If the human ATC

struggles to sequence incoming aircraft via the Point Merge System, AI can quickly provide trajectory corrections or manage the sequencing directly to maintain safe and efficient operations, i.e. it takes actions such as delaying landings, rerouting aircraft to secondary holding points, or adjusting the Point Merge arcs in order to prevent conflicts and accidents. This ensures that all subsystems work cohesively, but it can slow down operations when any single subsystem underperforms.

Scheme "OR": The operation carry on seamless, even if performance HO lowers, so AI carries most of the decision-making load. If the AI subsystem performance remains the same (e.g., 0.99 in efficiency), it solves tasks such as sequencing aircraft along the merge points, while human operators focus on communication with pilots and managing unforeseen events. If the human ATC subsystem cannot handle the growing workload, AI can continue controlling ensured sequencing of aircraft within the Point Merge System. On the other hand vice versa, human operators carry on decision-making while using AI support is not able at that moment.

Majority System: AI and ATC operators provide sequencing and managing aircraft arrivals using the Point Merge Method. AI may solve looping tasks such as adjusting aircraft along the point merge points or ensuring safe sequencing. HO will manage communication with pilots, keep with unexpected changes in weather or traffic, and oversee the overall operations safety. This approach allows to gain data-given tasks, like adjusting paths for flights in the Point Merge System, and helps to navigate complex or stressed situations.

AI shows appreciable speed and data processing. Nevertheless, in order to be ensured in the data resources and corrections provided to human operators consist of minimal errors. Thus, inaccuracies may endanger decision-making, and it must solutions to help make AI safer and to keep it in check:

- Installing an external monitor to assess the decisions of the AI engine from a safety perspective.
- Building redundancy into the process as a safeguard.
- Reverting to a default safe mode when unknown or dangerous conditions occur.
- Reverting to a full static program so that AI cannot evolve on its own. Instead, the AI would perform a safety analysis after the program is run and determine whether the program is safe.[2]

References

1. Prasad A.K.; Dileep Kumar M.; Macedo V.D.J.; Mohan B.R.; Achyutha Prasad N. Prasad, Anubhav Kumar (57205416540)

2. W. K. Youn, S. B. Hong, K. R. Oh and O. S. Ahn, "Software certification of safety-critical avionic systems: DO-178C and its impacts," in IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 30, no. 4, pp. 4-13, April 2015, doi: 10.1109/MAES.2014.140109.

UDC 621.396

O.V. Onyshchuk, PhD, O.A. Kramar, D.V. Kuznetsov, I.M. Pilat
(Ivan Kozhedub National University of the Air Force, Ukraine)

Simulating of Doppler radio signals at the receiving path of autonomous navigation systems for determining the speed of moving objects

By means of computer simulation, the influence of the processing of the receiving path of the navigation RTS on the structure of the signal reflected from a long object, which leads to the expansion of the spectrum of the reflected radio signal and the complication of measuring its Doppler frequency, was investigated. The adequacy of the simulation to the real observation of the signal and the possible influence on the characteristics of its contour and phase structure are analyzed.

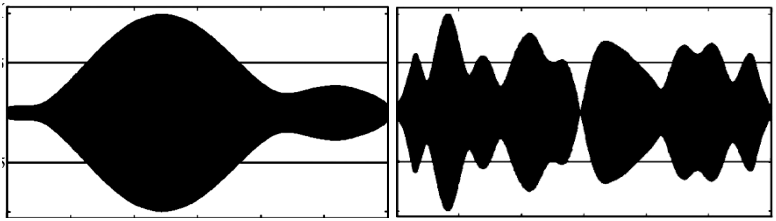
In work [1] the computer modelling of Doppler radio signals was carried out taking into account the influence of the secondary Doppler effect. The results obtained not only demonstrated their complex structure in the time and frequency domains, but also made it possible to identify in the fine structure of these signals natural changes in the envelope and carrier frequency caused by the influence of the secondary Doppler effect [2].

In passing, it should be noted that real Doppler signals can only be identified at the output of pre-processing and filtering devices. Therefore, in order to establish the adequacy of the models, obtained in works [1-2], to real Doppler signals, a necessary and obligatory condition is to simulate the passage of a mixture of input signal and noise through a narrowband filter. Obviously, the parameters of such a filter should correspond to the parameters of the frequency selective circuits used in the receiving and amplifying path and preceding the Doppler frequency measurement devices.

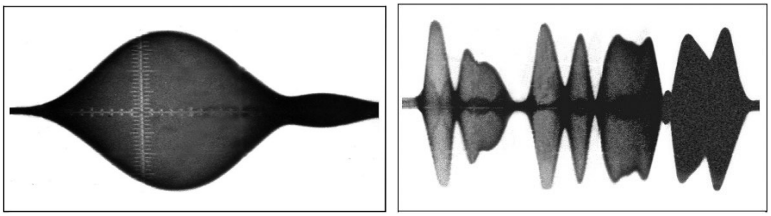
The bandwidth of the frequency selective circuits of the receiving path is determined by conflicting requirements: to provide maximum signal-to-noise ratio, the bandwidth should be minimal, and to reduce the duration of transients, the bandwidth should be wide. On the other hand, the bandwidth of frequency selective circuits should be selected taking into account the dynamic changes in the Doppler shifts of the frequency of the received radio signal, which correspond to the range of changes in the speed of the moving object.

The results of computer simulated and oscillograms of the real signal are shown in Figure 1.

Comparing the simulated signals (Fig. 1, *a*) with the oscillograms of real Doppler signals (Fig. 1, *b*), which were taken at a similar point of the receiving path, for the same or similar initial conditions, the obvious similarity of their shape and the same dependence of the nature of the envelope model and real signals on the speed of the moving object were revealed.



a



б

Fig. 1. Doppler radio signals:
a – the simulated signal at the filter output,
b – oscillogram of a real signal in the receiving path

To quantify the fluctuations of the carrier frequency of real and simulated signals, the data arrays obtained as a result of measuring the carrier frequency within short partial intervals, which were allocated during the existence of real and modelled radio signals, were processed. These data sets were used to analyse the distribution density curves, which gave grounds to accept the law of distribution of instantaneous frequencies as normal and to use the appropriate mathematical apparatus to estimate frequency fluctuations.

The results assessment of frequency fluctuations of computer simulated and real signal are shown in table. 1.

Table 1.

Assessment of frequency fluctuations of real and simulated radio signals

№ data array	$\sigma_{f\,\text{sim}}$, *Гц*	$\sigma_{f\,\text{real}}$, *Гц*
М1А	1,01	1,1
М1Б	0,84	1,2
М2Б	0,92	1,0
МС-16	0,81	0,9
МС-19	0,65	0,8
МС-20	0,73	0,85

Thus, a comparative analysis of the modelled and real signals showed their extreme closeness, which is the basis for confirming the adequacy of the proposed models [1-2]. From the point of view of improving the tactical and technical characteristics of Doppler autonomous navigation systems installed on moving objects,

the simulation results can be used in the development of new and/or improvement of existing Doppler signal processing tools aimed at reducing the impact of noise and transients on the carrier frequency of these signals, as well as methods of measuring the carrier frequency in those fragments of the radio signal in which the Doppler frequency shifts are adequate to the speed of the moving object.

References

1. Onyshchuk O. Computer modelling of Doppler radio signals in the time and frequency domains / O. Onyshchuk, M. Tulenko, O. Kramar, K. Trojan. XX International scientific conference of the Kharkiv National University of the Air Force named after Ivan Kozhedub 'The latest technologies for airspace protection': abstracts of reports, 02 - 03 May 2024. – K.: KNUAF, 2024. – 331 c. URL: https://hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/20/xx-conf-hnups.pdf.
2. Onyshchuk O.V. Study of the secondary Doppler effect / Onyshchuk O.V., Semenov A.O. Modern problems of infocommunications, radio electronics and nanosystems (MPIRN-2023) : IX International Scientific and Technical Conference, 15-17 November 2023 - Vinnytsia, 2023. URL: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/spirn/spirn2023/paper/viewFile/19268/15945.

УДК 159.98:629.73(045)

О.В. Петренко, к.психол.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Психологічні засади ситуативної інтелектуальної голосової підтримки операторської діяльності: актуальні питання та методичні підходи емпіричних досліджень

Окреслюється коло ділянок досліджень та розглядається зміст підходів, які можуть представляти інтерес у контексті створення систем інтелектуальної підтримки операторської діяльності на основі природної мови з урахуванням ситуативних особливостей індивідуального реагування людини на різноманітні голосові звернення з боку систем штучного інтелекту.

В умовах сучасних можливостей автоматизації об'єктивно зростає важливість задачі забезпечення належного рівня включеності та поточної обізнаності людини-оператора. Цим пояснюється підвищена увага до створення систем інтелектуальної підтримки діяльності людини. Метою таких систем є забезпечення ситуаційної обізнаності людини шляхом надання спеціальним чином сформованої інформації, яка є необхідною з міркувань вичерпного розуміння поточного моменту та напрямку розвитку ситуації, а також оптимальною за обсягом з міркувань можливостей її вчасного та вичерпного сприйняття людиною[1, 2, 3].

Окремим важливим аспектом створення систем інтелектуальної підтримки людини-оператора є вибір та реалізація способу донесення інформації до людини. Традиційним і перевіреним підходом є візуальне представлення інформації. Візуалізація в сучасних авіаційних «скляних» кабінах стає дедалі більш синтетичною та спрямованою на формування цілісної картини, представленої у дружній для людського сприйняття спосіб. Але попри усі переваги візуалізацій (такі як однозначність змісту повідомлень та відносна стійкість сприйняття в умовах високих психічних навантажень), візуалізовані повідомлення поступаються повідомленням на основі природної мови за низкою важливих ефектів, пов'язаних з її фундаментальними властивостями. Можна очікувати, що ці ефекти здатні забезпечити новий рівень якості інформаційної взаємодії людини з високоавтоматизованими системами та штучним інтелектом в тих видах діяльності та класах ситуацій, в яких до цього часу природна мова ще не знайшла належного застосування.

Виходячи з фундаментальних властивостей природної мови, є підстави розглядати голосовий канал взаємодії «машина-людина» не лише в контексті задачі забезпечення ситуаційної обізнаності, але й як інструмент реалізації евристичного потенціалу людини в умовах інтелектуальної кабіни [4]. Сприйняття голосових повідомлень може викликати різноманітні когнітивні, поведінкові, а також емоційні ефекти, впливати на психічний стан завдяки і смислу і інтонаціям повідомлення, допомагати подоланню ілюзій та стереотипів, а також сприяти психологічній мобілізації. Властивості мови дозволяють використовувати її для впливу на метаструктури свідомості

людини. Мовленнєвий формат – це формат не тільки повідомлень і команд, але й коментарів, оцінок, зауважень, міркувань, постановки запитань, і загалом це можливість побудови певного дискурсу, здатного сформувати або трансформувати психологічні установки сприйняття та оцінки ситуації, а також рішень щодо способів дій.

Проблема використання голосових каналів в інтеракціях «машина-людина» полягає в тому, що голосове повідомлення складного змісту з багатьма смисловими аспектами може отримувати різні інтерпретації, а однакові за змістом повідомлення можуть бути представлені наборами різних словоформ. Таким чином, сприйняття і розуміння складної інформації, представленої в мовленнєвому форматі, може виявитись більш непередбачуваним та залежним від багатьох змінних.

З іншого боку, інтелектуальні системи можуть бути здатними не тільки розпізнавати сценарії розвитку подій, але й зчитувати, обробляти та використовувати об'єктивну інформацію про поточні показники активності людини-адресата, її загальний функціональний стан та окремі психофізіологічні реакції, особливості реагування на кожне з отриманих повідомлень, а також на кожну подію та в кожний момент часу, як це в тих чи інших аспектах вже реалізується в сучасних розробках адаптивних людино-машинних інтерфейсів та систем управління навантаженнями на людину [5, 6].

Окрім можливостей моніторингу стану та характеру активності людини, система інтелектуальної підтримки може також оперувати масивами даних щодо індивідуальних особливостей конкретних людей-операторів з метою вибору оптимального стилю взаємодії з кожною особою на цій основі [4]. Обґрунтованість такого підходу знаходить підтвердження у дослідженнях, присвячених моделюванню сприйняття стилю спілкування під час взаємодії людини з комп'ютером, які засвідчують, що на переваги певного стилю спілкування впливають як властивості системи, так і риси користувача [7, 8].

Таким чином виглядає принципово можливою дуже гнучка побудова голосових повідомлень з метою отримання необхідного корисного ефекту в тій конкретній ситуації, в якій перебуває певний оператор. Але створення та запровадження здатних на це систем інтелектуальної підтримки операторської діяльності має спиратися на розуміння широкого кола явищ, пов'язаних з особливостями сприйняття людиною різноманітних типів комунікатів і реагування на них в процесі подолання різних типів труднощів операторської діяльності.

Окреслимо актуальні питання, прояснення яких потребує відповідних емпіричних досліджень, та розглянемо можливі підходи до таких досліджень.

1. *Чи існують універсальні правила вибору типу комунікативного акту на основі природної мови для надання допомоги оператору в подоланні різних видів труднощів, які можливі в його діяльності? Якщо так, то в чому вони полягають?* Якщо для розуміння певних принципів абстрагуватись від залежності ефекту повідомлень від індивідуальних особливостей конкретних людей, то підходом до пошуку відповіді на це питання може бути опитування вибірки людей з досвідом операторської діяльності з метою встановлення статистичних зв'язків між групами труднощів (Таблиця 1) та типами

повідомлень природною мовою, які, на думку респондентів, є найбільш корисними у ситуаціях зіткнення з цими труднощами (Таблиця 2).

Таблиця 1

Основні групи труднощів операторської діяльності

Аспект активності	*Зміст труднощів*
Сприйняття	Труднощі вчасного сприйняття інформації
Розуміння	Труднощі вчасного розуміння сутності поточної ситуації та її причинно-наслідкових зв'язків
Прогнозування	Труднощі розуміння можливих напрямків розвитку ситуації та наслідків певних дій
Оцінка	Труднощі оцінки необхідності активного впливу на перебіг подій
Прийняття рішення	Труднощі вибору варіанту дій
Ефекторні дії	Труднощі виконання необхідних дій
Саморегуляція	Труднощі самоконтролю та підтримання необхідних характеристик психічного стану (таких як спокій, уважність, впевненість тощо).

Таблиця 2

Акти голосової комунікації, які можуть використовуватись для надання допомоги оператору в подоланні труднощів його діяльності

1	*Команда* (імперативна вимога виконати певну дію)
2	*Попередження* (про те, що може статися)
3	*Застереження* (щодо певних дій, яких слід уникати як таких що можуть мати негативні наслідки)
4	*Повчання*, підказка (щодо способу виправлення ситуації, коли мав місце прорахунок або щось було зроблено неправильно)
5	*Пропозиція* (можливий варіант дій на розсуд адресата повідомлення)
6	*Дозвіл* (санкція на виконання певної дії як прийнятної)
7	*Заборона* (імперативна вимога не виконувати певну дію)
8	*Констатація* (повідомлення про певний достовірний факт)
9	*Опис* ситуації (якою вона є на поточний момент в її статичному відображенні)
10	*Розповідь* (висвітлення динаміки розвитку ситуації)
11	*Міркування* (розкриття динаміки мислення, розуміння та висновків)
12	*Припущення* (повідомлення про щось гіпотетичне, можливе але достеменно не встановлене)
13	*Запитання*
14	*Похвала* (вербальне заохочення)

Таким чином може бути з'ясована статистична картина розподілу суб'єктивних переваг різних типів актів мовленнєвої підтримки по різних типах ситуацій, пов'язаних з подоланням тих чи інших різновидів труднощів. Достатньою умовою залучення респондентів в даному випадку є досвід

отримання мовленнєвої підтримки у різноманітних ситуаціях операторської діяльності – з боку інших членів команди та її керівників у випадках командної діяльності, з боку інструкторів в процесі навчання, підвищення кваліфікації та оцінки якості діяльності тощо. Важливо, що досвідчений інструктор або колега, як сторона мовленнєвої взаємодії, може розглядатись як носій взірців комунікації у складних ситуаціях з урахуванням не тільки формальних аспектів ситуації, але й психологічних властивостей людини.

Встановлені закономірності мовленнєвої підтримки людини людиною можуть бути поширені на ситуації, коли з людиною взаємодіє інтелектуальна технічна система, здатна генерувати повідомлення на основі природної мови. Аргументом на користь такого підходу є не тільки об'єктивні властивості природної мови, на які не впливає джерело повідомлення, але й той факт, що по мірі розвитку цифрових технологій організація спілкування між машиною та людиною почала розглядатись у контексті здатності технічних систем до взаємодії з людиною на засадах співробітництва, яке в свою чергу потребує спілкування як умови забезпечення спільних намірів [9].

Набуття інтелектуальними технічними системами певних ознак віртуальних членів команди знайшло відображення у появі таких понять, як «гібридна команда» (hybrid team), «соціально-цифрова команда» (socio-digital team), «команда людей та віртуальних агентів» (human-agent team), та ін. [10, 11], а також більш вузького поняття «команда людей та штучного інтелекту» (Human-AI Team) [1]. Пропонувався погляд на поняття «гібридна команда» як на явище, основу для якого створює застосування високоавтоматизованих людино-машинних інтерфейсів [12]. Можна припускати, що людино-машинні інтерфейси на основі природної мови найбільш виразно створюватимуть умови для проявів багатьох явищ, подібних до явищ взаємодії людей в операторських командах, дозволяючи спиратись в побудові комунікації між машиною та людиною на закономірності спілкування між людьми.

2. *Якою мірою доцільність певного типу мовленнєвого звернення до оператора з метою надання йому підтримки в подоланні тієї чи іншої трудності повинна визначатись не лише об'єктивною ситуацією діяльності, але й індивідуальними особливостями конкретної людини-оператора?*

Якщо в процесі досліджень, пов'язаних з пошуком відповіді на перше запитання з цього списку будуть встановлені суттєві розбіжності в оцінках респондентів щодо доцільності тих чи інших типів допомагаючих комунікатів в тих чи інших ситуаціях, то це було би аргументом на користь висновку, що при наданні інтелектуальної підтримки природною мовою повинні враховуватись індивідуальні особливості людини-оператора як об'єкту мовленнєвого впливу.

3. *Які саме індивідуальні особливості та характеристики функціонального стану людини-оператора можуть потребувати врахування при виборі типу мовленнєвого повідомлення та формуванні його змісту з метою забезпечення ефективної допомоги в подоланні труднощів операторської діяльності різного типу?*

Вибір доцільного типу голосового звернення до людини-оператора може залежати від двох принципових груп характеристик адресата, а саме, від:

1) усталених індивідуальних особливостей (таких як нейродинамічні характеристики, типологічні особливості когнітивної сфери, певні особистісні риси);

2) особливостей поточного психічного стану (таких як впевненість або розгубленість, спокій або стрес, рівень включеності у ситуацію, рівень мобілізації тощо).

Якщо буде достеменно з'ясовано, що ефективність мовленнєвої підтримки операторської діяльності залежить від її відповідності певним індивідуальним рисам та поточним характеристикам функціонального стану конкретної людини-оператора, то наступне питання, на яке потрібно буде знайти відповідь, полягатиме в тому, як саме повинні враховуватись індивідуальні особливості оператора та характеристики його поточного психічного стану.

4. *В чому мають полягати основні принципи врахування індивідуальних особливостей оператора, а також характеристик його поточного психічного стану при побудові мовленнєвих повідомлень різного типу в різних ситуаціях операторської діяльності?*

Пошук відповідей на це питання вимагатиме проведення експериментів з відтворення епізодів операторської діяльності, пов'язаних з різними класами ситуацій, та суміщенням діяльності в цих епізодах зі сприйняттям мовленнєвих звернень різного типу, стилю, темпу, довжини тощо особами, відмінними за своїми індивідуальними особливостями.

5. *В якій мірі необхідність сприйняття природної мови в процесі виконання різних елементів операторської діяльності загрожує створенням додаткових когнітивних навантажень на людину-оператора? Чи залежить рівень цих навантажень від певних індивідуально-типологічних особливостей оператора?*

Пошук відповіді на питання, наскільки обтяжливим для людини-оператора може бути суміщення різних елементів операторської діяльності з одночасним сприйняттям повідомлень природною мовою, може здійснюватися шляхом проведення апаратурних експериментів, які передбачають безперервний моніторинг психофізіологічних навантажень. Інформативним показником навантажень, який ми використовуємо в таких дослідженнях, є електрична активність шкіри як характеристика змін поточного стану вегетативної нервової системи [13]. Як показують наші дослідження, існує істотна варіація індивідуальної динаміки психофізіологічних навантажень при поєднанні сенсомоторної діяльності зі сприйняттям потоків голосової інформації, яку оператору доводиться невідкладно осмислювати.

6. *За яких умов і наскільки ефективними можуть бути голосові повідомлення з високим рівнем узагальнення інформації та розкриттям складних смислових взаємозв'язків, метою яких є формування адекватного розуміння складних явищ та корекція установок сприйняття дійсності?*

Для отримання відповідей на це питання нами використовується методика у формі експерименту [13], який полягає у виконанні досліджуваними особами наборів складних мисленнєвих задач, які мають певну формальну подібність але істотні сутнісні відмінності, що вимагає

подолання когнітивних установок і ускладнює процес їх виконання. Методика передбачає дві проби, в першій з яких людині надходять голосові коментарі, які допомагають сформувати необхідний кут погляду на кожну задачу. Обидві проби супроводжуються моніторингом рівня психофізіологічного навантаження за показником ЕАШ.

7. *Яким чином забезпечувати надійність досягнення необхідного ефекту голосової підтримки і вибудовувати захист від спотворень сприйняття, інформаційних перевантажень, недостатньої зрозумілості повідомлень та інших небажаних явищ?*

Це одна з цікавих ділянок подальших досліджень на перетині лінгвістики і психології, яка вимагає пошуку та апробації різноманітних ідей щодо засобів і методик уникнення спотворень сприйняття мовленнєвої інформації та забезпечення її зрозумілості для різних операторів попри відмінності досвіду, психічного стану та індивідуальних рис. Засади підбору лексичних одиниць, використання кортежів повідомлень з перефразуваннями, зворотний зв'язок шляхом діалогу, визначення оптимального темпу, посилення важливих смислів за допомогою інтонацій – ці та можливі інші аспекти забезпечення надійності мовленнєвого впливу потребують ґрунтовних експериментальних досліджень.

8. *Наскільки істотними і з чим саме пов'язаними можуть бути відмінності ставлення операторів до можливості отримувати з боку штучного інтелекту інформаційну підтримку природною мовою при подоланні труднощів управління технічними системами?*

9. *Чи повинні враховуватися при побудові машинних голосових інтеракцій в різних типах складних ситуацій особливості ставлення людини до голосової комунікації з машиною?*

Останні два питання пов'язані з проявами мотивацій та професійного світосприйняття експлуатаційного персоналу. Відповіді на ці питання становлять інтерес з точки зору розуміння впливу мотиваційних та світоглядних чинників на процес введення в експлуатацію голосових систем інтелектуальної підтримки операторської діяльності, навчання персоналу взаємодії з такими системами, а також уточнення засад адаптивності таких систем до взаємодії з працівниками, яким притаманне різне ставлення до подібних технологій.

Як показує перелік розглянутих питань, задача створення інтелектуальних систем голосової підтримки операторської діяльності вимагає комплексних досліджень одночасно у психофізіологічних, психологічних і навіть соціокультурних площинах. Методологічні та методичні труднощі на цьому шляху варті усіх зусиль, оскільки це шлях до принципово нових можливостей, а задача використання природної мови системами підтримки людської діяльності відповідає загальній логіці тренду, який вже зараз спостерігається в цій сфері.

Список літератури

1. Endsley M. R. Supporting Human-AI Teams: Transparency, explainability, and situation awareness. In: Computers in Human Behavior, Volume 140, 2023, 107574.
2. Würfel J., Djartov B., Papenfuß A., Wies M. Intelligent Pilot Advisory System: The Journey From Ideation to an Early System Design of an AI-Based Decision Support System for Airline Flight Decks. // Human Factors in Transportation, Vol. 95, 2023. P. 589–597.
3. Mouthaan Q., Ehlert P., Rothkrantz L. Situation recognition as a step to an intelligent situation-aware crew assistant system // Proceedings of the 15th Belgium-Netherlands Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2003), Nijmegen, The Netherlands. P. 219-226.
4. Petrenko O. Man-machine symbiosis in aviation: new risks and capabilities in view of information technology expansion. // Papers of the 17th International Symposium on Aviation Psychology, (Wright State University, Dayton, Ohio, USA, 6-9 May 2013). Red Hook, NY, 2013 (ISBN: 978-1-62993-579-9). P. 116-121.
5. Dorneich M.C., Passinger B., Hamblin C., Keinrath C., Vašek J., Whitlow S.D. and Beekhuyzen M. Evaluation of the Display of Cognitive State Feedback to Drive Adaptive Task Sharing. In: Frontiers in neuroscience, 2017, 11: 144.
6. Jankovics I., Kale U. (2018). Developing the pilots' load measuring system. In: Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 2018, vol. 91, № 2. P. 281-288.
7. Miehle J. Communication style modelling and adaptation in spoken dialogue systems. Ph.D. dissertation, Ulm University, 2022, 153 p.
8. Patrick Rau P.L., Ye Li, Dingjun Li Effects of communication style and culture on ability to accept recommendations from robots. In: Computers in Human Behavior, Volume 25, Issue 2, 2009. P. 587-595.
9. Hoffman G., Breazeal C. Collaboration in Human–Robot Teams. In Proc. AIAA 1st Intelligent Systems Technical Conference, Chicago, IL, Sep. 2004.
10. Schwartz T., et al. Hybrid Teams: Flexible Collaboration Between Humans, Robots and Virtual Agents. In Proceedings of the 14th German Conference MATES 2016 (Multiagent System Technologies 2016), Klagenfurt, Österreich. P. 131–146.
11. Ellwart T. Mensch, Softwareagenten und Roboter in Hybriden Teams. Auswirkungen auf Arbeit, Sicherheit und Gesundheit. In: R. Trimpop, A. Fischbach, I. Seliger, A. Lynnyk, N. Kleineidam, A. Große-Jäger (Eds.). Workshop Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit – Gewalt in der Arbeit verhuten und die Zukunft gesundheits-förderlich gestalten! Asanger Verlag, 2020. P. 25-40.
12. Eschen S., Knappe K., & Eißfeldt H. Performance in hybrid teams: development of a research questionnaire and simulation tool. Proceedings of the 30th Conference of the European Association for Aviation Psychology, September 24-28, 2012. P. 32–38. Villasimius: EAAP.
13. Петренко О.В. Психологічні аспекти реалізації голосових інтеракцій машина-людина в антропотехнічних системах з високим рівнем автоматизації // Матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції «Avia-2023», Київ, 18-20 квітня 2023. С. 36.19-36.24.

УДК 004.932.72’1

А.В. Рябко, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Порівняльний аналіз методів SIFT та SURF для виявлення локальних ознак на знімках з безпілотних літальних апаратів

У дослідженні розглядаються методи виявлення локальних ознак, такі як SIFT та SURF, що широко використовуються в комп'ютерному баченні для обробки знімків з безпілотних літальних апаратів. Алгоритми аналізуються з точки зору точності та швидкості, їх переваги й недоліки обговорюються на прикладі обробки зображень у середовищі MATLAB.

Вступ

Знімки з БПЛА є важливим джерелом даних для різних досліджень, включаючи моніторинг змін ландшафтів, управління природними ресурсами, аналіз катастроф, спостереження за сільським господарством та оборонні цілі. Завдяки високій роздільній здатності та різноманітності, такі знімки забезпечують детальну інформацію для виявлення й розпізнавання об'єктів [1]. Однак обробка цих даних вимагає застосування складних алгоритмів, зокрема для виявлення локальних ознак об’єктів для їх подальшого детектування на зображенні — SIFT (Scale Invariant Feature Transform) і SURF (Speeded-Up Robust Features) є одними з найпоширеніших [2][3].

Огляд методів виявлення локальних ознак

Методи виявлення локальних ознак використовуються для розпізнавання об'єктів на зображеннях незалежно від їхніх змін у масштабі, освітленні чи обертанні.

SIFT аналізує зображення на різних масштабах, використовуючи гауссове розмиття та різницю гауссіан для пошуку ключових точок. Кожна точка описується вектором ознак, що робить їх незалежними від змін масштабу та орієнтації [4]. Основними етапами SIFT є попереднє розмиття, побудова масштабного простору, пошук екстремумів, визначення орієнтації та створення дескрипторів. Метод є стійким до шумів та змін освітлення [5][6].

SURF є оптимізованою версією SIFT і використовує матрицю Гессіана для швидкого обчислення ключових точок. Він також застосовує фільтри коробкової згортки для покращення ефективності [7]. Завдяки використанню інтегральних зображень SURF значно прискорює процес аналізу, що робить його ефективнішим для завдань, де критично важлива швидкість [8][9].

Порівняння алгоритмів SIFT і SURF

Порівняння двох методів проводилось на основі їхньої здатності виявляти ключові точки та швидкості обробки.

SIFT виявляє більше ключових точок завдяки детальному аналізу зображень на різних масштабах і високій стійкості до змін освітлення та орієнтації об'єктів. Він є більш надійним у складних умовах, але його

недоліком є більші обчислювальні витрати, що призводить до більшої тривалості обробки зображень [10].

SURF забезпечує швидшу обробку за рахунок використання матриці Гессіана і коробкових фільтрів. Цей метод менш точний у виявленні ключових точок, особливо при складних умовах освітлення чи різких обертах об'єктів, але він значно ефективніший у завданнях, що потребують обробки в реальному часі [11].

Експерименти та результати

Експерименти проводилися на знімках, які включають складні об'єкти, такі як кораблі, доки, літаки, будівлі та автомобілі. Висока роздільна здатність зображень дала можливість детально перевірити роботу алгоритмів SIFT та SURF. Для кожного зображення методи виявляли ключові точки, що згодом використовувалися для зіставлення з об'єктами на інших знімках.

У процесі експерименту метод SIFT показав більшу кількість виявлених ключових точок, особливо у складних сценах із нерівним освітленням та різними кутами обертання. Це забезпечує кращу деталізацію в розпізнаванні об'єктів. SURF, навпаки, працював швидше, виявляючи менше точок, але забезпечуючи швидке зіставлення. В експериментах також вивчали чутливість алгоритмів до обертання об'єктів, де SIFT показав стабільні результати, тоді як SURF демонстрував зниження кількості виявлених точок на великих кутах обертання [12].

Висновок

Методи SIFT та SURF демонструють різні підходи до виявлення локальних ознак, що робить їх корисними для різних задач. SIFT є більш надійним у складних умовах освітлення та змін масштабів, виявляючи більше ключових точок. Це робить його ідеальним вибором для завдань, де точність виявлення є пріоритетом, навіть якщо це вимагає більше обчислювальних ресурсів.

SURF, натомість, є значно швидшим і менш вимогливим до обчислювальних потужностей, що робить його підходящим для задач, де необхідна швидка обробка в реальному часі. Хоча він виявляє менше ключових точок, його ефективність дозволяє використовувати його в системах, де швидкість важливіша за точність.

Таким чином, вибір між цими методами залежить від конкретних завдань. Якщо необхідна точність та стійкість до змін умов зйомки, краще використовувати SIFT. Якщо ж потрібна швидка обробка зображень для задач реального часу, перевагу варто віддати SURF.

Список літератури

1. T. Lindeberg, Scale selection, Computer Vision: A Reference Guide, Springer, 2014, pp. 701–713. doi: 10.1007/978-3-030-63416-2_242.

2. E. Ristani, F. Solera, R. Zou, R. Cucchiara, C. Tomasi, Performance measures and a data set for multi-target, multi-camera tracking, Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and

Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 9914, 2016, pp. 17–35. doi: 10.48550/arXiv.1609.01775.

3. A. Riabko Methods of satellite images segmentation analysis, in: Proceedings of 7th IEEE International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, Ukraine, 2023, pp. 163–167. doi: 10.1109/MSNMC61017.2023.10329167.

4. A. Singh, SIFT Algorithm: How to use SIFT for image matching in Python, 2024. URL: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/10/detailed-guide-powerful-sift-technique-image-matching-python/.

5. D. Tyagi, Introduction to SIFT (Scale Invariant Feature Transform), 2019. URL: https://medium.com/@deepanshut041/introduction-to-sift-scale-invariant-feature-transform-65d7f3a72d40.

6. D.G. Lowe, Object recognition from local scale-invariant features, in: Proceedings of the International Conference on Computer Vision, Kerkyra, Greece, 1999, pp. 1150–1157. doi: 10.1109/ICCV.1999.790410.

7. E. Oyallon, J. Rabin, An analysis and implementation of the SURF method, and its comparison to SIFT, Image Processing On Line, 2015. doi: 10.5201/ipol.2015.69.

8. H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, L. van Gool, SURF: Speeded up robust features, Computer Vision and Image Understanding 110 (3) (2008) 346–359. doi: 10.1016/j.cviu.2007.09.014.

9. H. Bay, T. Tuytelaars, L. van Gool, SURF: Speeded up robust features, in: Proceedings of the ninth European Conference on Computer Vision, 2006. doi: 10.1007/11744023_32.

10. K. A. Elorabi, A. Zekry, W.A. Mohamed, Optimizing SIFT algorithm parameters for better matching UAV and satellite images, Journal of Physics: Conference Series 2616 (1). doi: 10.1088/1742-6596/2616/1/012044.

11. X. Zhao, H. Li, P. Wang, L. Jing, An image registration method using deep residual network features for multisource high-resolution remote sensing images, Remote Sensing 13(17), 3425. doi:10.3390/rs13173425.

12. Y. Averyanova, V. Larin, N. Kuzmenko, I. Ostroumov, M. Zaliskyi, O. Solomentsev, O. Sushchenko, Y. Bezkorovainyi, Turbulence detection and classification algorithm using data from AWR, in: Proceedings of IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Kyiv, Ukraine, 2022, pp. 518–522. doi: 10.1109/UkrMW58013.2022.10037172.

УДК 621.396:621.372 (043.2)

С.А. Сімченко, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Використання системи візуального позиціонування спільно з GNSS приймачем для навігації БпЛА

Система візуального позиціонування використовує камери для визначення положення безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у просторі шляхом аналізу візуальних даних та порівняння їх з попередньо зібраними даними або картами. Алгоритми комп'ютерного зору обробляють зображення для ідентифікації об'єктів та визначення місцезнаходження БпЛА. VPS може використовуватися як допоміжна система для глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), таких як GPS, для підвищення точності позиціонування.

Система візуального позиціонування(VPS) — це технологія, яка визначає положення БпЛА у просторі за допомогою аналізу візуальних даних, отриманих із камер та порівняння їх даних з даними або картами які були зроблені раніше за допомогою супутника, або інших джерел[1].

Основним принципом роботи системи візуального позиціонування є використання декількох камер встановлених на об'єкті для фотографування оточення для їх подальшого порівняння з знімками з бази даних. Однією з основ системи візуального позиціонування, є можливість використання різних типів камер таких, як: RGB-камери, інфрачервоні, або 3D-камери[2].

Невід'ємною складовою системи візуального позиціонування є алгоритми комп'ютерного зору, які після отримання фотозображень(3D-моделей) обробляють зображення для ідентифікації візуальних об'єктів навколишнього середовища, будівлі, дороги або інші нерухомі об'єкти. Подальший алгоритм аналізує текстури, контури, точки перетину об'єктів і використовує їх як маркер для визначення поточного місцезнаходження БпЛА.

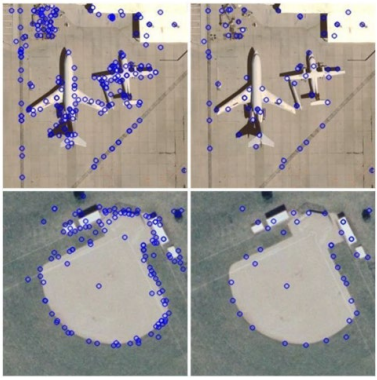


Рис.1 Ідентифікація візуальних об'єктів.

Алгоритм використовує SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) та ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) — це два популярні алгоритми комп'ютерного зору, які використовуються для виявлення та опису ознак на зображеннях. SIFT виявляє ключові точки на зображенні, які є стійкими до змін масштабу, обертання та освітлення. Алгоритм складається з кількох етапів: виявлення екстремумів у масштабному просторі, точне визначення положення ключових точок, призначення орієнтації та створення дескриптора. Основними перевагами SIFT є висока точність і стійкість до різних змін зображення, таких як масштаб, обертання та освітлення, але його недоліком є висока обчислювальна складність, що може бути проблемою для реального часу.[4]

ORB поєднує два алгоритми: FAST (Features from Accelerated Segment Test) для виявлення ключових точок та BRIEF (Binary Robust Independent Elementary Features) для створення дескрипторів. ORB також додає орієнтацію до ключових точок, що робить його стійким до обертання. Основними перевагами ORB є висока швидкість роботи та низька обчислювальна складність, що робить його придатним для застосувань у реальному часі, але його недоліком є менша точність порівняно з SIFT, особливо при значних змінах масштабу та освітлення. Обидва алгоритми широко використовуються в системах візуального позиціонування для ідентифікації та порівняння візуальних ознак на зображеннях, що дозволяє точно визначати положення об'єктів у просторі.

Головною складовою системи візуального позиціонування є порівняння зображень з БпЛА з раніше зібраними даними, або картами. За допомогою математичних перерахунків та співставлення візуальних даних «нових» та «старих», система визначає положення БпЛА[2].

Ця система може використовуватися як допоміжна для глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) на кшталт GPS[4].

Реалізація «поєднання» цих систем полягає в встановленні системи візуального позиціонування та GPS приймача одночасно на БпЛА, для порівняння їх вихідних даних (координатних точок поточного місцезнаходження БпЛА) та за допомогою математичного алгоритму співставляти та перераховувати їх, видаючи «середню» координатну точку з цих двох систем, які не залежать один від одної.

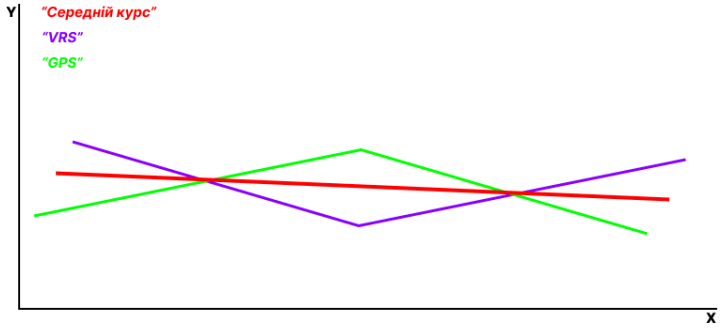


Рис.2 Прототип результатів алгоритму.

При неможливість отримання достовірних даних з однієї з систем, ця система буде автоматично вимикатись, та політ буде відбуватись за допомогою системи, яка видає правильні координатні точки.

Таке поєднання систем дозволить виконувати польоти на багатьох складних проміжках польоту, де використання однієї з цих систем не є ефективним.

Список літератури

1. Getting lost with GPS? Don't worry, Google Maps VPS is here. URL: https://www.geospatialworld.net/prime/business-and-industry-trends/what-is-visual-positioning-system-vps/
2. What is a Visual Positioning System: Key Features and Applications. URL: https://drawandcode.com/learning-zone/what-is-a-visual-positioning-system/
3. ICAO Doc 9750-AN/963. Global Air Navigation Plan, 2016-2030, Fifth Edition.
4. Scale-invariant feature transform. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Scale-invariant_feature_transform

УДК 37-042.4:004 (45)

А.В. Туровська
(Національний Авіаційний Університет)

Оцінка надійності та точності гібридних квантових навігаційних систем: сучасні підходи та методології

У статті розглядаються сучасні методології та підходи до оцінки надійності та точності гібридних квантових навігаційних систем (КНС), які поєднують класичні інерційні вимірювальні одиниці з квантовими сенсорами на основі атомної інтерферометрії. Описані ключові принципи роботи та причини задіяння КНС у цивільній авіації.

Розгляд потенційних причин удосконалення систем навігації

У сучасних умовах швидкого розвитку авіаційної індустрії та впровадження новітніх технологій для забезпечення високої точності і надійності навігації, особливої уваги набувають гібридні квантові навігаційні системи (КНС). Ці системи поєднують традиційні інерційні вимірювальні одиниці з квантовими сенсорами, які базуються на атомній інтерферометрії, що дозволяє значно підвищити точність вимірювань та зменшення кількості накопичених похибок під час польоту літака. В умовах сучасних викликів у галузі авіації, таких як необхідність у безперебійній навігації в умовах зниженої доступності супутникових сигналів, квантові навігаційні технології стають все більш актуальними.

За даними міністерства іноземних справ Балтійських країн, на їх територію були скоєні численні гібридні атаки глушіння сигналів GPS, від яких постраждали десятки тисяч пасажирських літаків під час виконання польотів впродовж декількох місяців. Звісно, що це вплинуло і на звичайних користувачів GPS в регіоні. В таких ситуаціях зрозуміло, що цивільна авіація найперша хто отримає удар при систематичних перешкодах сигналу GPS і тому зобов'язана мати вихід або науково-розроблену «опору» в ситуаціях з навмисно скоєними глушіннями сигналів навігаційних супутників.

Підходи до оцінки надійності та точності гібридних КНС

Гібридні квантові навігаційні системи поєднують традиційні інерціальні навігаційні системи з квантовими датчиками, такими як атомні інтерферометри, що базуються на охолоджених атомах (наприклад, рубідію чи цезію). Ключовим елементом таких систем є квантові сенсори, здатні вимірювати гравітаційні збурення, швидкість, напрямок руху, використовуючи принципи когерентної маніпуляції з атомами. Ці датчики забезпечують високу точність за рахунок вимірювання змін фаз атомних хвиль, що дозволяє виявляти навіть незначні зміни положення чи орієнтації.

Принцип роботи квантових датчиків ґрунтується на інтерференції атомних хвиль, що збуджуються лазерними імпульсами. Цей процес включає:

- Лазерне охолодження атомів до мікрокельвінових температур.

- Імпульсне маніпулювання лазерним випромінюванням для створення суперпозиції станів атомів.
- Інтерференцію атомів у гравітаційному або інерційному полі, що дозволяє визначити їх рух з високою точністю.

Атомні інтерферометри використовують дуже точні квантові ефекти, які дозволяють вимірювати дуже малі зміни руху. Квантові властивості атомів змінюються дуже передбачувано під дією зовнішніх сил, що робить їх ідеальними для точних вимірювань прискорення або обертання. Це дозволяє гібридній квантовій системі навігації бути набагато точнішою і стабільнішою, ніж класичні інерційні системи. Атоми для квантових навігаційних систем зазвичай отримують з газових балонів або контейнерів, де вони зберігаються у формі елементарних елементів (як рубідій або цезій). Ці атоми випускаються у вакуумну камеру, охолоджуються лазерами і використовуються для точних вимірювань. Таким чином, атоми завжди підготовлюються "на місці" у самій системі, де проходять усі етапи маніпуляції і вимірювання.

Для гібридних квантових навігаційних систем краще використовувати чисті елементи, такі як рубідій або цезій, оскільки вони мають оптимальні властивості для лазерного охолодження, маніпуляції квантовими станами і точного вимірювання.

Метрика надійності гібридних КНС

Надійність гібридних КНС визначається їх здатністю функціонувати в умовах реальних експлуатаційних середовищ, таких як турбулентність, температурні коливання та вплив електромагнітних полів. Вимірювання надійності проводиться через наступні метрики:

- Час безвідмовної роботи (MTBF): Статистичний показник, що оцінює середній час безвідмовної роботи системи.
- Імовірність відмови (Pfd): Визначає ймовірність відмови системи в заданий проміжок часу.
- Індекс відновлення (MTTR): Відображає час, необхідний для відновлення системи до функціонального стану після відмови.

Точність гібридних КНС може бути оцінена за допомогою кількох методів, серед яких:

- Середньоквадратична похибка (RMS): Визначає середнє відхилення від реального положення об'єкта.
- Абсолютна похибка (AE): Оцінює максимальне відхилення між виміряним і реальним положенням.
- Відносна похибка (RE): Співвідношення між абсолютною похибкою та реальним значенням вимірювання, що дозволяє врахувати масштаби вимірюваних величин.

Виклики та перспективи розвитку

Основними викликами для впровадження гібридних КНС є:

- Складність інтеграції квантових сенсорів у існуючі навігаційні платформи через високі вимоги до температурного контролю та стабільності лазерних систем.
- Висока вартість виробництва та експлуатації таких систем у порівнянні з традиційними рішеннями.
- Потреба в розробці нових методів калібрування та синхронізації.
- Сертифікація та регуляції: Будь-яка нова навігаційна система має пройти сертифікацію відповідно до стандартів міжнародних (ІКАО) та національних (FAA, EASA) авіаційних регуляторів. Цей процес може бути тривалим і дорогим, оскільки потребує обширного тестування та документування надійності та безпеки квантових сенсорів у реальних умовах.

Висновки

Гібридні квантові навігаційні системи мають значний потенціал для підвищення точності і надійності навігації в авіаційній галузі, особливо в умовах обмеженого доступу до супутникових сигналів. Однак для їх масового впровадження необхідно подолати низку технічних і економічних викликів, включаючи інтеграцію в існуючі платформи, оптимізацію вартості та розробку нових методів оцінки ефективності. Подальші дослідження повинні бути зосереджені на удосконаленні квантових сенсорів, а також на розробці методів їх адаптації до потреб цивільної авіації.

Список літератури

1. FAA TSO-C129/C196/C145/C146
2. ICAO Annex 10, Volume I
3. FAA AC 20-138D
4. https://thequantuminsider.com/2024/05/13/uk-reports-successful-test-of-un-jammable-quantum-navigation-system/
5. Bongs, K., et al. (2019). "Quantum sensors for the future of navigation." Nature Reviews Physics, 1, 731–739.
6. Peters, A., et al. (2001). "High-precision gravity measurements using atom interferometry." Metrologia, 38(1), 25-61.

UDC 629.7.045(043.2)

Li Haoyang, PhD.,Volodymyr Kharchenko
(National Aviation University, Ukraine)

Air situation situations that determine the quality of operation and efficiency of UAS

Airborne conditions have a significant impact on the quality and efficiency of UAS. Influencing factors include the internal attributes of the crew-aircraft system, the efficiency of the air traffic system, non-systematic factors, and positional parameters and constraints.

Situations in the air navigation system (ANS) are formed as a result of direct influences on its subsystems and their operating conditions. Based on the structure and connections of the ANS, these influences can be determined by individual subsystems, which are characterized by: internal properties of the crew-aircraft system related to the functional efficiency of the crew and the functional efficiency of the LA; efficiency of the air traffic system, in particular, the efficiency of the ATC system circuit and the efficiency of radio navigation systems; the level of influence of non-system factors (external conditions); parameters of movement and position of the LA in space, as well as a number of restrictions.

During operation, there are certain deviations from the optimal values of the system parameters, which leads to a range of situations. Moreover, the complexity of situations is determined by the sequence of events. The previous event is considered as a cause in relation to the subsequent event caused by it. In the process of development of a negative phenomenon, in general, there may be several causes that consistently complicate the situation and eventually lead to an aviation accident.

The trajectories of aircraft movement are uniquely defined at some point in time t by three position coordinates and three velocity components:

$$\bar{X} = (x_1, x_2, x_3, \dot{x}_1, \dot{x}_2, \dot{x}_3\}, \left\{\dot{x}_i = \frac{dx_i}{dt}, i = \overline{\Delta, 3}\right\} \qquad (1)$$

Let's select a pair of aircraft from the flow of aircraft, the position of each of which will be characterized by the longitudinal coordinate $\boldsymbol{x = x_1}$, height $\boldsymbol{H = x_2}$ and lateral component or deviation $\boldsymbol{y = x_3}$. Let us assume that at some point in time t there are true values of the observation coordinates $(\boldsymbol{x_1, y_1, H_1})$ of the position of the first aircraft and $(\boldsymbol{x_2, y_2, H_2})$ – of the second aircraft. In this case, we assume that there is a convergence of aircraft along the $\boldsymbol{OX}$: $\frac{\boldsymbol{d|x_2 - x_1|}}{\boldsymbol{dt}} < \boldsymbol{0}$, i.e., the distance between the aircraft along the $\boldsymbol{OX}$ axis decreases.

It is in this case that it is necessary to analyze situations, since with a decrease in the value $\boldsymbol{|x_2 - x_1|}$, aircraft can threaten each other with a collision. Therefore, in order to assess the degree of danger of situations that arise when aircraft approach at a particular coordinate, it is necessary to introduce a measure that would allow characterizing these situations. As such a measure, we will introduce a metric in the three-dimensional Cartesian coordinate space that describes the distance of the aircraft (Fig. 1).

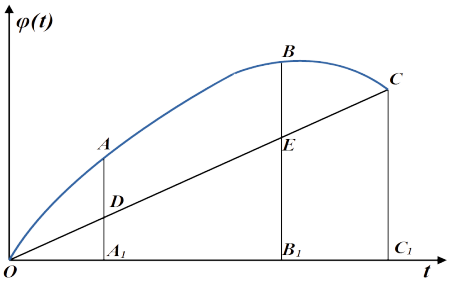


Fig.1.Toward a justification of the UAV air situation metric

After entering the situation metric, a spectrum of situations is built (Fig. 2).

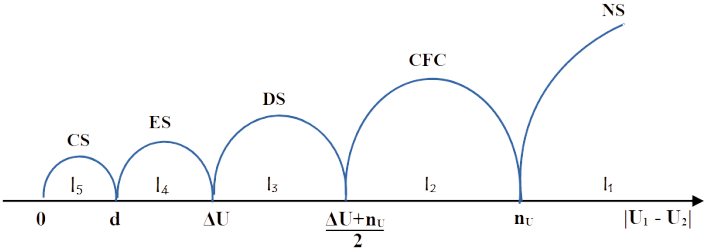


Fig.2. Development of situations along one coordinate: NS- normal situation (НС - нормальна ситуація), CFC - complicated flight conditions (УУП - ускладнення умов польоту), DS - difficult situation (СС - складна ситуація), ES - emergency situation (АС - аварійна ситуація), CS - catastrophic situation (КС – катастрофічна ситуація)

The principle of their construction is as follows. Consider the range of situations for two airplanes (Figure 3):

a) Two airplanes are flying in neighboring corridors. One is searching, the other maintains a given flight path along the x-axis. Situations are generated for the coordinates $\boldsymbol{x_2 - x_1, y_2, H_2}$. We have three situations $(\boldsymbol{S_{x_{12}}, S_y, S_H})$. The global situation is described by the metric (1).

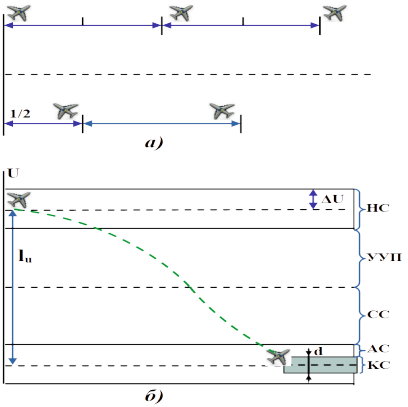


Fig.3.The global situation is described by the metric

b) Two airplanes are flying in neighboring corridors and both are searching. The situations are worked out for the coordinates $\boldsymbol{x_2 - x_1, y_2 - y_1, H_2 - H_1}$. In this case, the three situations are as follows: $(\boldsymbol{S_{x_{12}}, S_{y_{12}}, S_{H_{12}}})$ and the global situation is described by the metric (1).

c) Two airplanes are flying in the same air corridor along the $\boldsymbol{X}$ -axis. The situations are developed for the difference $\boldsymbol{x_2 - x_1}$ and have the form $(\boldsymbol{S_{x_{12}}}, 0,0)$.

Let's consider a range of situations for two oncoming streams. The danger of mutual collision exists for pairs of aircraft $(\boldsymbol{L_i, Д_i}), \boldsymbol{i = \overline{1,n}}$, as well as for pairs of aircraft $(\boldsymbol{L_i}, (\boldsymbol{L_{i+1}})$; $(\boldsymbol{Д_i, Д_{i+1}}), \boldsymbol{i = \overline{1,n-1}}$:

a) For the pairs $(\boldsymbol{L_i, Д_i}), \boldsymbol{i = \overline{1,n}}$ we have a spectrum of situations $\boldsymbol{S_x(L_i, Д_i), S_y(L_i, Д_i), S_H(L_i, Д_i), i = \overline{1,n}}$. Here, the situation $\boldsymbol{S_x(L_i, Д_i)}$ is determined by the difference of the observed coordinates $\boldsymbol{x(L_i) - x(Д_i)}$. As for the situations $\boldsymbol{S_y}$ and $\boldsymbol{S_H}$, there are two possibilities for them:

– develop situations based on the differences $\boldsymbol{y(L_i) - y(Д_i)}$ or, respectively, on the differences $\boldsymbol{H(L_i) - H(Д_i)}$;

– to develop situations $\boldsymbol{S_y(L_i), S_y(Д_i)}$ and $\boldsymbol{S_H(L_i), S_H(Д_i)}$ for each aircraft separately, respectively. In this case, we alternately assume that one of the aircraft $\boldsymbol{(L_i, Д_i)}$ is at risk, and the other is flying along a given trajectory. This approach to situations corresponds to n-a for two aircraft.

b) For pairs $\boldsymbol{(L_i, L_{i+1})}$ we have a spectrum of situations $\{\boldsymbol{S_x(L_i, L_{i+1})}, \boldsymbol{i = \overline{1,n-1}}\}$. Here, $\boldsymbol{S_x \in \{S_1, \dots, S_8\}, S_1}$ is the, $\boldsymbol{S_2}$ – the UUP, etc., and $\boldsymbol{S_8}$ is the CS at the $\boldsymbol{X}$. The situations here are resolved by the difference of the observed coordinates $\boldsymbol{x(L_i) - x(L_{i+1})}$.

For the pairs $\boldsymbol{(Д_i, Д_{i+1})}$, we also have a spectrum of situations $\{\boldsymbol{S_x(Д_i, Д_{i+1})}$, $\boldsymbol{i = \overline{1,n-1}}\}$, which are resolved by the difference $\boldsymbol{x(Д_i) - x(Д_{i+1})}$.

Thus, the observed flows are described by the following number of situations:

$$(n-1) + (n-1) + n - 2nK_n = (3n-2) = 2nK_n$$

Here

$(\boldsymbol{n-1})-$ the number of situations along the $\boldsymbol{x}$ -coordinate for aircraft of the same stream;

$\boldsymbol{n}-$ the number of situations along the $\boldsymbol{x}$ -coordinate for pairs of aircraft of both streams flying towards each other;

$\boldsymbol{2nK_n}-$ the number of the same situations in the $\boldsymbol{y}$ and $\boldsymbol{H}$ coordinate. $\boldsymbol{K_n = 1}$, if the situations $\boldsymbol{S_y(L_i, Д_i), S_H(L_i, Д_i)}$ are worked out by coordinate differences;

$\boldsymbol{K_n = 0}$, if situations $\boldsymbol{S_y(L_i, Д_i)}$ are split into two situations $\boldsymbol{S_y(L_i), S_y(Д_i)}$, and situations $\boldsymbol{S_H(L_i, Д_i)}$ are also split into two situations $\boldsymbol{S_H(L_i), S_H(Д_i)}$, and the processing is carried out as described for the second case.

The considered spectrum of situations fully characterizes the quality of UAS functioning in ANS and determines their effectiveness. To assess this efficiency, it is necessary to develop an appropriate generalized criterion.

References

1. Lavrinenko E.P. Application of stochastic programming to the task of air traffic control. - In the book: "Technical Cybernetics", Kiev, 1970, issue 16, p. 50-56.
2. V. Kharchenko, V. Kondratyuk, S. Ilnytska, O. Kutsenko and V. Larin, "Urgent problems of UAV navigation system development and practical implementation," 2013 IEEE 2nd International Conference Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments Proceedings (APUAVD), Kyiv, Ukraine, 2013, pp. 157–160.
3. Milder W., Wollnar. Stochastic programming models for scheduling airlift operations. "Nav. Res. Log. Quart," 1969, v. 16, No. 3.
4. Kucher, O. G., and P. O. Vlasenko. "Comparative Analysis of Reliability and Efficiency of Foreign and Domestic Aerotechics Indexes". Science-Based Technologies, т. 2, № 2, 2009.
5. Zhaoxuan, L. I. U., C. A. I. Kaiquan, and Z. H. U. Yanbo. "Civil unmanned aircraft system operation in national airspace: A survey from Air Navigation Service Provider perspective." *Chinese Journal of Aeronautics* 34.3 (2021): 200-224.
6. Blanks, Mark. "UAS applications." *Introduction to unmanned aircraft systems*. CRC Press, 2016. 19-42.

УДК 656.7.086 (45)

Т.Ф. Шмельова, д.т.н., професор, В.П. Колотуша, к.т.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Оцінювання відповідності інформаційної моделі диспетчерського тренажера реальної системі

Для оцінювання адекватності диспетчерського тренажера реальній системі пропонуються до застосування методи експертних оцінок та методи нечіткої логіки, які дозволять отримувати достовірні результати при відсутності точних початкових даних та враховувати невизначеність інформації.

Світова цивільна авіація, в якої задіяно десятки мільйонів працівників, відіграє значну позитивну роль у глобальної економіці. Спостерігається значне збільшення обсягу світових авіаційних перевезень, подвоюється кожні 15 років [1]. З врахуванням прогнозних значень, світовій авіатранспортній системі у найближчі роки знадобляться тисячі високоосвічених фахівців: пілотів, технічного персоналу, диспетчерів управління повітряним рухом (УПР) [2].

Тренажерна підготовка авіаційних операторів, зокрема пілотів та диспетчерів УПР, є надзвичайно важливою складовою надбання ними певного спектру професійних компетенцій [3]. На етапі тренажерної підготовки, яка присутня практично на кожному етапі професійного навчання (прим. на прикладі підготовки диспетчерів УПР), здійснюється трансформація отриманих слухачем теоретичних знань у потрібні уміння та навики. За рахунок ефективного застосування тренажерних засобів виникає можливість:

- забезпечити етапність «від простого до складного» формування професійних компетенцій у безпечному (імітованому робочому середовищі), особливо при відпрацюванні непередбачуваних та аварійних умов польоту;
- сформувати навики прийняття рішень в умовах невизначеності та дефіциту часу – розвиток професійної впевненості;
- навчати ефективної командної взаємодії та координації діяльності при роботі в команді;
- проводити широкий спектр експериментальних досліджень: моделювання елементів структури повітряного простору, визначення пропускної спроможності, відпрацювання нових процедур організації та ОПР.

Високотехнологічне моделювання реального професійного середовища є значно вигіднішим з навчальних та економічних складових, ніж використання реальної системи ОПР, з врахуванням факторів ризику при помилкових діях «учня». Відповідність тренажера робочому середовищу, в якому працюють диспетчери УПР, для виконання практичних навчальних завдань є основоположним поняттям у розвитку необхідних професійних компетенцій. На рис. 1 показано блок-схему інформаційної моделі робочого місця диспетчера УПР диспетчерського тренажера (ІМДТ), якої притаманні всі функції, що виконуються реальною системою ОПР (прим. так званий найпростіший контур системи ОПР).



Рис. 1. Інформаційна модель робочого місця диспетчера УПР (ІМДТ)

Метою досліджень є визначення критеріїв відповідності інформаційної моделі диспетчерського тренажера реальної системі; розроблення експертної системи кількісного оцінювання критеріїв відповідності інформаційної моделі диспетчерського тренажера реальній системі.

Інформаційна модель відтворення функцій реальної системи ОПР є важливою складовою диспетчерського тренажера. Диспетчер УПР на основі наявної інформації формує та приймає рішення, які забезпечують безпеку, впорядкованість та ефективність польотів. Якщо інформаційна модель, яка реалізована на тренажері УПР, не відображає необхідної реалістичності, необхідної для набуття відповідних знань, умінь і навичок, згідно з цілями навчання, то вона не дає можливості сприймати необхідну інформацію і формувати адекватні управлінські дії. Інформаційні потоки в реальній системі ОПР та диспетчерському тренажері (рис. 2) мають вигляд:

Де, $\vec{X} = (x_1, \dots, x_n)$ – багатовимірний вектор, що характеризує реальну систему обслуговування повітряного руху (динамічне повітряне середовище, роботу засобів зв'язку, навігації, спостереження, процеси ОПР, процедури координації та взаємодії тощо);

$-\vec{Y} = (y_1, \dots, y_n)$ – багатовимірний вектор, що характеризує диспетчерський тренажер, з точки зору відображення роботи реальної системи ОПР, з певним рівнем реалістичності;

- $\vec{U} = (u_1, \dots, u_n)$ – багатовимірний вектор, що характеризує "перешкоди", тобто ті фактори впливу, які не дозволяють повною мірою відтворити на диспетчерському тренажері ті процеси, що відбуваються в реальній системі ОПР при обслуговуванні повітряного руху;

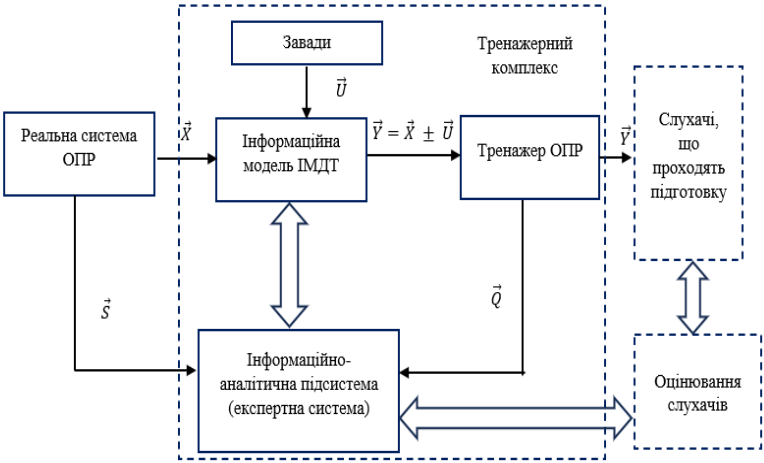


Рис. 2. Структурна схема системи імітаційного моделювання на етапі тренажерної підготовки авіадиспетчерів

- $\vec{S}$ and $\vec{Q}$ вхід (реальна система ОПР) та вихід (навчальна система: диспетчерський тренажер), при включенні експертної системи в навчальний процес.

Вплив вектора "завад" при відтворенні реальних процесів ОПР на тренажері УПР:

$$\vec{Y} = \vec{X} \pm \vec{U}$$

Під "завадами" розуміється похибка диспетчерського тренажера у відтворенні процесів ОПР: допуски на повноту моделювання основних елементів системи ОПР. Сучасний стан апаратно-програмної складової, враховуючи розвиток інформаційних технологій, дозволяє довести тренажери УПР до такого рівня, що навчання на них стає більш ефективним, ніж на реальному обладнанні, завдяки їх здатності забезпечувати більш високу інтенсивність навчання, можливість відпрацювання різноманітних сценаріїв ОПР (що може бути ускладненим в реалізації на реальній системі ОПР або взагалі неможливим) додаючи до цього як економічну привабливість підготовки. Адекватність сприйняття - це узагальнений критерій, за яким суб'єктивно для самого себе, особа, що здійснює ОПР, сприймає тренажер як власне професійне середовище. Різниця між реальністю та моделюванням полягає в тому, що реальність це єдине ціле, а моделювання є лише частиною відображення реального світу. Таким чином, імітація реальності за допомогою моделювання ***завжди*** буде приблизною. ***Питання у тому – наскільки імітація реальності є приблизною?***

Авторами пропонуються, з врахуванням цілій навчання та економічної доцільності, щоб повнота імітаційно-інформаційної моделі процесів ОПР (ІМОПР), яка буде реалізовуватись на певному диспетчерському тренажері,

адекватно відповідала цілям практичної підготовки: ***«потрібний тренажер для моделювання потрібних елементів системи ОПР з врахуванням потрібних завдань підготовки».***

$$\vec{F} = F(\vec{X}, \vec{Y}, \vec{U}) \to min, \vec{X}^* \le \vec{X} = (x_1, \dots, x_n) \le \vec{X}^{**},$$
$$\vec{Y}^* \le \vec{Y} = (y_1, \dots, y_n) \le \vec{Y}^{**}, \vec{U}^* \le \vec{U} = (u_1, \dots, u_n) \le \vec{U}^{**},$$
$$x_i \ge 0, y_i \ge 0, u_i \ge 0,$$

де, $\vec{X}, \vec{Y}, \vec{U}$ – інформаційні потоки у реальній системі ОПР;

- $\vec{X}^*, \vec{Y}^*, \vec{U}^*$ - задані критерії подібності ІМДТ інформаційної моделі реальній системі ОПР – ІМОПР (нижня межа) та;

- $\vec{X}^{**}, \vec{Y}^{**}, \vec{U}^{**}$ - задані подібності ІМДТ інформаційної моделі реальній системі ОПР – ІМОПР (верхня межа) якості моделювання інформаційних потоків на диспетчерському тренажері.

Різниця між реальністю та моделюванням полягає в тому, що реальність це єдине ціле, а моделювання є лише частиною відображення реального світу. Таким чином, імітація реальності за допомогою моделювання ***завжди*** буде приблизною. ***Питання у тому – наскільки імітація реальності є приблизною?***

$$IM_{\text{ДТ}} - IM_{\text{ОПР}} \le Q_{\text{прип.розбіжності.}}$$

В ідеальному випадку:

$$IM_{\text{ДТ}} - IM_{\text{ОПР}} = 0$$

Величина можливої невідповідності знаходиться в межах:

$$0 \le Q_{\text{прип.розбіжності.}} \le 1.$$

Для оцінювання критеріїв адекватності диспетчерського тренажера реальній системі ОПР та узагальнення цих критеріїв пропонуються до застосування методи експертних оцінок та методи нечіткої логіки, які дозволяють отримувати достовірні результати при відсутності точних початкових даних та враховувати невизначеність інформації. Пропонується застосовані підходи застосовувати для спектру компетенцій, що обираються для змісту потрібного рівня практичного навчання як для підготовки самих диспетчерів УПР так й інших авіаційних спеціалістів при формуванні навчально-методичних пакетів. Експертна система оцінювання критеріїв відповідності інформаційної моделі диспетчерського тренажера реальній системі представлена на прикладі дизайну професійній компетенції «Vectoring». В подальшому заплановане розробка адаптивної інтелектуальної системи управління процесом підготовки із застосуванням методів і моделей штучного інтелекту для обробки початкових даних і прийняття рішень [4].

Список літератури

1. ICAO Doc 9750-AN/963. Global Air Navigation Plan, 2016-2030, Fifth Edition.

2. ICAO Study Reveals Strong Demand for Qualified Aviation Personnel up to 2030. [Електронний ресурс]: https://www.icao.int/Newsroom/Pages/icao-study-reveals-strong-demand-for-qualified-aviation-personnel-up-to-2030.aspx.

3. Колотуша В. Дизайн навчальних пакетів з врахуванням індивідуальних когнітивних здібностей та особистісних компетенцій слухачів / В.Колотуша, Т. Шмельова // 10th World Congress „Aviation in the XXIst century. Safety in Aviation And Space Technologies" NAU, September 22-24, 2022.

4. Shmelova T.Artificial Intelligence Methods and Applications in Aviation: Chapter 49 / T. Shmelova, M. Yatsko, Iu. Sierostanov, V.Kolotusha // Handbook of Research on AI Methods and Applications in Computer Engineering / Ed. Sanaa Kaddoura (Zayed University, UAE). – USA : IGI-Global Publ, 2023. – P. 108–140. DOI: 10.4018/978-1-6684-6937-8.

УДК 656.7.086

Т.Ф. Шмельова, д.т.н., професор
(Національний авіаційний університет, Україна)
Ю.В. Сікірда, к.т.н., професор
(Льотна академія Національного авіаційного університету, Україна)

Багатоетапне моделювання сумісного прийняття рішень авіаційними фахівцями в аварійній ситуації

Авторами запропоновано метод багатоетапного сумісного прийняття рішень авіаційними фахівцями в аварійній ситуації на основі моделі динамічного програмування, який передбачає поступове залучення додаткових авіаційних спеціалістів. У роботі наведено дерево рішень, мережеві графіки та матриці рішень для прикладу взаємодії пілота, диспетчера управління повітряним рухом та фахівця з пошуку та рятування.

Постановка проблеми. Відповідно до концепції сумісного прийняття рішень (collaborative decision making – CDM) [1; 2], ефективна взаємодія авіаційних фахівців є необхідною умовою для забезпечення безпеки на всіх етапах польоту повітряного судна, як у нормальних умовах польоту так і у разі виникнення аварійної ситуації (АС). Авіаційні фахівці мають суворо дотримуватися нормативних документів, які регулюють їх професійну підготовку та діяльність. При цьому зміст цих документів часто відрізняється, що унеможливлює вироблення єдиного алгоритму спільних дій, особливо в АС. Відповідно, між рішеннями та діями учасників CDM виникають неузгодженості (конфлікти).

В роботах авторів [3–6] покладено початок дослідженням в напрямках моделювання, оптимізації, інтелектуалізації та навчання CDM командами авіаційних фахівців (пілот – диспетчер управління повітряним рухом (УПР), оператор безпілотного літального апарату (БПЛА) – диспетчер УПР, оператор БПЛА – льотний диспетчер, оператор БПЛА – диспетчер УПР – інженер, оператор БПЛА – диспетчер УПР – пілот, оператор БПЛА – диспетчер УПР – телемедичний персонал, пілот – диспетчер УПР – фахівець з пошуку та рятування (ФПР) тощо) у різних АС.

Проте міжпрофесійна взаємодія авіаційних спеціалістів в АС на сьогодні недостатньо розвинена для спільної розробки та прийняття оптимальних рішень. Тому розробка ефективних CDM-моделей авіаційними фахівцями в АС є актуальною проблемою.

Метою публікації є багатоетапне CDM-моделювання на основі детермінованих, стохастичних та нестохастичних моделей в умовах визначеності, ризику та невизначеності.

Основна частина. Пропонується метод багатоетапного CDM авіаційними фахівцями в АС на основі моделі динамічного програмування. На першому етапі у прийнятті рішень бере участь тільки пілот, на другому етапі –

приєднується диспетчер УПР, на третьому етапі – долучається ФПР (далі можуть бути задіяні інші спеціалісти: льотний диспетчер при зміні плану польоту, інженер при технічних несправностях повітряного судна, хендлінгові агенти при затримці прибуття повітряного судна тощо), і як результат – отримуємо оптимальне спільне рішення для всіх авіаційних фахівців.

Динамічне програмування ґрунтується на принципі оптимальності (принципі Беллмана) [7]: альтернативу на k-му кроці прийняття рішення потрібно вибирати так, щоб потенційний ризик/збиток R/Q на цьому кроці плюс потенційний ризик/збиток R/Q на всіх наступних кроках були найменші у порівнянні з усіма іншими можливими альтернативами a_k. При цьому пошук оптимальної стратегії прийняття рішення здійснюється з кінцевого, бажаного результату [8].

Структура методу багатоетапного CDM авіаційними фахівцями на основі моделі динамічного програмування включає наступні кроки:

1. Розділення процесу CDM на k-ті етапи з визначеним часом розвитку польотної ситуації $T = \{T_1, T_2, \dots, T_k, \dots, T_K\}$, $k = \overline{1, K}$ відповідно до технологій роботи авіаційних фахівців, які задіяні на кожній стадії прийняття рішення.

2. Визначення множини альтернативних дій авіаційних фахівців $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\}$, $i = \overline{1, m}$ на кожному k-му етапі прийняття рішення.

3. Визначення множини наслідків (результатів) прийняття рішення авіаційними фахівцями $U = \{\mathrm{u}_{11}, \mathrm{u}_{12}, \dots, u_{\mathrm{ij}}, \dots, u_{mn}\}$ з ймовірностями виникнення $P = \{p_{11}, p_{12}, \dots, p_{ij}, \dots, p_{mn}\}$ в залежності від впливу факторів зовнішнього середовища $F = \{f_1, f_2, \dots, f_j, \dots, f_n\}$, $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$.

4. Визначення оптимальної альтернативи на кожному k-му етапі CDM за критерієм мінімізації потенційного ризику/збитку (1):

$$a_k^{opt} = min\{R/Q_k\}. \quad (1)$$

5. Запис рекуррентної формули динамічного програмування, за якою здійснюється визначення потенційного ризику/збитку R/Q на кожному k-му кроці, та вибір оптимального рішення (2):

$$F\left(R/Q_i^{k-1}\right) = min\left[f^k\left(R/Q_i^{k-1}, a_k\right) + F\left(R/Q_i^k\right)\right], \quad (2)$$

де $a_k \in A_k$ – вибір оптимальної альтернативи з мінімальним значенням потенційного ризику/збитку R/Q на кожному k-му кроці здійснюється шляхом перебору альтернатив a_k з безлічі доступних на даному етапі A_k.

На рис. 1 представлено дерево рішень (стохастична модель в умовах ризику) при розвитку АС, на рис. 2 – мережеві графіки (детермінована модель в умовах визначеності) та матриці рішень (нестохастична модель в умовах невизначеності) для прикладу CDM пілотом, диспетчером УПР та ФПР при виникненні АС на основі багатоетапного процесу прийняття рішень.

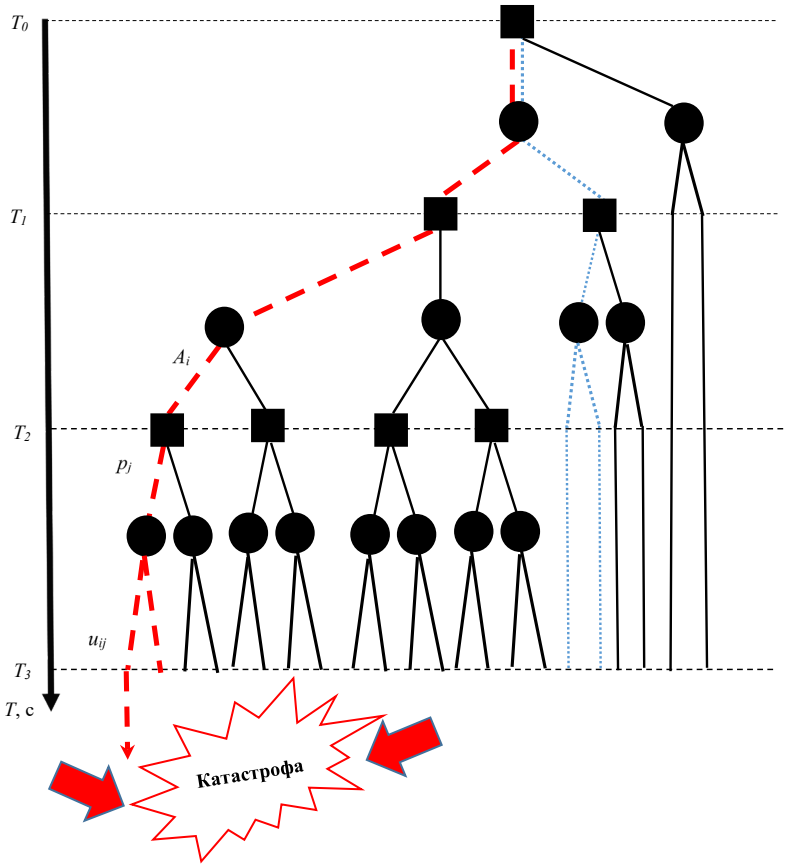


Рис. 1. Дерево рішень при розвитку ОВП*:* A_i – альтернативні рішення на k-му кроці прийняття рішення; u_{ij} – очікувані результати; p_j – ймовірності очікуваних результатів; T – час прийняття рішення авіаційними фахівцями; $R_i = \sum_{j=1}^{n} p_j u_{ij}$ – ризик при виборі i-го альтернативного рішення на k-му кроці прийняття рішення

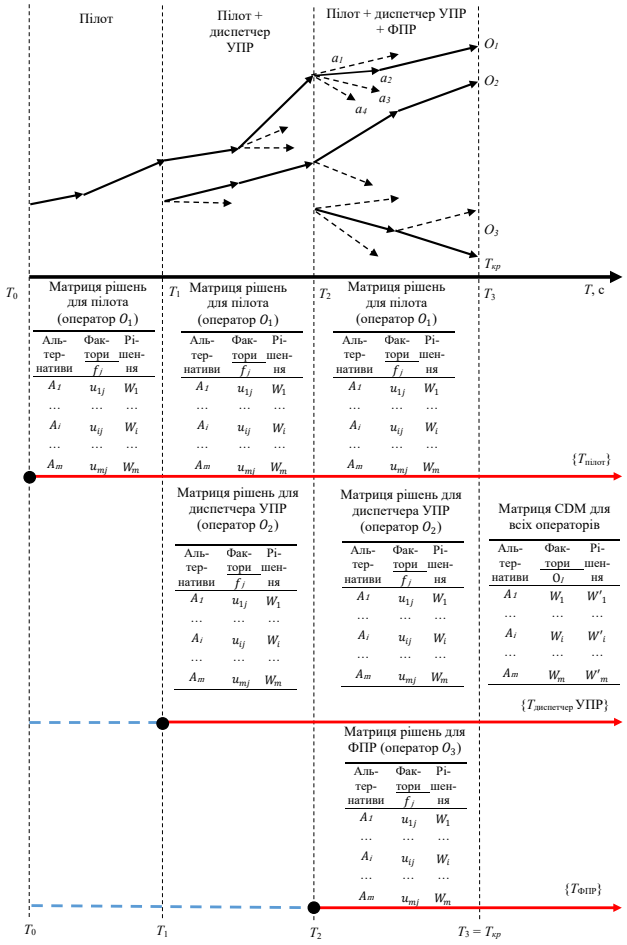


Рис. 2. Мережеві графіки та матриці рішень для CDM авіаційними фахівцями в АС на основі багатоетапного процесу прийняття рішень: O_1 – пілот; O_2 – диспетчер УПР; O_3 – ФПР; A_i – альтернативні рішення на k-му кроці прийняття рішення; f_j – фактори, що впливають на прийняття рішень в АС; u_{ij} – очікувані результати; W_i – оптимальні рішення на основі критеріїв Вальда, Лапласа, Гурвіца та Севіджа; T – час прийняття рішення авіаційними фахівцями; $T_{кр}$ – критичний час прийняття рішення авіаційними фахівцями

У публікації [6] розглянуто навчальний приклад багатоетапного CDM пілотом, диспетчером УПР та ФПР в АС «Втрата тяги на обох двигунах внаслідок потрапляння у хмару вулканічного попелу з подальшим приводненням».

Висновки. Метод багатоетапного CDM авіаційними фахівцями в АС на основі моделі динамічного програмування з поступовим залученням додаткових авіаційних спеціалістів дозволяє отримати підсумкове оптимальне спільне рішення для всіх залучених фахівців з урахуванням оптимальних результатів, отриманих на попередніх кроках.

Інтеграція нестохастичних, стохастичних та детермінованих CDM-моделей дозволяє перейти від складного до простого процесу CDM шляхом встановлення однозначності та синхронізації спільних дій авіаційних фахівців у ключових точках мультиальтернативної взаємодії в умовах повної або неповної невизначеності та мінімізації потенційного ризику/збитків.

Спрощені детерміновані CDM-моделі в АС після інтеграції в них стохастичних і нестохастичних моделей в умовах невизначеності можуть використовуватись у системах штучного або гібридного інтелекту для отримання оптимальних спільних рішень.

Список літератури

1. Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management (ATFM). Doc. 9971. 3rd ed. Canada, Montreal: International Civil Aviation Organization, 2018. 228 p.
2. Airport-Collaborative Decision Making: IATA Recommendations. Canada, Montreal: International Air Transport Association, 2018. 20 p.
3. Socio-technical decision support in Air Navigation Systems: Emerging research and opportunities: manuscript / T. Shmelova, Yu. Sikirda, N. Rizun, A.-B. M. Salem, Yu. Kovalyov. USA, Hershey: IGI Global, 2018. 305 p. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3108-1.
4. Shmelova T., Sikirda Yu., Yatsko M., Kasatkin M. Collective models of the aviation human-operators in emergency for Intelligent Decision Support System. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3156. P. 160–174.
5. Shmelova T., Yatsko M., Sikirda Yu. Collaborative-factor models of decision making by operators of the Air Navigation System in conflict or emergency situations. *Communications in Computer and Information Science (CCIS)*. 2022. Vol. 1635. P. 391–409. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14841-5_26.
6. Shmelova T., Sikirda Yu., Yatsko M., Stratonov V. Integration of deterministic, stochastic, and non-stochastic models to obtain an optimal collaborative decision in the flight emergency. *Lecture Notes in Networks and Systems (LNNS)*. Vol. 992. 2024. P. 205–223. https://doi.org/ 10.1007/978-3-031-60196-5_17.
7. Дзюбан І.Ю., Жиров О.Л., Охріменко О.Г. Методи дослідження операцій. Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2005. 108 с.
8. Глущик М.М., Копич І.М., Пенцак О.С. Математичне програмування. Львів: Новий Світ-2000, 2019. 220 с.

УДК 629.7.072:004.8:656.7.071.1(043.2)

А.І. Іванів, аспірант, О.Є. Луппо, к.пед.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Інтеграція машинного навчання для автоматизації оцінювання навичок авіадиспетчерів у тренажерах

У роботі розглянуто підхід до автоматизації оцінювання навичок авіадиспетчерів у тренажерах за допомогою машинного навчання. Описано алгоритми, які дозволяють здійснювати об'єктивний аналіз дій диспетчерів, підвищуючи точність та швидкість оцінки. Інтеграція цих технологій спрямована на покращення підготовки диспетчерів шляхом персоналізації навчальних процесів та підвищення загальної ефективності тренувальних систем.

Алгоритми, моделі та архітектура

У контексті автоматизації оцінювання навичок авіадиспетчерів, машинне навчання забезпечує аналіз великих масивів даних тренажера в режимі реального часу. Алгоритми можуть включати класифікаційні методи (наприклад, дерева рішень або випадкові ліси) для виявлення правильності рішень диспетчера, або нейронні мережі, як-от рекурентні нейронні мережі (RNN), для аналізу послідовностей команд та реакцій. Завдяки машинному навчанню, можна автоматизувати процес оцінювання таких аспектів, як:

- відповідність дій диспетчера стандартам безпеки;
- ефективність маршрутизації повітряного руху;
- та коректність координації в надзвичайних ситуаціях.[1]

Для цієї задачі важливо вибрати архітектури машинного навчання, які можуть найкраще працювати з різними типами даних, що генеруються тренажерами. Згорткові нейронні мережі (CNN- convolutional neural network) можуть бути використані для аналізу візуальної інформації з інтерфейсу тренажера або відео з симуляцій, що дозволяє оцінити дії диспетчера. Для аналізу динаміки команд і реакцій у реальному часі підходять рекурентні нейронні мережі (RNN- recurrent neural networks) або їх розширені варіанти, такі як Довготривала короткочасна пам'ять (LSTM- long short-term memory), оскільки вони ефективно працюють із послідовними даними. Вибір моделей залежить від типу завдань, які вирішує симулятор, та від складності сценаріїв навчання.[4]

Алгоритми машинного навчання можуть використовувати дані тренажера для автоматичної оцінки різних аспектів роботи авіадиспетчера, таких як точність прийнятих рішень, час реакції на ситуації, здатність ефективно керувати повітряним трафіком.[2] Наприклад, сенсори та лог-файли тренажера можуть записувати кожну дію диспетчера, і ці дані можуть бути проаналізовані для визначення, наскільки дії диспетчера відповідали стандартам. Алгоритми можуть автоматично порівнювати дії диспетчера з ідеальними сценаріями для виявлення відхилень та пропонувати оцінку його навичок.

Ключовими показниками для оцінювання навичок авіадиспетчера є:

- точність рішень (наскільки коректними були дії в даній ситуації);
- час реакції (швидкість реагування на критичні зміни в повітряному трафіку);
- а також загальна ефективність управління трафіком (мінімізація затримок, запобігання конфліктам). [3]

Ці критерії можуть бути використані для розробки автоматизованих моделей оцінювання, які базуються на даних про поведінку диспетчера в симуляціях та дозволяють точно виміряти його готовність до реальних ситуацій.

Автоматизація процесу оцінювання навичок авіадиспетчерів на основі машинного навчання дозволить значно підвищити ефективність тренажерної підготовки. Однією з ключових переваг є **швидкість**: алгоритми машинного навчання можуть миттєво обробляти великі обсяги даних, оцінювати їх, а також виводити результати в реальному часі.[6] Це забезпечить більш оперативне зворотне повідомлення диспетчерам, що, в свою чергу, сприятиме швидшому удосконаленню їхніх навичок.

Крім того, автоматизовані системи надають **об'єктивність** оцінювання. Виключення людського фактору мінімізує ризик суб'єктивних помилок в оцінці, що гарантує справедливий підхід для кожного авіадиспетчера.

Ще однією перевагою є **можливість адаптації під індивідуальний рівень підготовки**. Автоматизована система на основі штучного інтелекту здатна самостійно аналізувати сильні та слабкі сторони кожного диспетчера, пропонуючи персоналізовані навчальні програми та рекомендації для покращення навичок, зважаючи на індивідуальні потреби та прогрес кожного користувача.[5]

Висновок

Інтеграція машинного навчання в процес автоматизації оцінювання навичок авіадиспетчерів у тренажерах відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчання та точності оцінки фахівців. Використання сучасних алгоритмів, таких як CNN і RNN, дозволяє обробляти різноманітні типи даних, забезпечуючи детальний аналіз рішень та дій диспетчера. Автоматизовані системи оцінювання, базовані на цих моделях, здатні зменшити вплив людського фактору, підвищити об'єктивність оцінки та значно скоротити час на її проведення. У майбутньому такі системи можуть стати основою для розробки більш досконалих тренажерів, що відповідатимуть зростаючим вимогам сучасної авіації.

Список літератури

1. Yang, C., & Lee, S. (2019). Automation of air traffic controller training using machine learning models. *Journal of Simulation and Training*, 12(4), 98-112.
2. Li, H., & Li, Z. (2021). AI-based approaches to air traffic control skill evaluation. *Journal of Aviation Technology*, 35(2), 140-160.
3. Lundberg S.M., Erion G., Chen H., DeGrave A., Prutkin J.M., Nair B., Katz R., Himmelfarb J., Bansal N., Lee S.-I. Explainable AI for Trees. *Local Explanations to Global Understanding.* 2019. 1905.04610.

4. Pinto Neto E. C., Baum D. M., Almeida Jr., Camargo Jr., Cugnasca P. S. Deep Learning in Air Traffic Management (ATM): A Survey on Applications, Opportunities, and Open Challenges. *Aerospace*. 2023. № 10(4). P. 358. https://doi.org/10.3390/aerospace10040358

5. Ribeiro M. T., Singh S., Guestrin C. Why Should I Trust You?: Explaining the Predictions of Any Classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining.* San Francisco, CA, USA, 13–17 August 2016. P. 1135–1144.

6. Weitering H. Beyond Automation: How Artificial Intelligence Is Transforming Aviation. Aviation International News. URL: https://www.ainonline.com/news-article/2023-07-13/beyond-automation-how-artificial-intelligence-transforming-aviation (дата звернення: 11.09.2024).

УДК 629.7.08, 004.056.2

О.Р Іващук, PhD
(Національний Авіаційний університет, Україна)

Аналіз впливу глобального інформаційного збою на авіацію

Анотація. Грамотне планування потоку літаків забезпечує безпеку повітряного транспорту, розподіляючи навантаження між секторами управління. Інцидент 2024 CrowdStrike призвів до глобального збою IT-систем, що спричинило затримки рейсів. Дослідження аналізує вплив цього збою на авіаційну промисловість, зокрема на час затримки літаків.

Глобальний інформаційний збій

Неможливо уявити сучасний світ без літаків, адже це одне з найбільших досягнень людства. За даними ICAO, тільки в 2019 році було перевезено майже чотири з половиною мільйони пасажирів і близько тридцяти восьми мільйонів тонн корисного вантажу[1]. Під час пандемії COVID-19 у деяких регіонах спостерігалося падіння авіаперевезень на 20% порівняно з періодом до пандемії, але до 2024 року більшість країн відновили або навіть покращили показники 2019 року. [2]

Звичайно, кожен літак оснащений великою кількістю авіоніки, яка допомагає екіпажу керувати літаком, навігацією та зв'язком, а також робить політ набагато комфортнішим для пасажирів. Не оминули прогрес і аеропорти, які кардинально відрізняються від своїх побратимів початку XX століття. Однак слід зазначити, що глобальний перехід на електронні системи є не тільки позитивною, але й несе в собі приховані ризики, один із яких ми чітко побачили 19 липня 2024 року, коли помилка в оновленні програмного забезпечення продукту Microsoft спричинила глобальний збій, який призвів до неможливість використання комп'ютерів , на які вплинуло неперевірене оновлення [3]. Згідно з відкритими джерелами, проблеми із затримками спостерігалися в аеропортах Лондона Станстед, Гатвік, Токіо, Амстердама та Делі.[4]. Важливо також розуміти, що іноді авіакомпанії використовують один і той самий літак для виконання двох або навіть більше рейсів на день (з дозаправкою та зміною екіпажу, якщо це необхідно для відповідності стандартам), тому якщо літак значно затримується на один рейс, це змушує авіакомпанії перенести наступні заплановані рейси або використовувати резервні літаки та екіпажі, щоб вилетіти вчасно та не втратити відведений для рейсу часовий інтервал. Це стандартна процедура, але що, якщо задіяні всі літаки авіакомпанії, і всі вони затримуються. В цьому випадку залишається тільки змиритися з реальністю і постаратися якомога швидше повернутися, щоб встигнути за графіком. Крім того, відповідно до положення про права пасажирів[5], прийнятого в Європейському Союзі, якщо літак затримується більше ніж на 2 години, а відстань польоту становить 1500 км або менше, то пасажир має право на розумну кількість їжі та напоїв разом з час очікування, якщо літак затримується більше ніж на 5 годин, мають право повернути невикористані частини квитка. У разі скасування рейсу або відмови в посадці пасажир має право вимагати компенсацію в розмірі 250 євро за рейс

дальністю менше 1500 км, 400 євро за відстань від 1500 до 3500 км і 600 євро. євро на відстань понад 3500 км.[6]

Основний метод дослідження є статистичний. Основним статистичним показником вимірюванні якого побудоване дослідження є час а точніше час затримки літаків при вильоті з аеропорта призначення. ETD (розрахунковий час вильоту літака) це час коли літак повинен вилетіти відповідно до поданого плану польоту . ATD це час коли літак фактично вилетів з аеропорту вильоту. Різниця між цими двома параметрами і буде затримкою літака при вильоті.

За допомогою інформаційного ресурсу що відслідковує переміщення літаків по технології ADS-B. Ця технологія відноситься до авіаційної концепції CSN (комунікація ,спостереження ,навігація) і відноситься саме до спостереження так ця технологія передає данні стосовно руху повітряного літака всім як диспетчерам на землі так і іншим літакам в повітрі. Усі дані спостережень супроводжуються точною міткою часу у UTC на основі реалізованої синхронізації атомного годинника за допомогою приймача глобальної навігаційної супутникової системи [7]. База даних автоматичної передачі залежного спостереження містить позиції кожного користувача повітряного простору та їх ідентифікацію[8,9,10,11]. Крім цього сервіс також фіксує інформацію щодо вильоту і прильоту літаків була зібрана за допомогою програмного забезпечення Python 3.12 і бібліотеки selenium інформація стосовно рейсів що виконувалися в той день[12,13,14]. Звісно для чистоти дослідження також буде отримана інформація щодо затримки цих самих рейсів в межах декількох днів до і після інциденту з CrowdStrike.

У дослідженні ми проаналізували дані п’яти аеропортів (EGLL, EG, RJTT, EHAM, VIDP). Дані траєкторії 162 рейсів, які вилетіли з цих аеропортів 19 липня, а також протягом двох днів до/після інциденту. Результати аналізу затримки наведено на рис. 1.

Аналіз даних показав, що два рейси IGO5605 (запланований виліт о 18:40 за IST та фактичний виліт о 23:36 за IST різниця становила 296 хвилин) і KLM1375 (запланований виліт о 13:35 за центральноєвропейським стандартним часом та фактичний виліт о 05 :25 вечора CEST різниця становила 230 хвилин) мають найбільшу затримку у відправленні. Всього було зафіксовано 4 рейси, затримки яких становили більше 200 хвилин, але авіакомпанії їх не скасовували і не переносили, а виконували, хоч і з великим відставанням від розкладу, решта зафіксованих затримок мають значення менше 200 хвилин.

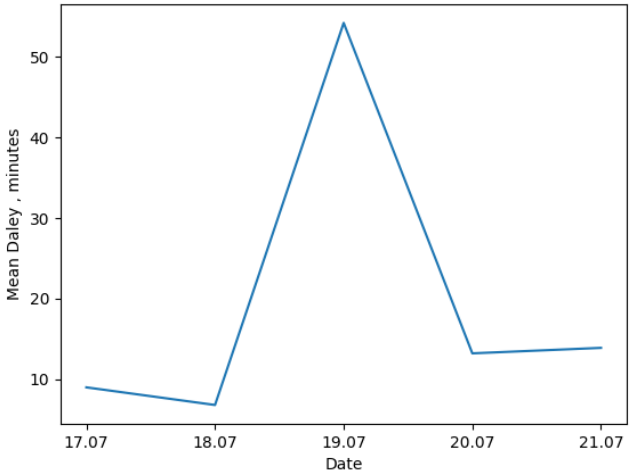


Рис 1. Результати середнього значення затримки по днях в розглянутих аеропортах.

Середнє значення затримки 19 липня склало 54 хв., що більш ніж у 8 разів перевищує значення 18 липня (7 хв.) і в 4 рази більше значення 20 липня (13 хв.).

Глобальний збій, викликаний інцидентом CrowdStrike, призвів до затримок авіаперевезень, що беззастережно збільшило навантаження на авіадиспетчерські органи, які були змушені змінити розклад рейсів, щоб нормалізувати потоки повітряного руху. Середнє значення затримки 19 липня склало 54 хв., що в кілька разів перевищує звичайні дні. Найбільшої шкоди аварія завдала аеропортам Амстердама (Схіпхол) і Лондона (Хітроу), найменше постраждали аеропорти Токіо і Делі (Міжнародний аеропорт Індіри Ганді). Не можна стверджувати, що ця подія вплинула на всі рейси, тому що були рейси, де не було затримки або навіть навпаки літак злітав швидше, ніж це було в ETD. Щонайменше десяток рейсів перевищили двогодинну затримку.

Крім того, глобальний збій не спричинив аварій чи інцидентів, лише фінансові витрати для авіакомпаній. Однак, щоб запобігти подібним випадкам у майбутньому, необхідно вжити запобіжних заходів, щоб мінімізувати вплив програмних збоїв на ефективність роботи аеропортів.

Список літератури

1. Annual Report 2020, ICAO, 2020.
2. Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis. Economic Development – Air Transport Bureau. ICAO Uniting Aviation. 2022. https://www.icao.int
3. D. Milmo, J. Kollewe, B. Quinn, M. Ibrahim, and J. Taylor, “Slow recovery from IT outage begins as experts warn of future risks,” The Guardian, Jul. 20, 2024.

[Online]. Available: https://www.theguardian.com/australia-news/article/2024/jul/19/microsoft-windows-pcs-outage-blue-screen-of-death
4. R. Plummer, “CrowdStrike and Microsoft: What we know about global IT outage,” Jul. 19, 2024. https://www.bbc.com/news/articles/cp4wnrxqlewo
5. O. Ivashchuk and I.V. Ostroumov, "Analysis of Air Traffic During Extreme Conditions of Earthquake Action of High Magnitude," 2023 IEEE 7th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, Ukraine, October 2023, pp. 116-119, doi:10.1109/MSNMC61017.2023.10329127.
6. Regulation (EC) No 261/2004, European Parliament and of the Council, 2004.
7. Bedlam’ in UK as air and rail travel hit by global IT outage, [Online]. Available: https://www.theguardian.com/business/article/2024/jul/19/ uk-airports-trains-disrupted-microsoft-global-it-outage (accessed Aug. 17, 2024).
8. S. Barik, “Global Microsoft outage impacts Indigo, Akasa, Spicejet, Air India ops, airport services,” [Online]. Available: https://indianexpress.com/article/business/aviation/global-microsoft-outage-indigo-akasa-air-india-9463089 (accessed Aug. 17, 2024).
9. I.V. Ostroumov and O. Ivashchuk, "Air Traffic Management with Hierarchical Hexagonal Geospatial Index," in In: Ostroumov, I., Zaliskyi, M. (eds) Proceedings of the 2nd International Workshop on Advances in Civil Aviation Systems Development. ACASD 2024. Lecture Notes in Networks and Systems , vol. 992, 2024, pp. 17-30, doi:10.1007/978-3-031-60196-5_2.
10. I.V. Ostroumov and O. Ivashchuk, "Risk of mid-air collision estimation using minimum spanning tree of air traffic graph," in Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings of the 2st International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems CITRisk-2021, vol. 3101, 2022, pp. 322-334.
11. O. Ivashchuk, I.V. Ostroumov, and N.S. Kuzmenko, "A Graph Analysis of Aviation Enroute Network," 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), September 2022, pp. 396-399, doi:10.1109/ACIT54803.2022.9913097.
12. I.V. Ostroumov, O. Ivashchuk, and N.S. Kuzmenko, "Preliminary Estimation of war Impact in Ukraine on the Global Air Transportation," 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), September 2022, pp. 281-284, doi:10.1109/ACIT54803.2022.9913092.
13. O. Ivashchuk and I.V. Ostroumov, "Impact of Closed Ukrainian Airspace on Global Air Transport System," in International Scientific-Practical Conference Information Technology for Education, Science and Technics, ITEST. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol. 178, 2023, pp. 51-64, doi:10.1007/978-3-031-35467-0_4.
14. O. Ivashchuk and I.V. Ostroumov, "Graph Analysis of Connections in Ukrainian-Turkish Flight Routes Networks," 2023 IEEE 7th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, Ukraine, October 2023, pp. 7-11, doi:10.1109/MSNMC61017.2023.10329190.

UDC 621.396:621.372 (043.2)

O.M. Ishchenko, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Influence of the frequency of satellite signals on the depth of spoofing suppression in Global Navigation Satellite Systems

An influence of GNSS frequency on the depth of spoofing suppression was studied. The method of suppressing spoofing from four directions while using different frequencies is illustrated.

Spoofing suppression algorithm

The signals of navigation satellites are easily affected by spoofing interference, causing the wrong position, speed or time of the receiver calculation. An adaptive spoofing suppression method was investigated in [1]. It was shown that the use of small-sized antenna arrays in navigation systems consisting of satellite constellations or their combinations makes it possible to detect and suppress interfering signals by forming zeros of the antenna array directional pattern in the directions of their arrival [2]. The GNSS satellites continuously transmit navigation signals in two or more frequencies in L band. These signals contain ranging codes and navigation data which allow the users to compute the travelling time from satellite to receiver and the satellite coordinates. Let`s consider how the frequency of the satellite signal is related to the depth of suppression of radio interference. The directions of arrival of radio interference are chosen in the four quadrants of the upper hemisphere. The fixed value of weighting coefficients was chosen:

x0 = 1.137890924686325 - 0.000000000000000i;
x1= -0.579859913779087 + 0.051103290780182i;
x2=-0.270227485764871 + 0.042442469283546i;
x3= -0.579859913779087 - 0.051103290780182i;
x4= -0.270227485764871 - 0.042442469283546i;

We set the wavelength at the average frequency for the lowest GPS frequency L5 = 1176.45 MHz, lambda = 25.5. We get the following results:

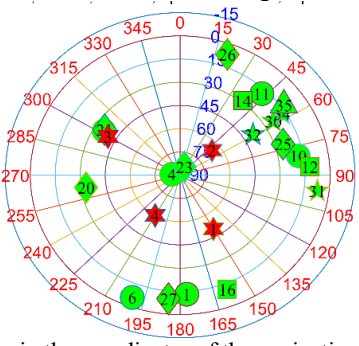


Fig. 1. Visible satellites in the coordinates of the navigation receiver (frequency = 1176.45 MHz)

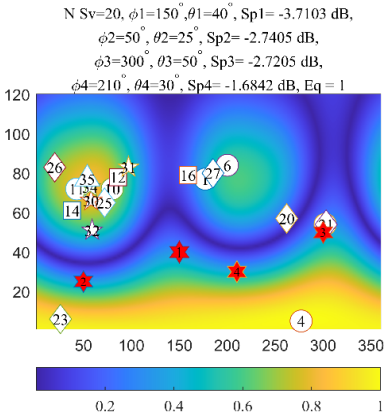


Fig. 2. Radiation pattern is in Cartesian coordinate system (frequency = 1176.45 MHz)

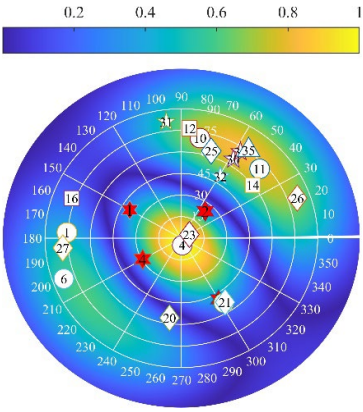


Fig. 3. Radiation pattern in polar coordinate system (frequency = 1176.45 MHz)

In figures above N_Sv – the number of satellites remaining after applying the spoofing suppression procedure; φ and θ are azimuth and elevation angles of the spoofers respectively; Sp1,..,Sp4 – calculated values of the spoofing suppression depth. Concentric circles in polar coordinates correspond to an angle of arrival of spoofing. The positions of the interference sources are indicated by octagonal stars.

The results show us that the suppression is breaking. The depth of interference suppression Sp1, Sp2, Sp3, Sp4 is approximately 3 dB. Which is insufficient.

Therefore, we will try to determine, slowly retreating from the central frequency, in what range of wavelengths the suppression will be maintained. For example, up to -60 dB. We change lambda = 18.987 cm, which corresponds to a frequency of 1580 MHz:

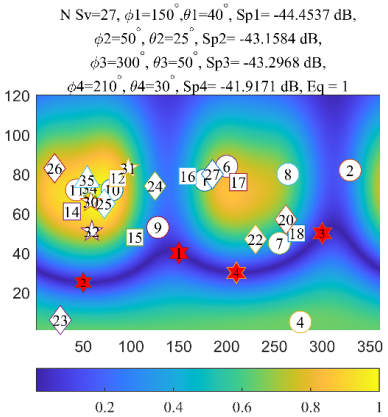


Fig. 4. Radiation pattern is in Cartesian coordinate system (frequency = 1580 MHz)

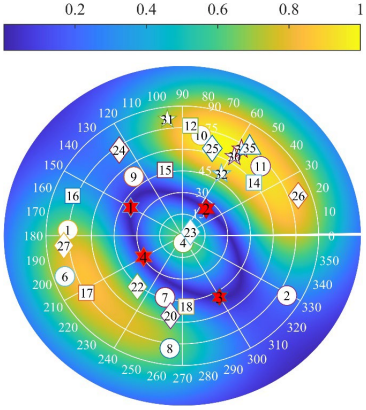


Fig. 5. Radiation pattern in polar coordinate system (frequency = 1580 MHz)

Results show that at a frequency of 1580 MHz, the spoofing suppression depth is approximately 43 dB

Also, this method was used for a frequency of 1570 MHz, which corresponds to a wavelength of lambda = 19.108 cm:

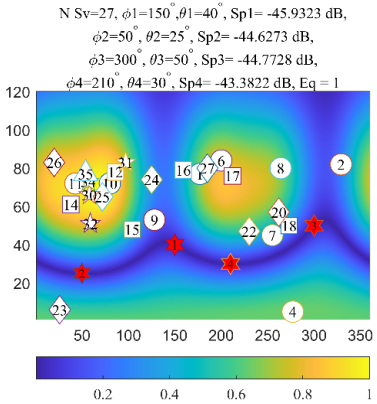


Fig. 6. Radiation pattern is in Cartesian coordinate system (frequency = 1570 MHz)

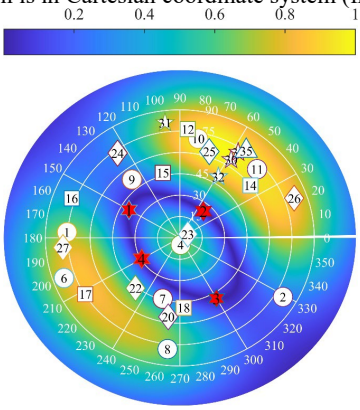


Fig. 7. Radiation pattern in polar coordinate system (frequency = 1570 MHz)

Figures above show that at a frequency of 1570 MHz the spoofing suppression depth is 45 dB. The findings from the research suggest, that suppression of more than -40 dB can be obtained in the 1570 – 1580 MHz band. For a more detailed study of the depth of suppression of spoofing in further studies, it is also possible to consider frequency for different directions of spoofing arrival and the weighting coefficient.

References

1. Konin, V., Averyanova, Y. & Ishchenko, O. Antenna Array Application to Support Operation of GNSS Receivers under Interfering Signals. *Radioelectron. Commun. Syst.* **66**, 305–314 (2023). https://doi.org/10.3103/S0735272723100023

2. *V. Konin, Y. Averyanova and O. Ishchenko*, "Virtual Radiation Pattern of a Digital Antenna Array for Satellite Navigation", Proc. 2023 IEEE Sixth International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo), Ukraine, 2023, doi:10.1109/UkrMiCo61577.2023.10380401

UDC 629.735.018.7.025.4

O.V. Hryhorenko, V.P. Kharchenko, Professor
(National Aviation University, Ukraine)

Method of Risk Minimization in 4D Trajectory Control of Aircraft in a Unified Airspace

Approach on resolving conflict situation and ensure maximum efficiency using methods of 4D trajectory ATM and minimizing risks of operation, basing on proposed method.

Simulating of potential conflict situation

We will use pre-defined situation in order to represent a conflict resolution on real-life based situation. Resolution of conflict is supposed to be taken by ATC instructions, basing on provided advisory on conflict solution or as automated process with usage of aircraft information interchange.

Table 1. Input Data

Aircraft model	Initial speed (kt)	Initial Altitude (ft)	Heading	Wind (kt)	Wind Direction	Time of zone entering (UTC)
Dash-8 Q400	240	15000	180	20	360	13:00:00
CRJ-700	300	15000	180			13:05:00

Our airspace is described as a narrow corridor with dimensions of 100x20 nautical miles. For simplifying of calculations and visual representation of the process of conflict resolution we will ignore these factors next factors: aircraft engine types, air density, wind effect on each aircraft cross-section.

Path of both of our aircraft lays from imaginary beacon “FTPAS”, set as an zone enter waypoint, to imaginary beacon “ATPAE”, set as zone exit waypoint. Coordinates of “FTPAS” set as [10,100, 15000] in zone dimensions, coordinates of “ATPAE” set as [10,0,15000] in zone dimensions.

Dash-8 Q400 (Aircraft #1) enters the zone first, CRJ-700 (Aircraft #2) second, 5 minutes after Aircraft #1. The main task is to reconfigure formation of aircraft in a way that CRJ-700 will leave the airspace first, in order to avoid potential conflict after leaving controlled airspace and Dash-8 Q400 second, with minimum possible safe distance to Aircraft #2. Additionally none of the aircraft should leave the dedicated airspace zone and both of them should exit at the altitude of enter: 15000ft.

Aircraft measured speed remains constant. Wind directly affects on aircraft true airspeed and aircraft behavior during maneuver.

Calculations:

Time for potential conflict we can define by formula

$$t_{conflict} = \frac{S_{in} - S_{req}}{V_r}$$

Where:
$t_{conflict}$ – is a time remaining to condition of separation loss;
S_{in} – initial distance between aircraft;
S_{req} – minimum required distance for longitudinal separation;
V_r – relative speed between 2 aircraft

Minimum required distance is taken as 10 nautical miles, per standard. $V_r = 60$ nm/hour. Time until separation loss is 8 minutes 20 seconds, after Aircraft #2 entered. With respect to ATC/pilot communication delay – avoiding maneuver is conducted 1 minute prior separation loss point for Aircraft #1.

Normal distribution function for vertical speed:

$$V_{ver}(t) = V_{max} \cdot \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Where:
V_{ver} – vertical speed of the aircraft at time *t* during descent;
V_{max} – maximum vertical speed during descent;
μ – mean value of time;
σ – standard deviation.

Formula for wind effect during descent:

$$S_{lon}(t) = \int_0^t V_{aircraft} - V_{wind} \cdot cos(\theta))dt'$$

Where:
S_{lon} – distance passed in longitudinal dimension;
θ – angle between aircraft and wind direction.
Descent maneuver, with respect to communication delay is completed within 1 minute, with average speed of descent 2000ft/min and total time of descent 35s.

Descent establishes vertical separation between Aircraft #1 and #2, however this is not enough for exiting the zone at the altitude of 15000ft for both aircraft, as horizontal separation not yet established. For mentioned purpose turning maneuver will be conducted. Deviation from original direct path should be on 6.9 miles (or 1min 54s) longer, than original path. For simplicity the trajectory for deviation are consist of: two 45° turns, one 90° turn and direct flight path between arcs. Turn speed of Aircraft #1 is 5deg/sec.

Average speed during a turn:

$$V_{average} = \frac{1}{\theta_{fin}} \int_0^{\theta_{fin}} \left(V_{aircraft} - V_{wind} \cdot cos(\theta)\right) d\theta$$

Where:
θ_{fin} – angle of turn through maneuver.

Wind lateral drifting effect:

$$S_{lat} = \int_0^{\theta_{fin}} V_{wind} * sin(\theta)\, d\theta$$

With formula application we find out full length of maneuver is 23.56nm, with distance of each 45° turn being 0.57nm. The maximum lateral deviation from initial path is 7.53nm.

After returning on previous heading of 180° Aircraft#1 continue flight on FL140, until Aircraft #2 reaches the "ATPAE" point. With conducted maneuvers longitudinal separation between Aircraft #1 and #2 will be established as 10nm. After Aircraft #2 leaves airspace command on climbing to FL150 for Aircraft #1 should be issued

Conclusion

Provided example of maneuver performance in conflict situation will positively affect air traffic flow management and significantly decrease risk of potential conflict in similar situations. In case if automatization of process of conflict resolution would be implemented for all airspace participants or alternatively as advisory for conflict resolution for ATC. Decrease of influence of human factor in conflict resolution leads for safe and efficient ATM.

References

1. A. Gardi, R. Sabatini, T. Kistan, Y. Lim and S. Ramasamy, "4 Dimensional Trajectory Functionalities for Air Traffic Management Systems", in proceedings of Integrated Communication, Navigation and Surveillance Conference (ICNS 2015), Herndon, VA, USA, 2015.
2. Eurocontrol, "User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA) Revision 3.11", Eurocontrol Experimental Centre (EEC) Technical/Scientific Report No. 13/04/16-01, Brétigny-sur-Orge, France, 2013.
3. Lucas Borges Monteiro, Vitor Filincowsky Ribeiro, Cristiano Perez Garcia, Geraldo Pereira Rocha Filho, Li Weigang, "4D Trajectory Conflict Detection and Resolution Using Decision Tree Pruning Method", IEEE Latin America Transactions (Volume: 21, Issue: 2, February 2023)
4. Zhening Chang, Minghua Hu, Ying Zhang, Xuhao Zhu, Mou Li, "A 4D trajectory prediction method for aircraft under wind", Second International Conference on Electronic Information Engineering, Big Data and Computer Technology (EIBDCT 2023), 2023, Xishuangbanna, China

УДК 004.942 (043.2)

М.С. Любарець
(Національний авіаційний університет, Україна)

Автоматизація планування розслідування авіаційних подій в Україні

Пропонується сучасний підхід для керування та планування процесом розслідування авіаційних подій, заснований на візуалізації діаграми Ганта. Розроблено програмне забезпечення для відображення і редагування відрізків часу для груп і задач розслідування.

Процес розслідування авіаційних подій в Україні

Розслідування авіаційних події (АП) є важливою складовою глобальної безпеки польотів. Вчасно виконане розслідування, що включає в себе встановлення всіх фактів і причин, які вплинули на настання такої АП, а також розроблені рекомендації сприяють запобіганню настання такої події в майбутньому [1]. В Україні єдиним уповноваженим державним органом, який розслідує АП є Національне бюро з розслідувань на транспорті (НБРТ). Після настання АП, НБРТ зобов'язується провести розслідування в чітко встановлені терміни. В залежності від складності АП (аварія, серйозний інцидент, інцидент) встановлюються відповідні терміни розслідувань: інцидент – тридцять днів, серйозний інцидент – шість місяців, аварія – один рік. Розслідування очолює голова комісії (ГК), в склад якої входять експерти НБРТ. Згідно з [2], ГК може подовжити термін розслідування, що має бути погоджено з директором НБРТ та з Міжнародною організацією цивільної авіації (ICAO). Очевидно, що подовження термінів розслідування має негативний вплив на безпеку польотів. Отже, однією із важливих задач ГК є ефективне планування і керівництво процесом розслідування. Одним із показників ефективності розслідування є його вчасне виконання. Розслідування виконується паралельно декількома групами розслідування (ГР). У випадку аварії, кількість ГР складає 15 [3]. Кожна ГР має певний набір задач розслідування (ЗР). Кожна ЗР в свою чергу складається з чек-лістів (ЧЛ).

Представимо розслідування аварії у вигляді системи, яку показано на рис.1. ЧЛ є найменшим елементом системи, який можна виміряти в часі. Часові рамки кожного ЧЛ за умовчанням можуть бути визначені, виходячи із даних попередніх розслідувань. Під впливом зовнішніх факторів, час виконання

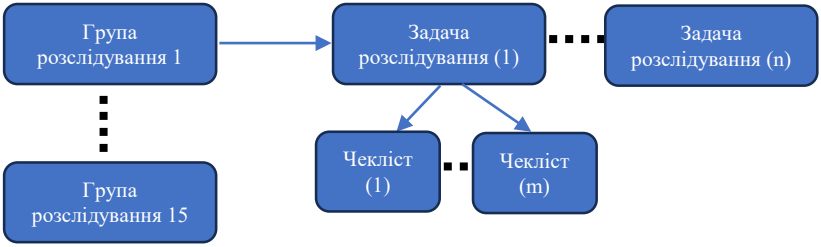


Рис. 1. Розслідування аварії як система ГР, ЗР, ЧЛ

окремого ЧЛ може змінюватись, що має бути враховано ГК для фіксації часу виконання ЧЛ та внесення коректив в процес розслідування, з метою дотримання встановлених термінів. В даній роботі розглядається підхід із застосуванням інструменту планування виконання ЧЛ та ЗР як окремого модуля Автоматизованої системи розслідування авіаційних подій (АСРАП) [4].

Автоматизація планування розслідування авіаційних подій

Для візуалізації часових відрізків ЧЛ, ЗР, ГР доцільно використати діаграму Ганта [5]. В АСРАП для відображення та редагування діаграми Ганта використовується багатофункціональний компонент DevExpress WinForms Gantt control [6]. Конфігурація компонента, включно з набором даних для відображення задається за допомогою файла в форматі JSON [7]. АСРАП передбачає відображення часових відрізків в розрізі розслідування в цілому, окремої ГР або ЗР. На рис.2 відображено фрагмент діаграми Ганта в розрізі групи розслідування «Льотна експлуатація».

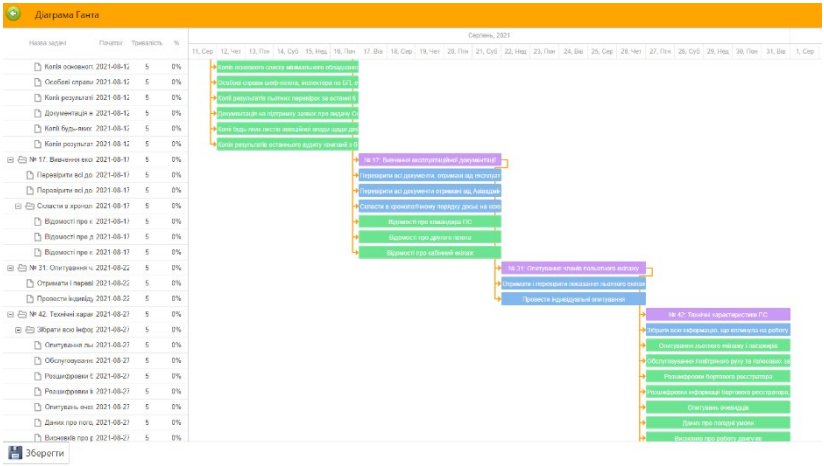


Рис.2. Фрагмент діаграми Ганта в розрізі ГР «Льотна експлуатація»

Загальний недеталізований алгоритм роботи програмного забезпечення складається з наступних кроків:

1. Користувач переключається в режим «Діаграма Ганта». За умовчанням дані відображено по розслідуванню в цілому;
2. Виконується запит до бази даних та формується конфігураційний файл JSON в залежності від поточного розслідування та заданого користувачем варіанта відображення (розслідування в цілому, в розрізі ГР або ЗР);
3. Конфігурація передається компоненту, який візуалізує відрізки часу;
4. В разі зміни користувачем часових рамок елемента діаграми, формується новий файл JSON із врахуванням змінених параметрів. Система виконує запис зміненої конфігурації в базу даних.

Основні елементи конфігураційного файлу представлено в табл.1.

Табл. 1

Елементи конфігураційного файлу компонента діаграми Ганта

Назва елемента	Опис
xml_date	Формат відображення дат, строка. Приклад – «%Y-%m-%d»
min_column_width	Мінімальна ширина колонки в пікселях, число
row_height	Висота рядка в пікселях, число
columns	Масив колонок, формат JSON
columns[i].name	Ідентифікатор колонки, текст
columns[i].width	Ширина колонки в пікселях, число
columns[i].tree	Чи є колонка елементом дерева, Boolean
columns[i].align	Вирівнювання, строка. Приклад – «center»
columns[i].label	Текст заголовка колонки, текст
templates	Javascript об’єкт, ключі – назва шаблону, значення – javascript функція, яка повертає строку в залежності від параметрів. Наприклад, можна використовувати для визначення CSS-класу елемента діаграми, в залежності від його типу (ГР, ЗР, ЧЛ)
scale_unit	Варіант часових рамок заголовка діаграми, строка. Приклад – «month»
date_scale	Формат часових рамок заголовка діаграми, строка Приклад – «%F, %Y»
scale_height	Висота заголовка діаграми в пікселях, число
subscales	Конфігурація підзаголовка діаграми, формат JSON
subscales[i].unit	Тип підзаголовка, строка. Приклад – «day»
subscales[i].step	Крок інкремента підзаголовка діаграми, число
subscales[i].date	Формат дати підзаголовка діаграми, строка. Приклад – «%j, %D»

Основні функції компонента діаграми Ганта представлено в табл.2.

Табл. 2

Функції компонента діаграми Ганта

Назва функції, параметри	Опис
init(name)	Ініціалізація компонента. Параметр – ідентифікатор компонента. В функції реалізується завантаження конфігураційного файлу JSON та ініціювання додаткових параметрів діаграми.
clearAll()	Відображається порожня діаграма Ганта.
parse(data)	Побудова діаграми. Параметр – текст конфігураційного файла.
message(messageText)	Вивести повідомлення для користувача. Параметр – текст повідомлення.

attachEvent(eventName, handler)	Визначення обробника події, яку генерує компонент. Параметри: eventName – назва події, строка. Приклад – «onLinkClick»; handler – javascript функція.

Висновки

Автоматизація планування розслідування авіаційних подій, реалізована на основі підходу з використанням програмного забезпечення АСРАП, дозволяє голові комісії вчасно реагувати на зміни часу, що планується витратити на певні задачі розслідування, коригувати процес розслідування, планувати кінцеву дату розслідування. У випадку неможливості скоригувати процес розслідування, голова комісії має можливість завчасно узгодити збільшення терміну розслідування з директором НБРТ та підготувати аргументований звіт в ICAO.

Список літератури

1. Aircraft accident and Incident Investigation, Annex 13 to the convention on International Civil Aviation, ICAO, 2016.
2. Rules and procedure of technical investigation of aviation events and incidents in civil aviation, Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 610, 20.05.2022
3. М. Любарець, «Візуалізація процеса розслідування авіаційних подій», Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сталий розвиток систем зв'язку, навігації, спостереження та організації повітряного руху CNS/ATM - 2023», 29 – 30 листопада 2023 р., Національний авіаційний університет, Київ
4. M. Liubarets, I. Ostroumov, «Automation of aviation safety events investigation», CITRisk'2023: 4th International Workshop on Computational & Information Technologies for Risk-Informed Systems, December 21-22, 2023, Neubiberg, Germany
5. J. Geraldi, & T. Lechter. "Gantt charts revisited: A critical analysis of its roots and implications to the management of projects today." International Journal of Managing Projects in Business 5.4 (2012): 578-594..
6. The DevExpress WinForms Gantt control, https://www.devexpress.com/winforms/gantt/
7. B. Smith, *Beginning JSON*. Apress, 2015.

UDC 629.7

Volodymyr Kharchenko, Iryna Zhudova, Oleksandr Loboda
(National Aviation University, Ukraine)

Tropospheric solar energy pseudo-satellites and their tasks

Tropospheric solar-powered pseudo satellites that provide long-term services in telecommunications, environmental monitoring, and scientific research. Their cost-effectiveness and advantages over traditional satellites

A tropospheric solar-powered pseudo-satellite is a high-altitude platform that flies in the troposphere at an altitude of 10-20 km (above commercial air traffic but below satellites) and functions like a satellite but remains within the Earth's atmosphere. These UAVs provide continuous, long-term services over a fixed area, using solar energy for long-duration flight, allowing for long-term operations lasting days, weeks, or months. They are sometimes called high-altitude pseudo-satellites (HAPS) or solar high-altitude pseudo-satellites (SHAPS) and are used for a variety of tasks, such as telecommunications, Earth observation, environmental monitoring, and more.

Such UAV-based solar energy pseudo-satellites are an innovative and cost-effective solution for tasks traditionally performed by satellites. They provide constant coverage, high altitude operation and flexibility for a wide range of missions while overcoming many of the limitations of traditional satellite systems. However, several issues such as energy storage, load capacity and regulatory issues need to be addressed for wider implementation and greater efficiency. Research in these areas is extremely promising, given the need to solve accumulated problems in various fields.

Considering the specific features and capabilities of tropospheric pseudo-satellites on the UAV platform, it is possible to formulate the specifics of the tasks they solve in the interests of various industries. The most common among them are the following tasks, which are presented in Fig. 1.

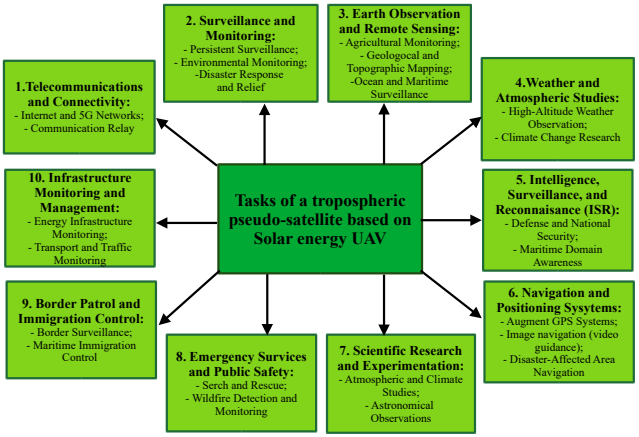


Fig. 1. Key tasks of tropospheric solar energy pseudo-satellites on the UAV platform.

1. **Telecommunications and communication.**
   a. Internet and 5G networks: Solar-powered UAVs can serve as aerial communication platforms, providing Internet access and 5G network coverage in remote or underserved areas. This is especially important in regions without developed infrastructure, such as rural areas, islands or areas affected by natural disasters.
   b. Communication Relay: HAPS can act as relay stations, connecting users or devices in remote locations to existing communication networks. This is particularly useful for mobile communications, radio communications and emergency response.

2. **Observation and monitoring**
   a. Continuous monitoring: Tropospheric pseudo satellites can provide continuous monitoring of large areas for long periods of time. This makes them ideal for military and defense applications such as border protection, detection of unauthorized movements and monitoring of sensitive areas.
   b. Environmental Monitoring: These UAVs can collect data on the state of the environment in real time, including weather conditions, air quality and indicators of climate change. This is useful for tracking pollution, monitoring deforestation and studying natural ecosystems.
   c. Disaster response and relief: In the event of natural disasters such as earthquakes, floods or wildfires, pseudo-satellites can provide real-time situational awareness. They can monitor disaster areas, assess damage, and help coordinate rescue operations by serving as communications hubs.

3. **Earth observation and remote sensing**
   a. Agricultural monitoring: Solar-powered UAVs can perform detailed agricultural surveys, providing data on crop condition, soil condition, and water use. This enables precision farming, helping farmers optimize the use of resources and increase yields.
   b. Geological and topographic mapping: Pseudo-satellites can acquire high-resolution images of the Earth's surface for topographic mapping, infrastructure monitoring, or surveying of resource-rich areas (such as mining and energy industries).
   c. Ocean and Sea Surveillance: These UAVs can monitor large ocean regions, tracking illegal activities such as piracy, smuggling, human trafficking, etc.

4. **Weather and atmospheric research**
   a. High-altitude meteorological observations: Solar-powered UAVs can continuously monitor weather conditions by collecting data on temperature, humidity, wind speed and other meteorological factors. This can improve weather forecasting and provide critical information for early warning systems (eg hurricanes, typhoons).
   b. Climate Change Research: Long-term atmospheric monitoring helps researchers study the effects of climate change, such as changes in atmospheric composition, cloud formation, and solar radiation. UAVs can provide

continuous data that would be difficult to collect using ground-based sensors or satellites.

5. **Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR)**
   a. Defense and National Security: For military purposes, HAPS can provide reconnaissance capabilities over specific areas of interest. They can monitor the movement of troops, identify threats, and monitor enemy activity. Due to their high endurance and ability to remain undetected at high altitudes, these UAVs are ideal for covert missions.
   b. Maritime intelligence: By continuously monitoring the ocean, UAVs can help governments and defense agencies maintain maritime awareness by tracking suspicious vessels or detecting illegal activity.

6. **Navigation and positioning systems**
   a. Advanced GPS systems: Pseudo satellites can improve Global Positioning System (GPS) coverage by providing additional signals, especially in regions where GPS accuracy is limited by obstructions (eg, dense urban areas, mountainous terrain).
   b. Image navigation (guidance video).
   c. Navigation in disaster-affected areas: After a disaster, when ground-based infrastructure such as GPS or cell towers are damaged, solar UAVs can temporarily restore positioning services for first responders and rescuers.

7. **Scientific research and experiments**
   a. Atmospheric and climate research: Scientists can use solar-powered UAVs to make long-term observations of the atmosphere, collecting data on greenhouse gases, aerosols and other climate indicators that are critical to understanding global warming.
   b. Astronomical observations: Solar UAVs flying at high altitudes can act as astronomical observation platforms, potentially providing data in certain atmospheric windows that cannot be obtained by satellites or ground-based observatories.

8. **Emergency services and public safety**
   a. Search and rescue: In large-scale search and rescue operations (such as after natural disasters or in remote wilderness areas), solar UAVs can help by providing high-resolution images, tracking the location of missing persons, or providing communication between rescue teams.
   b. Forest fire detection and monitoring: Solar UAVs can provide real-time data on the development of forest fires by detecting new fire outbreaks and tracking their progress. This information helps authorities coordinate firefighting efforts more effectively.

9. **Border and immigration control.**
   a. Border surveillance: High-altitude pseudo-satellites can continuously monitor borders for illegal crossings, human trafficking, or other illegal activities. They

offer a cost-effective and less intrusive alternative to deploying manned aircraft or building physical barriers.

b. Maritime immigration control: Pseudo-satellites can monitor coastal areas and international waters to detect and control unauthorized immigration by sea, providing law enforcement with real-time data.

10. Infrastructure monitoring and management.

a. Energy Infrastructure Monitoring: Solar UAVs can monitor critical infrastructure such as power lines, pipelines and wind farms. They can detect potential hazards such as leaks, wear or damage, ensuring timely repairs and maintenance.

b. Traffic and traffic monitoring: Pseudo-satellites can monitor traffic patterns and infrastructure such as highways, bridges and railways. They can also provide information about traffic congestion and help with smart city planning.

Result.

Tropospheric solar energy pseudo satellites have many potential applications. Their long-range flight capabilities and ability to remain stationary over a certain area make them particularly suitable for tasks requiring constant surveillance or communication in remote or difficult environments, especially when performing special tasks. As technology advances, these UAVs will play a critical role in bridging the gap between ground infrastructure and satellite systems, offering cost-effective, sustainable solutions in a variety of industries.

UDC 004.8 (045)

В.М. Синєглазов, В.П. Хоцянівський, М.В. Шевченко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Адаптивне керування роботами-маніпуляторами в динамічному середовищі за допомогою нейронних мереж

Метою дослідження є розробка підходу до планування траєкторії руху робота-маніпулятора за допомогою інтелектуальної системи на основі нейронних мереж.. Пропонується система, яка може сприймати навколишнє середовище та керувати рухом робота, генеруючи правильні команди керування. Для цього було вирішено завдання аналізу середовища.

Вступ

На ранніх етапах проєктування роботизованого маніпулятора необхідно точно визначити динамічну модель системи та її параметри для розробки контролера [1]. Традиційні методи управління, такі як обчислювальне управління моментом і зворотне динамічне керування, дозволяють досягти ефективного контролю за рахунок розрахунку моменту робота-маніпулятора та побудови динамічного рівняння [2], що забезпечує високі результати керування [3]. Проте ці підходи передбачають можливість отримання точної моделі системи. Насправді, отримати точну математичну модель робота в реальних умовах експлуатації доволі складно [4].

Багато завдань вимагають від роботів адаптації до змінних умов абонавчання нових моделей поведінки. Наприклад, робот, задіяний у виробництві автомобілів, повинен мати можливість адаптуватися до змін у моделях автомобілів. У деяких випадках можливо вручну запрограмувати потрібні дії, але часто це є неприйнятним через часті зміни середовища або його непередбачуваність для інженерів, які розробляють систему.

Машинне навчання надає роботам можливість обробляти великі обсяги даних у реальному часі, дозволяючи приймати швидші та точніші рішення. Це покращує їх розуміння навколишнього середовища й об’єктів у ньому. Наприклад, роботи можуть ідентифікувати об’єкти за допомогою комбінації візуальних, тактильних і звукових датчиків, що дає змогу розпізнавати об’єкти та відповідно на них реагувати, підвищуючи гнучкість і безпеку їхньої роботи.

Аналіз існуючих та методів планування руху роботизованого маніпулятора

Планування траєкторії полягає в розробці плавного й оптимального шляху, по якому рухатиметься рука робота при переході з одного положення в інше. Цей процес враховує такі фактори, як уникнення перешкод, обмеження суглобів, а також оптимізацію шляху відповідно до критеріїв, таких як час, енергоспоживання чи завантаження. Планування траєкторії забезпечує ефективний і безпечний рух руки до необхідної позиції.



Рис. 1. Роботизована рука з 5 DOF

Аналіз традиційних методів планування руху роботів передбачає розгляд ключових підходів, таких як геометричне планування траєкторії, метод зворотної кінематики, динамічне програмування та випадкові методи позиціонування й оптимізації.

Геометричне планування траєкторіївизначає рух робота на основі геометричних характеристик робочого простору. Цей метод дозволяє точно задавати положення та орієнтацію маніпулятора, що є його основною перевагою. Однак він має певні обмеження в адаптації до мінливих умов і може виявитися складним для користувачів, особливо при вирішенні завдань із високими вимогами до зручності використання [5].

Метод зворотної кінематики використовується для визначення вхідних кутів або положень маніпулятора, які потрібні для досягнення заданої траєкторії або положення. Він ефективний для вирішення задач у конкретних точках простору й широко застосовується в системах керування промисловими роботами [6]. Незважаючи на це, метод може втратити точність при складних завданнях, оскільки існує багато можливих рішень для однієї задачі, що ускладнює пошук оптимального варіанту.

Динамічне програмування розглядає рух маніпулятора як послідовність дій, орієнтованих на мінімізацію заданих критеріїв (наприклад, час або енерговитрати). Цей метод є ефективним для задач оптимізації та планування траєкторій, особливо коли враховуються динамічні обмеження робота. Однак його застосування може бути обчислювально затратним у реальному часі при роботі в складних середовищах або для завдань із великою кількістю ступенів свободи [7].

Випадкові методи позиціонування та методи оптимізації** використовують випадкові точки для зменшення кількості проміжних точок на траєкторіях або застосовують оптимізаційні алгоритми для пошуку оптимальних рішень. Ці методи спрямовані на досягнення ефективного планування руху, особливо в умовах, де точні математичні моделі є складними або не доступними для використання.

Кожен із зазначених методів має свої переваги та недоліки, які слід враховувати під час вибору підходу для конкретних завдань у робототехніці.

Для проведення порівняльного аналізу вищевказаних підходів необхідно скласти таблицю, в якій буде відображено їх основні характеристики та відмінності (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняльний аналіз існуючих підходів

Підхід:	Особливості:	Переваги:	Обмеження:
Геометричне планування траєкторії	Визначає рух робота за геометричними характеристиками робочого простору	Забезпечує точне положення та орієнтацію робота	Складність вирішення задач для складних конфігурацій
		Зручне управління для користувача	Обмежена адаптація до змінних умов
Метод зворотної кінематики	Визначає вхідні кути або положення маніпулятора для досягнення певної точки	Ефективний у вирішенні задач для конкретних точок	Втрата точності в складних задачах
		Використовується у більшості систем керування	Велика кількість можливих розв'язків у складних задачах
Динамічне програмування	Розглядає рух маніпулятора як послідовність дій з мінімізацією критеріїв	Ефективний для оптимізації та планування траєкторій	Обчислювально витратний для реального часу
		Дозволяє враховувати динамічні обмеження робота	Складність у використанні в реальних часових умовах
Випадкові позиції та методи оптимізації	Використання випадкових точок	Скорочення кількості проміжних точок у траєкторіях	Залежність від початкового вибору випадкових точок
	Використання методів оптимізації	Досягнення оптимальних розв'язків	Потреба в обчислювальних ресурсах, особливо при складних задачах

Вирішення проблеми

Сучасні вимоги до автоматизованих систем зумовлюють необхідність розробки нових методів планування руху для забезпечення точності та оптимальності робототехнічних дій у динамічних виробничих середовищах. Нехай динаміка роботи в дискретному часі відбувається як f_χ:

$$x_{k+1} = f_\chi\left(x_k, u_k\right),$$

де $x_k \in \chi$ та $u_k \in U$ позначають стан і керуючий вхід системи на k-му кроці пошуку.

У роботі розглядаються статичні перешкоди та динамічні перешкоди, рух яких відомий. У цій статті траєкторія π визначається як ряд станів і команд керування рівнем:

$$\pi = \left(x_0, u_0, x_{t_0}, x_1, u_1, x_{t_1}, ..., x_k, u_k, x_{t_k}\right),$$

де t_k – крок у часі k-ї проміжної точки на траєкторії.

Існуючі підходи часто мають обмеження та не забезпечують необхідної гнучкості для вирішення динамічних сценаріїв виробництва. Ця потреба виникає

через притаманний динамізм виробничого середовища, в якому працюють роботи [8].

Для успішного маніпулювання об'єктом завдання буде розділено на завдання:

А. Визначення траєкторії з метою нейтралізації зіткнення

Оскільки вивчення повного простору розв'язків є дуже складним і погано масштабується для інших проблем, наш підхід починається з вивчення локального простору можливих розв'язків f_{local}:

$$f_{\text{local}}\left(x_k, \varphi_k \middle| x_{\text{goal}} \to u_k\right).$$

Простір локально можливих рішень складається з усіх можливих політик керування, які враховують лише стан локальної системи (наприклад, стан середовища φ_k, поточний стан робота x_k і цільовий стан χ_{goal}) і направляють робота від поточний стан до зони воріт за допомогою k-ої команди керування u_k кроки пошуку.

В. Аналіз середовища з метою визначення його особливостей

Оскільки в даній роботі розглядаються середовища зі статичними та динамічними перешкодами, геометричну та часову інформацію середовища необхідно представити у вигляді стану середовища φ_k на k-му кроці пошуку та використати у підзадачі визначення траєкторії для того, щоб нейтралізувати зіткнення.

С. Визначення керованих впливів для виконавчих органів з метою реалізації руху

Необхідно розрахувати час виконання та інтерполяцію руху робота між двома станами, щоб перевірити наявність зіткнень між роботом і перешкодами під час переходу з одного стану в інший на кожному кроці пошуку. Таким чином, запропонований підхід вивчає реалістичну високорівневу динаміку робота, керованого рухом.

Рішення проблеми

Для вирішення проблеми планування руху роботів-маніпуляторів пропонується використання інтелектуальних систем керування на основі нейронних мереж. Завдяки своїй гнучкості та здатності адаптуватися до мінливих умов, нейронні мережі відіграють ключову роль в оптимізації руху роботів, спрощуючи процеси калібрування їх компонентів і підвищуючи точність та швидкість роботи.

Висновок

Результатом є рекомендації щодо підходу до вирішення проблеми підвищення точності позиціонування та реагування на динамічні перешкоди роботів-маніпуляторів за допомогою нейронних мереж. Основні рекомендації включають наступне:

1) Поєднання згорткових нейронних мереж із рекурентними нейронними мережами, довготривалими короткочасними спогадами або мережами на основі механізму уваги (Трансформери) для врахування часових залежностей у динамічних сценах. Це забезпечує глибше розуміння рухів об'єктів і підвищує точність їх розпізнавання.

2) Використання LSTM і Transformer для прогнозування майбутніх положень об'єктів дозволяє ефективно планувати траєкторії руху маніпулятора з урахуванням можливих перешкод. Це скорочує час планування та підвищує загальну ефективність системи.

3) Створення мережі, яка перетворює команди високого рівня в специфічні керовані сигнали для виконавчих органів маніпулятора. Вхідний рівень отримує команди, приховані рівні обробляють інформацію, а вихідний рівень генерує певні керовані ефекти.

4) Використання зворотного зв'язку для адаптації параметрів мережі на основі вихідного сигналу та результатів виконаних рухів. Це дозволяє системі навчатися на реальних даних і коригувати свої дії для досягнення більшої точності та ефективності.

Реалізація цих рекомендацій дозволяє значно підвищити точність позиціонування роботів-маніпуляторів та їх здатність реагувати на динамічні перешкоди в режимі реального часу.

Список літератури

[1] A.V. Duka, “Neural Network based Inverse Kinematics Solutionfor Trajectory Tracking of a Robotic Arm,” *Procedia Technol*, 12, 20–27, 2014.https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.451

[2] D.G. Arseniev, L. Overmeyer, H. Kälviäinen, and B.Katalinić, *Cyber-Physical Systems and Control*, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34983-7

[3] S. Islam, and X.P. Liu, “RobustSliding Mode Control for Robot Manipulators,” *IEEE Trans. Ind. Electron*, 58, 2011,2444–2453. https://doi.org/10.1109/TIE.2010.2062472

[4] M.J. Yazdanpanah, G. Karimian Khosrowshahi, Robust Control of Mobile Robots Using the Computed Torque Plus H∞ Compensation Method. Available online: https://www.sciencegate.app/document/10.1109/cdc.2003.1273069

[5] S.B. Niku, “Industrial Robotics: Programming, Simulation and Applications,”*John Wiley&Sons*., 2010. https://doi.org/10.5772/40

[6] Ryo Kikuuwe, & Bernard Brogliato, “A New Representation of Systems with Frictional Unilateral Constraints and Its Baumgarte-Like Relaxation, ”*Multibody System Dynamics*, pp. 267–290, 2017. https://doi.org/10.1007/s11044-015-9491-6

[7] X. Wang, Q. Wu, T. Wang, and Y. Cui, “A Path-Planning Method to Significantly Reduce Local Oscillation of Manipulators Based on Velocity Potential Field, ”Sensors.2023. URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/23/23/9617.

[8] V. Khotsyanivskyi, & V. Sineglazov, “Machine learning in the task of auto-calibration of moving elements of robotic systems on the example of stepper motor control,”*In International scientific and technical conference “AVIA,”*Kyiv: National Aviation University, 2023,pp. 9.37–9.41. [in Ukraine]

UDC 004.032.26(045)

В.М. Синєглазов (д.т.н, професор), І.О. Юденко, М.І. Бондаренко
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Підвищення ефективності обробки зображень за рахунок використання згорткових автоенкодерів для видалення шумів

Дана стаття присвячена використанню згорткового автоенкодера для видалення шумів з зображення. Було досліджено архітектуру згорткового автоенкодера та перевірено його можливості на прикладах зашумлених зображень.

Використання згорткових автоенкодерів для видалення шумів.

На сьогоднішній день велике значення має обробка зображень отриманих за допомогою БПЛА. Складність поставленої проблеми полягає в наявності шумів, які впливають на якість отриманих зображень.

Для видалення шуму із зображень традиційно використовують різні фільтри, серед яких можна відзначити гаусівський, медіанний, білатеральний, нелінійний адаптивний [1; 2]. Останні роки для видалення шуму активно намагаються застосовувати моделі глибокого навчання [3–5], зокрема згорткові автоенкодери [6–8]. Дослідження їх можливостей для розв'язання даної задачі є актуальним і має великий практичний потенціал.

З метою зменшення впливу шумів на зображеннях класично використовують фільтрацію (наприклад, медіанний, гаусівський фільтри, тощо) [1; 2]. При цьому в процесі видалення шумів за допомогою фільтрів важливо дотримуватися балансу між зменшенням шуму та збереженням важливих деталей. Занадто агресивна фільтрація може призвести до втрати деталей і зміни характеру зображення.

В процесі польоту на отримані зображення можуть впливати наступні види шумів [1; 2]:

1. Гаусівський шум – це найпоширеніший вид шуму, який моделюється за допомогою гаусівського розподілу.

2. Шум Пуассона – він моделюється за допомогою розподілу Пуассона. Він імітує ефекти освітлення або електронного шуму на зображеннях.

3. Шум «сіль і перець» – це шум, при якому деякі пікселі приймають найвищі значення кольорової компоненти (сіль) або найнижче (перець). Він імітує втрату або дефекти пікселів, які можуть виникнути в результаті помилок під час збору або передачі зображень.

4. Шум Лапласа – даний тип шуму моделюється за допомогою розподілу Лапласа і дозволяє імітувати різні артефакти на зображеннях.

5. Змішаний шум – це комбінація шумів гаусівського і «сіль та перець».

6. Шум квантування – вид шуму, що виникає при конвертації аналогового сигналу в цифровий формат шляхом квантування.

Перед обробкою цих зображень для певних цілей необхідно видалити шуми, щоб отримати кращі результати. З метою покращення якості зображення пропонується використовувати штучні нейронні мережі.

Для розв'язання поставленої задачі пропонується використати згортковий автоенкодер. Ця модель в основному складається з вхідного шару, шару згортки, шару згортки, шару деконволюції та вихідного рівня. Кілька невеликих і лінійно з’єднаних блоків згорткового автокодувальника (CDA) [9; 10] використовуються на згорточному рівні та намагаються усунути це погіршення якості вхідного зображення. Структура згорткового автокодувальника (CDA) проілюстрована на рисунку 1.

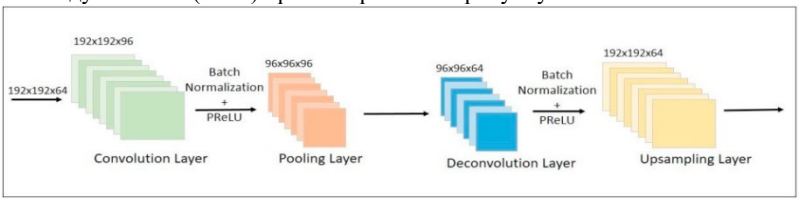


Рис. 1. Структура блоку Convolutional Denoising Autoencoder

Блок CDA включає чотири внутрішні рівні, які називаються шаром згортки, рівнем об’єднання, рівнем деконволюції та рівнем підвищення дискретизації. У цій моделі пакетна нормалізація та функція активації Parametric Rectified Linear Unit (PRelu) розгортаються між рівнем згортки та рівнем об’єднання, а також між рівнем деконволюції та рівнем підвищення дискретизації відповідно. Вихід CDA з'єднаний з його входом. Шари згортки з’єднані тут із шарами підвищення дискретизації прямими з’єднаннями. Це допомагає прискорити процес навчання.

На рисунку 2 показана загальна запропонована архітектура моделі. Він складається з вхідного шару, за яким слідує шар згортки [11]. Для обробки зображення використовується серія згорткових автокодерів із зменшенням шуму. Наприкінці два деконволюційних шари звикли повертати знешумлене зображення. З’єднання пропуску використовуються для зв’язування входу та виходу одного й того ж автокодувальника шумозаглушувача. Тут використовуються десять згорткових блоків автоматичного кодування шумів.

Використання таких пропускних з’єднань у запропонованій нами моделі має дві мети. По-перше, більш глибока гілка згладжує інформацію про колір більш реально, тоді як деякі дрібні деталі зображення можуть бути втрачені. Через це шару деконволюції може бути важко відновити зображення. Таким чином, пропуск підключення допомагає відновити деякі дрібніші деталі зображення. По-друге, з’єднання пропуску також дають переваги зворотному поширенню, що може значно полегшити навчання глибокої нейронної мережі. Функціональні зображення, передані пропускаючими з’єднаннями, передають багато деталей зображення, що сприяє деконволюції для реконструкції покращеного чистого зображення. З глибоких гілок загальна модель може ефективно розпізнавати згладжування кольорів за допомогою з’єднання пропуску.

Оцінювання якості моделей згорткових автоенкодерів проводилося із використанням наступних метрик [4]:

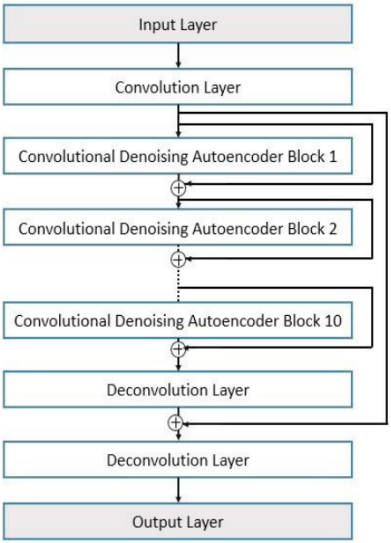


Рис. 2. Візуалізація запропонованої глибокої нейронної архітектури

1. Функція втрат. Було обрано MSE (Mean Squared Error), яка створюється на основі різниці між вихідними даними, відтвореними автоенкодером, і справжніми вхідними даними. Вона вимірює середньоквадратичну відстань між кожним пікселем вихідного та відповідним пікселем вхідного зображення.

2. PSNR (пікове співвідношення сигнал-шум). PSNR вимірює якість відновленого зображення, порівнюючи його з оригінальним зображенням. Метрика обчислюється як відношення максимально можливої потужності сигналу до середньоквадратичної помилки між оригінальним та відновленим зображенням. Вищі значення PSNR вказують на кращу якість відновленого зображення.

3. SSIM (індекс структурної схожості). Ця метрика вимірює схожість структури оригінального та відновленого зображень, враховуючи не лише яскравість і контраст, а й структурні елементи зображення. Значення SSIM лежить в області від -1 до 1, де 1 означає повну схожість між зображеннями.

В якості показників продуктивності для вимірювання продуктивності запропонованої системи використовуються PSNR (пікове відношення сигнал/шум) [12; 13] та SSIM (індекс структурної подібності) [14], які показані в рівняннях 1, 2 і 3. PSNR оцінює пікове значення співвідношення сигнал/шум між вихідним зображенням і реконструйованим зображенням, де високе значення PSNR вказує на хорошу якість реконструйованого зображення. SSIM використовується для вимірювання перцептивної різниці між оригінальним зображенням і реконструйованим/очищеним зображенням, де значення SSIM «1» вказує на те, що вихідне зображення ідентичне реконструйованому зображенню, а «< 1» вказує на те, що оригінальне зображення далеке від оригінального. реконструйоване зображення. Значення PSNR і SSIM для різних стандартних варіантів проілюстровано в таблиці 1.

$$PSNR = 10.\left(\frac{MAXIMUM_I^2}{MeanSquareError}\right) \quad (1)$$

Де $MAXIMUM_I$ — найбільше ймовірнісне значення зображення.

$$MeanSquareError = \frac{1}{mn}\sum_{p=0}^{m-1} \quad \sum_{q=0}^{n-1} \quad [I(p,q) - R(p,q)^2] \quad (2)$$

Для навчання згорткового автоенкодра можна використовувати наступні оптимізатори: середньоквадратичне розповсюдження (RMS Prop),

адаптивний імпульс (Adam), адаптивний імпульс Nesterov (Nadam), адаптивний максимальний об'єднання (Adamax) [15].

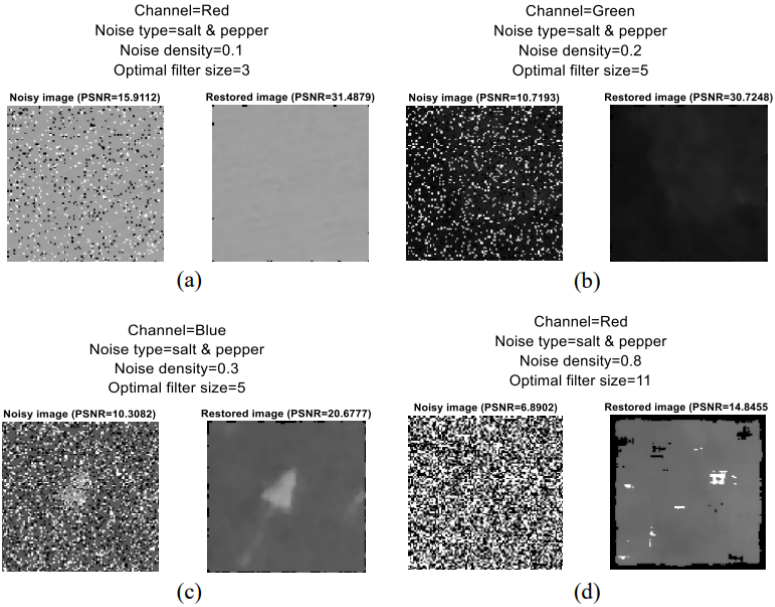


Рис. 4. Зашумлені та відновлені зображення на вибраних зразках для: (a) поверхні даху великого залу, (b) ландшафтної рослинності, (c) поверхні дороги та (d) поверхні даху балкона.

Висновок

У роботі запропоновано підхід для усунення шумів зображень оснований на використанні згорткових автоенкодерів. Проведені дослідження показали, що використання даного підходу дозволяє покращити якість зображення: відновити дуже зашумлене, розмите або навіть пошкоджене зображення без початкового зразка, яке буде майже ідентичне істині.

Список літератури

1. Gonzalez R., Woods R. Digital Image Processing, 4th Ed. – Pearson, 2017. – 1019 p. – Режим доступу: https://dl.icdst.org/pdfs/files4/01c56e081202b62bd7d3b4f8545775fb.pdf

2. Zeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications, 2nd Ed. – Springer, 2022. – 1206 p. – Режим доступу: https://szeliski.org/Book/

3. Elad M., Kawar B., Vaksman G. Image Denoising: The Deep Learning Revolution and Beyond -- A Survey Paper [Електронний ресурс] // SIAM Journal on Imaging Sciences. – 2023. – Vol. 16(3). – P. 1594-1654. – Режим доступу: https://arxiv.org/pdf/2301.03362.pdf

4. Chintan D. Image De-noising Using Deep Learning [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: https://pub.towardsai.net/image-de-noising-using-deep-learning-1a8334c81f06

5. Solomon S. Image Denoising using Deep Learning [Електронний ресурс]. –2021. – Режим доступу: https://medium.com/analytics-vidhya/image-denoising-using-deep-learning-dc2b19a3fd54

6. Chaudhary K. Denoising AutoEncoders can reduce noise in images [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://medium.com/game-of-bits/denoising-autoencoders-can-reduce-noise-in-images-5b74753eaf97

7. Goyal C. Image Denoising using AutoEncoders - A Beginner's Guide to Deep Learning Project [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/07/image-denoising-using-autoencoders-a-beginners-guide-to-deep-learning-project/

8. Kuo C. Convolutional Autoencoders for Image Noise Reduction [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: https://towardsdatascience.com/convolutional-autoencoders-for-image-noise-reduction-32fce9fc1763

9. Larrue, Tara, et al. "Denoising Videos with Convolutional Autoencoders." (2018).

10. Jain, Viren, and Sebastian Seung. "Natural image denoising with convolutional networks." Advances in neural information processing systems. 2009.

11. U. Ojha, U. Adhikari and D. K. Singh, "Image annotation using deep learning: A review." In: International Conference on Intelligent Computing and Control (I2C2), Coimbatore, 2017, pp. 1-5

12. Huynh-Thu, Quan, and Mohammed Ghanbari. "Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment." Electronics letters. 44.13 (2008): 800-801.

13. Ansari, Mohd & Kurchaniya, Diksha & Dixit, Manish. (2017). "A Comprehensive Analysis of Image Edge Detection Techniques." International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering. 12. 1-12

14. Hasan, M. and El-Sakka. "Improved BM3D image denoising using SSIM-optimized Wiener filter." M. J Image Video Proc. 2018: 25

15. Yaqub, M., Feng, J., Zia, M., Arshid, K., Jia, K., and Rehman, Z., "State-of-the-art CNN optimizer for brain tumor segmentation in magnetic resonance images", Brain Sciences, 10: 1–19, (2020).

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

В.М. Синєглазов, В.І. Челкован
(Національний авіаційний університет, Україна)

Використання генетичного алгоритму для оптимізації ваг нечітких когнітивних карт

Дану роботу присвячено процедурі визначення ваг когнітивних карт в задачах стратегічного планування. Для розв'язання поставленої задачі запропоновано використання генетичного алгоритму. Проведено аналіз ефективності різних версій генетичного алгоритму.

Вступ

Когнітивні карти часто використовуються для різних завдань, які передбачають стратегічне планування з багатьма факторами впливу. В сучасному світі, нові методи аналізу великих даних дозволяє знаходити нові зв'язки між різними факторами. Через складність подібних моделей, навіть експерти можуть визначити залежність між факторами лише семантично.За допомогою алгоритмів регресії, можливо встановити точні значення цих взаємодій.

Вперше концепт когнітивних карт був сформульований в 1948 році, в роботі «Когнітивні карти людей та щурів» американського психолога Едварда Чейса Толмана, в основі якої лежав наступний експеримент:щура поміщали в хрестовидний лабіринт і дозволяли йому досліджувати його. Після цього початкового етапу, щура поміщали в один рукав хреста, а їжу клали в сусідній рукав праворуч від нього. Щур привчався до такого розташування і звик повертати направо на перехресті, щоб дістатися до їжі. Однак, коли пацюк був розміщений в інших рукавах лабіринту, він все одно йшов у правильному напрямку, щоб отримати їжу, завдяки початковій когнітивній карті, сформованій в результаті початкового дослідження.

Подальші дослідження в данній області поєднали концепцію когнітивних карт з нечіткою логікою. Політолог Роберт Аксельрод запровадив когнітивні карти в 1970-х роках для представлення наукових знань в гуманітарних науках. Засновуючись на його дослідженнях, Бартош Коско сформулював першу концепцію нечітких когніивних карт.В його роботі, нечіткі КК визначаються як нечіткі графові структури для представлення причинно-наслідкових міркувань. Їх нечіткість дозволяє встановлювати нечіткі ступені причинності між нечіткими причинними об'єктами (поняттями). Їх графова структура дозволяє систематично поширювати причинно-наслідкові зв'язки, зокрема, прямі та зворотні ланцюжки, а також дозволяє розширювати бази знань, поєднуючи різні НКК.

Нечітка когнітивна карта та її властивості

Нечіткі когнітивні карти - це знакові нечіткі орієнтовані графи. Електронні таблиці або таблиці використовуються для відображення НКК в матриці для подальших обчислень. НКК - це техніка, яка використовується для

отримання та представлення причинно-наслідкових знань, вона підтримує процес причинно-наслідкових міркувань і належить до нейро-нечітких систем, які спрямовані на вирішення проблем прийняття рішень, моделювання та імітацію складних систем. Алгоритми навчання були запропоновані для навчання та оновлення вагових коефіцієнтів НКК в основному на основі ідей, що походять з області штучних нейронних мереж. Методології адаптації та навчання, що використовуються для адаптації моделі НКК та коригування її вагових коефіцієнтів. Коско і Дікерсон (Dickerson & Kosko, 1994) запропонували диференціальне геббіанське навчання (DHL) для навчання НКК. Було запропоновано алгоритми, засновані на початковому алгоритмі Хеббіана; інші алгоритми походять з області генетичних алгоритмів, ройового інтелекту та еволюційних обчислень. Алгоритми навчання використовуються для подолання недоліків традиційних НКК, тобто зменшення втручання людини за рахунок запропонованих автоматизованих кандидатів у НКК; або за рахунок активації лише найбільш релевантних концепцій при кожному виконанні; або за рахунок підвищення прозорості та динамічності моделей.

4 випадки, коли FCM особливо підходить:

- Випадки, коли важка для кількісної оцінки людська поведінка відіграє значну роль.

- Випадки, коли достовірні наукові дані є неповними або повністю відсутні, але є місцеві, некількісні та традиційні знання.

- Для дуже складних питань, які включають багато різних позицій, але не мають простих або правильних відповідей. У таких випадках пошук компромісів часто є єдиним рішенням.

- Випадки, коли бажано врахувати громадську думку. НКК також сприяє покращенню обміну інформацією між сторонами.

Нечіткі когнітивні карти - це методи м'яких обчислень, які використовуються для моделювання складних систем і виражаються у вигляді графів. Сьогодні ФКМ використовуються для вирішення багатьох дисциплін, таких як охорона здоров'я, енергетика, бізнес, фінанси та комп'ютерні науки. ФКМ позначаються як F (C, W). Тут; - Ci і-те поняття належить до ОДК,- Wij - вага околу між і-ю та j-ю вершинами ОДК. - Wij може мати значення в діапазоні [-1,1]. FCM зазвичай мають ітеративну структуру.

Концепції (C): FCM складається з набору концепцій, які представляють різні фактори, що впливають на систему. Концепції можуть бути дискретними або неперервними, і їх значення можуть приймати будь-які значення в заданому діапазоні. Впливи (Influences): FCM також визначає впливи між різними концепціями. Вплив може бути позитивним або негативним, і його сила може приймати будьяке значення в заданому діапазоні. Матриця впливів: Впливи між концепціями представлені в матриці впливів. Матриця впливів є квадратною матрицею розміру n x n, де n - кількість концепцій у FCM.

Influence однієї концпепції на іншу інтерпретується як лінгвістина змінна, яка бере значення з $U = [-1,1]$, а в якості множини термінів пропонується використовувати: T(influence) = {negatively very strong, negatively strong, negatively medium, negatively weak, zero, positively weak,

positively medium, positively strong, positively very strong}. Семантичне правило M визначається наступним чином, а терміни характерезуються нечіткими (fuzzy) множинами, функції належності котрих наведені на графіку 1. M(negatively very strong) = нечітка множина для ‘вплив менший – 75%’ з функцією належності μnvs.

Оскільки нечіткі множини описуються функціями належності, а t-норми та k-норми звичайними математичними операціями, можна уявити нечіткі логічні міркування у вигляді нейронної мережі. Для цього функції приналежності треба інтерпретувати як функції активації нейронів, передачу сигналів як зв'язку, а логічні t-норми та k-норми, як спеціальні види нейронів, що виконують математичні відповідні операції. Існує велика різноманітність подібних нейро-нечітких мереж. Наприклад, ANFIS (Adaptive Neuro fuzzy Inference System) — адаптивна нейро-нечітка система виводу.

Завдання знаходження підсумкового взаємовпливу концептів полягає у визначенні сукупного причинного ефекту від концепту еі до концепту ej (еі→ ek1→ …→ekn→ej) на графі відповідної когнітивної карти, що задається нечіткою матрицею. Формально причинно-наслідковий шлях визначається таким чином: еі → ej: (i,kr1,kr2,…,krn,j)=Pr. Для знаходження причинно-наслідкового шляху можна використовувати операції Т-норми і S-норми, що моделюють, відповідно, зв'язки «І» і «АБО» в нечіткій логіці. Позначимо через w'(ei ,ej) сукупний взаємовплив концептів еі та ej , тоді він обчислюється за формулою: w'(ei ,ej) =S^m_r=1(Tp є Pi(w(ep,ep+1)))де S - оператор S-норми (аналог логічного «АБО»), T - оператор Т-норми (аналог логічного «І»). У всіх розглянутих нами роботах як Т-норму приймають або оператор MIN, або PROD (добуток складових), а як S-норму - оператор MAX. На думку автора, це пояснюється тим, що безпосередньо для розрахунку підсумкового взаємовпливу застосовується запропонований В.Б. Силовим алгоритм.

Статичний аналіз когнітивних карт Силова складається з кількох етапів: 1. Визначення підсумкового (сукупного) взаємовпливу чинників один на одного, враховуючи як прямий вплив, так і опосередкований, коли один чинник впливає на інший через ланцюжок проміжних чинників. Будується матриця взаємовпливу.

2. За матрицею підсумкового взаємовпливу розраховуються системні показники когнітивної карти, такі як вплив концепту на систему, вплив системи на концепт.

3 За отриманими показниками проводяться аналізи взаємовпливу чинників один на одного, стійкості карти. Таким чином, статичний аналіз когнітивної карти ґрунтується на матриці взаємовпливів.

Нечітка причинно-наслідкова алгебра керує причинно-наслідковим поширенням та причинно-наслідковою комбінацією на FCM. Таким чином, вона керує прямим і зворотним ланцюжком на FCM. Алгебра, розроблена нижче, залежить лише від часткового впорядкування на P, набору діапазонів нечіткої каузальної реберної функції e та загальних властивостей нечітких графів (наприклад, з'єднання шляхів). Алгебра поширюється на будь-яку схему представлення знань у вигляді диграфа.

Використані алгоритми

Fcmpy - це Python-бібліотека для автоматичної генерації причинних ваг для нечітких когнітивних карт на основі семантичних вхідних даних (з використанням нечіткої логіки), оптимізації матриці зв'язків FCM за допомогою алгоритмів машинного навчання та тестування сценаріїв "що було б, якби". До складу пакету входять наступні підмодулі:

Модуль ExpertFcm містить методи для отримання причинно-наслідкових ваг НКК на основі якісних даних.

Модуль FcmSimulator надає методи для проведення симуляцій на основі заданої структури НКК .

Модуль FcmIntervention дозволяє тестувати сценарії "що, якщо" на заданих НКК .

Для дослідження обрані дві існуючі когнітивні карти з агрегатору kaggle – Life та River.

Life складається з шести параметрів: Life satisfaction, Family relationships, Money, Success in work, Hobby, Time to work. Life satisfaction – цільовий параметр, Time to work – вхідний параметр.

Висновки

Розглянуто використання нечітких когнітивних карт для розв’язання задачі інтелектуального прийняття рішень в складних умовах.Розроблено алгоритм розв’язання поставленої задачі та запропоновано програмне забезпечення з визначеною структурою. Використання розробленого програмного забезпечення дозволило розв’язати задачу прийняття рішень в багато параметричній ігровій задачі.

Список літератури

[1]. Силов В. Б.«Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке», Москва, 1995, ISBN 5-7532-0033-8

[2]. Rotshtein, Alexander. (2019). Нечеткие когнитивные карты в анализе надежности систем. 4. 24-31.

[3]. Bart Kosko, Fuzzy cognitive maps, 1986, International Journal Man-Machine Studies. 24, 65-75

[4]. Marta Bottero, Giulia Datola, Roberto Monaco. Fuzzy Cognitive Maps: a dynamic approach for urban regeneration processesevaluation, journal valori e valutazioni No. 23 – 2019, 77-90

[5]. T. G. Altundogan and M. Karakose, "A New Deep Neural Network Based Dynamic Fuzzy Cognitive Map Weight Updating Approach," *2019 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, Malatya, Turkey, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IDAP.2019.8875947.

[6]. Design of fuzzy cognitive maps using neural networks for predicting chaotictime series H.J. Song, C.Y. Miao, Z.Q. Shen, W. Roel, D.H. Maja, C. Francky. Neural Networks 23 (2010) 1264-1275

[7]. Bart Kosko: Fuzzy Thinking, 1993/1995, ISBN 0-7868-8021-X

[8]. Daily Mail online (28 April 2010)

[9]. www.fcmappers.net

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

В.М. Синєглазов, д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)
П.А. Чинник
(НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Україна)

Нові квантові оператори у задачі розпізнаванні зображень

У даній роботі запропоновано нові параметризованні квантові оператори для машинного навчання. Розглянуто їх використання у машинному навчанні. Зроблено порівняння квантових моделей: квантова модель на основі запропонованих квантових операторів, квантова модель на основі класичних параметризованих квантових операторів.

Нові квантові оператори в задачах розпізнавання зображень відкривають нові горизонти для розвитку комп'ютерного зору та машинного навчання. Квантові алгоритми, використовуючи феномени квантової суперпозиції та заплутаності, мають потенціал значно покращити ефективність та точність аналізу великих обсягів даних зображень. У даній доповіді демонструються можливості застосування нових квантових операторів для розпізнавання зображень, а також оцінюється їх вплив на продуктивність і якість алгоритмів у порівнянні з класичними операторами.

У квантових моделей машинного навчання основному використовують параметризовані оператори Rx(θ) і Ry(θ)

$$Rx(\theta) = \begin{bmatrix} cos\frac{\theta}{2} & -isin\frac{\theta}{2} \\ -isin\frac{\theta}{2} & cos\frac{\theta}{2} \end{bmatrix}$$

$$Ry(\theta) = \begin{bmatrix} cos\frac{\theta}{2} & -sin\frac{\theta}{2} \\ sin\frac{\theta}{2} & cos\frac{\theta}{2} \end{bmatrix}$$

Як ми бачимо у квантовому операторі фігурують тригонометричні функції, звідси слідує, що квантовий стан системи буде залежати від цих періодичних функцій і наше математичне сподівання спостереження буде залежати від тригонометричної функції. Із-за того, що це є періодична функція нам важко робити навчання квантової моделі, тому що ми обмеженні в певному інтервалі. Якщо ми будемо виходити з цього інтервалу, то ми отримуватимемо

знову ті самі значення тригонометричної функції, що означає, що ми отримуватимемо одні й ті самі квантові стани.

Тому ми пропонуємо замість тригонометричних функцій, використовувати гіперболічні функції, у яких немає періодів.

Нижче продемонстровано гіперболічний оператор Hx(x) і Hy(x)

$$Hx(x) = \frac{1}{\sqrt{ch^2(x) + sh^2(x)}} \begin{bmatrix} ch(x) & -ish(x) \\ ish(x) & ch(x) \end{bmatrix}$$

$$Hy(x) = \frac{1}{\sqrt{ch^2(x) + sh^2(x)}} \begin{bmatrix} ch(x) & -sh(x) \\ sh(x) & ch(x) \end{bmatrix}$$

Тепер продемонструємо результати навчання на датасеті MNIST. Розмір датасету 100 зображень: 50 – п'ятірок і 50 – одиниць. 70 об'єктів були в тренувальній виборці, а 30 об'єктів у тестовій виборці. Навчання відбувалося за допомогою алгоритму Adam з 300 ітерацій. Функція помилки MSE. Топологія мережі [2] наведена на рис. 1

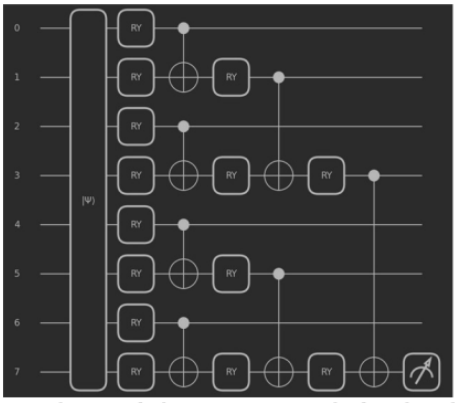


Рис. 1. Топологія квантової моделі машинного навчання

На рисунку 2 наведено графік зменшення помилки моделі на основі оператора Ry.

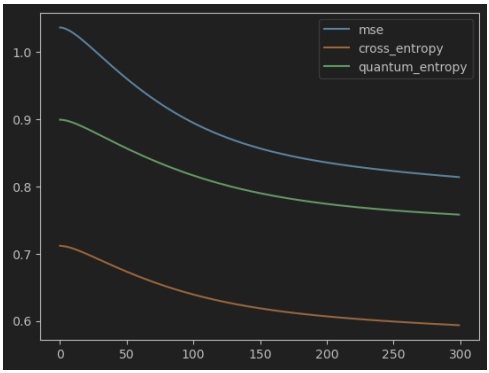


Рис. 2. Графік помилки моделі на базі оператора Ry

Результати навчання і прогнозування даної моделі наведенні в табл. 1

Таблиця 1

Результати прогнозування моделі на операторі Ry

Результати прогнозування не втішні.

Тепер розглянемо на гіперболічних операторах. Як можемо бачити за рисунком 3, швидкість і якість навчання краща, ніж при використання класичних квантових операторів.

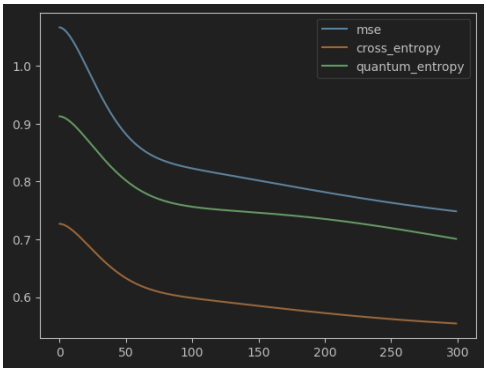


Рис. 3. Графік помилки моделі на базі оператора Ну

Як можемо бачити, швидкість навчання моделі швидше, порівнянно з квантової моделі на базі Ry.

У таблиці 2 можемо бачити результати навчання і прогнозування моделі на базі Ну.

Таблиця 2

Результати прогнозування моделі на операторі Ну

Висновок

Результати експериментів продемонстрували, що квантові моделі, які базуються на гіперболічних операторах демонструють чудові характеристики навчання, порівняно з класичними квантовими операторами, які базують на тригонометричних функціях. На гіперболічних операторах модель навчається швидше і при цьому ми отримуємо результати навчання не гірші, ніж при використанні класичних операторах. На датасеті MNIST ми отримали помилку меншу, ніж при використанні класичних операторах, що демонструють метрики. Такого результату вдалося досягти, тому що гіперболічні функції не є періодичними і коли ми прямуємо до плюс чи до мінус нескінечності, тим самим математичне сподівання спостереження прямує до 1 чи до -1.

Список літератури

1. M. Cerezo, Andrew Arrasmith, Ryan Babbush, Simon C. Benjamin, Suguru Endo, Keisuke Fujii, Jarrod R. McClean, Kosuke Mitarai, Xiao Yuan, Lukasz Cincio, and Patrick J. Coles (2019). Variational Quantum Algorithms [Online]. Available: https://arxiv.org/pdf/2012.09265.pdf

2. Diego Guala, Shaoming Zhang, Esther Cruz, Carlos A. Riofrío, Johannes Klepsch, Juan Miguel Arrazola (2023). Practical overview of image classification with tensor-network quantum circuits [Online]. Available: https://www.nature.com/articles/s41598-023-30258-y

3. L. Wright, F. Barratt, J. Dborin, V. Wimalaweera, B. Coyle, and A. G. Green (2022). Deterministic Tensor Network Classifiers [Online]. Available: https://arxiv.org/pdf/2205.09768.pdf

4. Diederik P. Kingma, Jimmy Lei Ba (2014). Adam: A Method For Stochastic Optimization [Online]. Available: https://arxiv.org/pdf/1412.6980

УДК 340.113:004.8(043.2)

В.М. Синєглазов
(Національний авіаційний університет, Україна)
Д.О. Бондаренко
(НТУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

Гібридна система на основі штучного інтелекту для класифікації кримінальних справ та аналізу доказів

У статті описано гібридну систему для класифікації кримінальних справ і аналізу доказів на основі штучного інтелекту. Система використовує моделі BERT, C4.5, LDA та SVM для підвищення ефективності автоматизації юридичного аналізу й пошуку аналогічних судових рішень.

Автоматизація юридичного аналізу відіграє важливу роль у забезпеченні справедливості та послідовності судових рішень. Використання сучасних технологій, зокрема систем штучного інтелекту для автоматичного пошуку схожих судових прецедентів, дозволяє значно прискорити процес прийняття рішень, знижуючи ризики людських помилок та забезпечуючи доступ до великого масиву юридичної інформації. Такий підхід підвищує якість аналізу справ і сприяє винесенню більш обґрунтованих і послідовних судових рішень. Загалом функціонал системи поділяється на 3 частини:

1) Виділення статей кримінального кодексу, до яких можна віднести справу.
2) Класифікація доказової бази за виділеними статтями, що дозволить прокурору вирішити чи достатньо цього для відкриття кримінального провадження
3) Пошук схожих судових рішень

Розглянемо кожне завдання системи більш детально.

Виділення статей кримінального кодексу

Одним із ключових завдань системи є автоматична класифікація кримінальних справ на основі відповідних статей законодавства, що можуть бути застосовані для висунення обвинувачень підозрюваним. Використання двоетапного підходу до класифікації дозволяє системі більш точно визначати перелік статей, які потенційно можуть бути застосовані до конкретної справи. Нижче наведено детальний опис процесу аналізу тексту на цьому етапі.

1) **Семантичне кодування:** На початковому етапі система здійснює семантичне кодування всіх текстових даних за допомогою мовної моделі BERT. Оскільки юридичні документи зазвичай характеризуються значною довжиною та складними формулюваннями, текст поділяється на параграфи, і кожен з них аналізується окремо. Модель BERT забезпечує розуміння контексту та значення слів у кожному параграфі, що дозволяє створити цілісне уявлення про зміст документа.

2) **Вилучення фактів:** На цьому етапі система витягує ключові факти з текстового файлу, застосовуючи класичні методи обробки природної мови (NLP), такі як токенізація, видалення стоп-слів, лематизація та стемінг. Додатково застосовується метод розпізнавання іменованих сутностей (NER) для ідентифікації ключових юридичних сутностей, таких як імена учасників (наприклад, жертва, обвинувачений), місця події, об'єкти (зброя, транспортні засоби), дії (удари, погрози), а також характеристик (тяжкість травм).
3) **Класифікація фактів за діагностичними питаннями:** Після вилучення фактів система використовує модульну штучну нейронну мережу (mANN) для їх класифікації на основі заздалегідь визначених діагностичних питань. Наприклад, система визначає "рівень насильства" або "тяжкість травм" на основі зібраних даних.

4) **Застосування юридичних елементів:** На наступному етапі система застосовує метод C4.5 (дерева рішень) для співставлення класифікованих діагностичних питань з юридичними елементами, що зберігаються в базі даних. Це дозволяє визначити, які статті закону можуть бути застосовані до справи. Наприклад, у випадку, якщо система ідентифікує високий рівень насильства, вона може рекомендувати більш серйозні звинувачення.

Класифікація доказової бази

Система буде мати здатність оцінювати достатність наявних доказів для порушення кримінальної справи, порівнюючи наявні факти з відповідними положеннями законодавства. Система групуватиме докази таким чином, щоб вони відповідали певній статті закону, на основі чого користувач зможе оцінити, чи достатньо доказової бази для порушення кримінальної справи за цією статтею. Оскільки система оперує обмеженим переліком статей, до яких може бути віднесена дана справа, завдання зводиться до класичної задачі класифікації. Для реалізації цього функціоналу необхідно використовувати розмічені дані у форматі «доказ – стаття», на основі яких можна навчити стандартні класифікаційні алгоритми, такі як SupportVectorMachines (SVM).

Пошук схожих судових рішень

Додатково, система також може бути використана для пошуку рішень у попередніх або схожих судових справах. Пошук аналогічних справ здійснюється за допомогою інтеграції кількох видів інформації: ключових термінів, знайдених у тексті, семантичного кодування тексту, а також тематичної інформації, яка міститься у документі. Комбінуючи ці три фактори, система формує комплексне представлення змісту тексту і використовує це представлення для порівняння енкодингів текстів з метою визначення ступеня їхньої подібності.

Процес виділення ключових термінів та семантичного кодування було розглянуто у попередніх пунктах, тому розглянемо більш детально етап тематичного кодування. Також до функціоналу проектованої системи відноситься генерація звітів, в яких надаються результати аналізу, включаючи

діагностичні питання, відповідні статті закону та запропоновані санкції. Це сприяє автоматизації процесу юридичного аналізу, роблячи його більш оперативним і менш схильним до суб'єктивних помилок.

Для навчання системи використовуються різні текстові документи, включаючи детальні описи інцидентів, результати розслідувань, свідчення та судові рішення. Перед тим як використовувати ці документи для навчання системи, вони повинні пройти через стандартні етапи попередньої обробки текстових даних:

- **Токенізація**: Поділ тексту на окремі слова або фрази (токени).
- **Видалення стоп-слів**: Видалення з тексту загальновживаних слів (наприклад, «і», «або», «в»), які не несуть значної інформації для аналізу.
- **Лематизація та стемінг**: Приведення слів до їх базових форм. Лематизація дозволяє звести всі форми слова до однієї базової форми (наприклад, "йшов", "йшла" — до "йти").
- **Розбивка на речення**: Текст розбивається на окремі речення для полегшення подальшого аналізу.

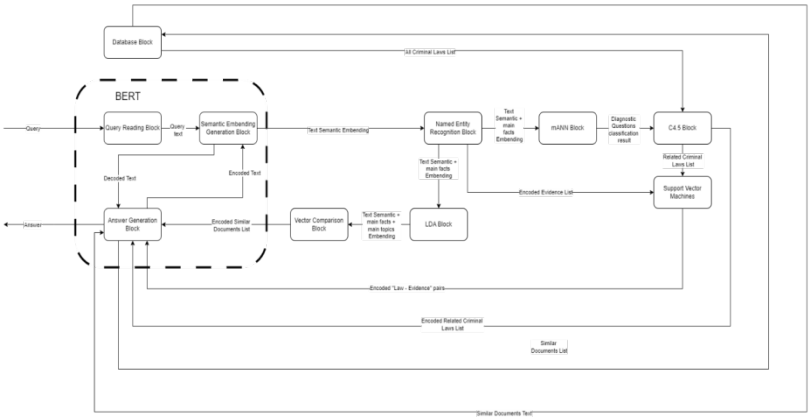


Рис.1 Архітектура системи

Система складається з кількох ключових блоків, кожен з яких виконує свою специфічну функцію в загальному процесі аналізу та класифікації кримінальних справ. Нижче наведено детальний опис функцій кожного блоку та їх взаємодії в рамках системи.

1) **BERT Block (Мовна модель)**: Цей блок є центральним елементом системи і відповідає за обробку та розуміння запитів користувачів. BERT (BidirectionalEncoderRepresentationsfromTransformers) використовується для семантичного кодування запитів та текстів документів. Він забезпечує глибоке розуміння контексту запиту та його відповідність наявній базі даних. Після аналізу запиту блок

BERT може генерувати відповіді на основі даних, отриманих від інших компонентів системи.

2) **NamedEntityRecognitionBlock (NER Block)**: Цей блок відповідає за розпізнавання та виділення ключових фактів з тексту, таких як імена учасників, місця подій, об'єкти злочинів та інші важливі сутності. NER використовується для створення структурованого представлення неструктурованих текстів, що дозволяє краще зрозуміти зміст документів і підготувати їх для подальшого аналізу в інших блоках. Результати роботи цього блоку передаються до наступних етапів класифікації.
3) **mANNBlock (Модульна штучна нейронна мережа)**: Після виділення ключових фактів, вони передаються до блоку mANN, який відповідає за класифікацію цих фактів згідно з діагностичними питаннями. Цей блок використовує штучну нейронну мережу для визначення того, які категорії діагностичних питань відповідають конкретним фактам, таким як "рівень насильства", "тяжкість травм", "наявність зброї" та інші. Це дозволяє системі краще зрозуміти контекст справи та підготувати її для наступного етапу класифікації.
4) **C4.5 Block (Дерева рішень C4.5)**: Після класифікації фактів за діагностичними питаннями, блок C4.5 відповідає за класифікацію кримінальних справ відповідно до статей кримінального кодексу. Метод дерев рішень C4.5 забезпечує інтерпретованість результатів класифікації, що важливо для правового аналізу. Він зіставляє отримані факти з правовими нормами та визначає, які статті закону можуть бути застосовані в даній справі.
5) **SupportVectorMachines (SVM Block)**: Цей блок відповідає за класифікацію доказів, виявлених під час аналізу текстів, відповідно до відповідних статей закону. SupportVectorMachines (SVM) використовуються для побудови класифікатора, який може зіставляти докази з певними правовими статтями на основі попередньо розмічених даних.
6) **LDA Block (LatentDirichletAllocation)**: LDA використовується для тематичного моделювання тексту, що дозволяє визначати основні теми, які обговорюються в документах. Цей блок класифікує текст на кілька тем, кожна з яких складається з набору пов'язаних понять. Тематичне моделювання дозволяє краще зрозуміти зміст справи, виявляючи ключові теми, які можуть бути важливими для подальшого аналізу та пошуку аналогічних справ.
7) **VectorComparisonBlock (Блок порівняння векторів)**: Після тематичного та семантичного кодування текстів документи представляються у вигляді векторів. Блок порівняння векторів відповідає за порівняння текстів на основі отриманих векторних представлень. Він визначає ступінь схожості між документами і створює список релевантних справ для подальшого аналізу. Це дозволяє системі знаходити аналогічні справи на основі змістовного

аналізу документів, навіть якщо термінологія або формулювання відрізняються.

8) **DatabaseBlock (Блок бази даних)**: Блок бази даних зберігає всі документи, включаючи статті кримінального кодексу та тексти попередніх справ. Він взаємодіє з іншими блоками, забезпечуючи доступ до необхідної інформації для порівняння та класифікації. Документи, знайдені як релевантні під час пошуку, витягуються з бази даних і використовуються для подальшого аналізу або створення звітів.

Висновки

Проектована гібридна система штучного інтелекту має на меті автоматизацію процесів класифікації кримінальних справ, аналізу доказів та пошуку аналогічних судових рішень, що значно покращить ефективність юридичного аналізу. Однією з основних переваг системи є її здатність поєднувати різноманітні методи, такі як семантичне кодування через BERT, тематичне моделювання за допомогою LDA, а також точну класифікацію фактів і доказів за допомогою алгоритмів C4.5 і SVM. Це забезпечить системі гнучкість і точність у роботі з великими масивами неструктурованих текстів, що є ключовим аспектом у роботі з кримінальними справами.Особливістю системи є її багаторівневий підхід до обробки інформації, що дозволяє проводити комплексний аналіз текстових даних з урахуванням як семантичного, так і тематичного контексту.У перспективі ця система здатна значно знизити ризик людських помилок, оптимізувати процес підготовки до судових розглядів і покращити доступ до релевантних юридичних прецедентів, що робить її інноваційним інструментом для роботи прокурорів та інших правозахисних органів.

Список літератури

1) Weifeng H. BERT_LF: A Similar Case Retrieval Method Based on Legal Facts [Електроннийресурс] / H. Weifeng, Z. Siwen, Z. Qiang // Wireless Communications and Mobile Computing. – 2022. – Режимдоступудоресурсу: https://doi.org/10.1155/2022/2511147.

2) Ezdihar B. Text mining and machine learning for crime classification: using unstructured narrative court documents in police academic [Електроннийресурс] / B. Ezdihar, B. Arwa, M. Rsha // Cogent Engineering. – 2024. – Режимдоступудоресурсу: https://doi.org/10.1080/23311916.2024.235985.

3) Sotarat T. A Framework of Multi-Stage Classifier for Identifying Criminal Law Sentences [Електроннийресурс] / T. Sotarat, W. Bunthit, C. Nipon // Procedia Computer Science 13. – 2012. – Режимдоступудоресурсу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091200720X.

UDC 629.7:519.6.004.3:004.94.8

В.М. Синєглазов, д.т.н., проф., Д.В. Таранов
(Національний авіаційний університет, Україна)

Нейромережева система автозахоплення та трекінгу цілі FPV дроном з автономним зворотним зв'язком

У цій статті представлено концепцію системи автозахоплення цілі FPV дроном на основі нейронних мереж. Після підтвердження цілі оператором, дрон використовує зворотний зв'язок від нейромережі для постійного коригування своєї траєкторії та слідування за ціллю. Розглянуто алгоритми виявлення, трекінгу та зворотного зв'язку, що забезпечують високу точність і надійність системи в режимі реального часу.

Вступ

Запропонована концепція системи захоплення цілі FPV безпілотника складається з трьох ключових етапів, кожен з яких реалізується за допомогою відповідних алгоритмів та нейронних мереж. Ці етапи включають виявлення цілі, супроводження цілі та зворотній зв'язок для корекції траєкторії польоту безпілотника.

Огляд літератури

Це дослідження базується на роботах, що охоплюють різні аспекти автозахоплення, трекінгу цілей і управління дронами з використанням нейронних мереж та алгоритмів глибокого навчання.

Keller та Ben-Moshe (1) досліджують методи приземлення дронів на рухомі цілі, що є основою для розробки адаптивних алгоритмів трекінгу в нашій системі . Saripalli (2) пропонує методи візуального керування для точного визначення цілей, що застосовано у нашому підході до трекінгу . Khreis та ін. (3) представляють алгоритм виявлення цілей в реальному часі, що послужив базою для нашої системи виявлення .

Роботи Vidovic та Popovic (4) і Piątkowski та Stolarz (5) досліджують легкі нейронні мережі та методи керування на основі візуальної інформації, що дозволило оптимізувати нашу систему для роботи в реальному часі(FPV) . Огляди Yao та ін. (6) і Benmohamed та Snoussi (7) підкреслюють важливість глибокого навчання в автономній навігації та трекінгу цілей для дронів .

Загалом, ці роботи забезпечують фундаментальні технічні рішення, що дозволяють інтегрувати нейронні мережі та алгоритми трекінгу в систему автозахоплення цілі FPV дроном, забезпечуючи її точність та ефективність.

Загальна алгоритмічна база дослідження

Запропонована система автоматичного виявлення та супроводження цілей для БПЛА FPV базується на декількох ключових алгоритмах, які працюють в інтегрованому середовищі та забезпечують ефективне виявлення, супроводження та наведення на ціль в реальному часі. Система складається з таких основних компонентів:

Алгоритм виявлення цілей:

Основний компонент системи, що відповідає за виявлення цілей у відеопотоці, який надходить з FPV-камери безпілотника. Мережа використовує згорткові шари для вилучення особливостей зображення і тому здатна ідентифікувати та класифікувати об'єкти на основі попереднього навчання. Алгоритм працює в режимі реального часу, тому ідентифікує цілі швидко і точно, що має вирішальне значення для успіху місії.

Алгоритм відстеження цілей:

Фільтр Калмана: використовується для безперервного відстеження положення цілі після її виявлення. Фільтр Калмана робить прогнози на основі попередніх даних, щоб компенсувати випадкову втрату сигналу або миттєві перешкоди при виявленні. Це забезпечує стабільне відстеження цілі навіть у складних умовах, коли ціль рухається або на неї впливають зовнішні чинники.

Зворотний зв'язок і алгоритм корекції траєкторії:

Система зворотного зв'язку: взаємодіє з нейронною мережею для постійного оновлення координат цілі та передачі цих даних до системи керування безпілотником. Зворотний зв'язок дозволяє дрону автоматично коригувати свій курс, забезпечуючи точне відстеження цілі в реальному часі. Це важливо для підтримки фіксованої траєкторії польоту та успішного виконання завдань, пов'язаних з автоматичною фіксацією та супроводом цілі.

Алгоритм коригування поведінки безпілотника:

Команди зворотного керування: генеруються на основі даних, отриманих від нейронної мережі, і подаються в систему керування безпілотником. Це дозволяє дрону автоматично коригувати свою траєкторію, щоб адаптуватися до мінливих умов, таких як швидкість цілі або вплив зовнішніх факторів.

Ця алгоритмічна система забезпечує високий рівень автоматизації та точності виконання завдань, пов'язаних з автоматичною фіксацією та відстеженням цілей, що особливо важливо у військових та інших критично важливих сферах застосування.

Тренування нейромережі

Основним елементом системи є нейронна мережа Fast-YOLOv4, яка відповідає за цільову ідентифікацію. Для навчання цієї мережі використовується великий набір даних зображень різноманітних типів цілей в різних умовах освітлення і фону. За допомогою анотування зображень мітимо позиції цілей та їх класів.

Процес навчання складається з наступних етапів:

Підготовка даних: Вхідні дані мають бути підготовлені у вигляді зображень та відповідних анотацій у форматі, що підтримується Fast-YOLOv4. Розмір зображень повинен бути змінений до 608x608 пікселів, а всі анотації повинні бути нормалізовані.

Навчання моделі: Навчання Fast-YOLOv4 відбувається за допомогою алгоритму зворотного поширення помилки з використанням оптимізатора Adam. Кількість епох для навчання та швидкість навчання визначаються експериментально в залежності від кількості даних та складності задачі.

Валідація та тестування: Після кожної епохи модель проходить етап валідації, який дозволяє оцінити її точність на валідаційному наборі даних. За результатами валідації виконується корекція параметрів.

Інтеграція з іншими алгоритмами

Після навчання нейронна мережа включає в себе алгоритми відстеження та зворотного зв'язку. Алгоритм відстеження використовує дані, згенеровані мережею, для постійного оновлення положення цілі. Дані зворотного зв'язку передаються до систем керування безпілотником, що дозволяє йому коригувати свою траєкторію в режимі реального часу.

Основні етапи інтеграції включають.

Завантаження навченої моделі: Модель Fast-YOLOv4 завантажується в робоче середовище для обробки вхідного відеопотоку.

Обробка відеопотоку: Дані з камери дрона подаються в модель, яка визначає координати цілі для кожного кадру.

Зворотний зв'язок і корекція траєкторії: Оновлені координати надсилаються до системи керування, яка використовує їх для постійного коригування курсу дрона.

В рамках цього дослідження було проведено серію лабораторних експериментів, спрямованих на оцінку ефективності запропонованої системи автоматичного захоплення та стеження для FPV дронів. Експерименти проводилися при різних умовах освітлення, типах цілей та сценаріях руху. Важливою частиною тестування було визначення точності виявлення, супроводу та корекції траєкторії безпілотника за допомогою команд зворотного керування, що генеруються на основі даних нейронної мережі.

Експерименти проводилися в умовах, максимально наближених до реальних умов, з використанням різних типів цілей і сценаріїв, проводилось по 10 тестів для кожного виду умов:

Таблиця 1

Тест	Умови експерименту	Точність виявлення цілі (%)	Час реагування (мс)	Точність трекінгу (%)	Відхилення від цілі на площині під дроном (м)
1	Стандартні умови освітлення, статична ціль	94.7%	120	95.4%	~0.3 м
2	Низьке освітлення, статична ціль	89.9%	150	90.2%	~0.5 м
3	Змінне освітлення, рухома ціль	84.3%	170	85.8%	~0.7 м
4	Висока швидкість руху цілі, яскраве освітлення	89.1%	130	89.6%	~0.4 м
5	Складні фонові умови, рухома ціль	81.2%	160	82.5%	~0.8 м

Відхилення від цілі на площині під дроном (м): Відхилення місця дрона від положення цілі, яке розраховується на основі зворотнього зв'язку, що передається для корекції траєкторії в початковій точці захоплення цілі.

Результати експериментів показують, що запропонована система демонструє високу точність і стабільність при різних умовах освітлення та типах цілей. Використання команд зворотнього керування на основі даних нейронної мережі дозволяє дрону ефективно слідувати за ціллю, коригуючи траєкторію в режимі реального часу. Це підтверджується низьким рівнем відхилення від траєкторії та мінімальними похибками у виявленні цілі навіть у складних умовах.

Такий підхід дозволяє створити систему, яка може ефективно виявляти ціль, відстежувати її та автоматично коригувати траєкторію польоту безпілотника в режимі реального часу, що є критично важливим для виконання складних завдань в автономному режимі.

Висновки

В роботі запропоновано інтегровану систему автоматичного захоплення цілі FPV дроном на основі нейронних мереж та алгоритмів стеження. Основними компонентами системи є нейронна мережа Fast-YOLOv4

для виявлення цілей, фільтр Калмана для стеження та механізм зворотного зв'язку, який дозволяє автоматично коригувати траєкторію польоту безпілотника на основі даних нейронних мереж. Такий підхід дозволяє безпілотнику ефективно та надійно слідувати за ціллю в режимі реального часу, забезпечуючи високу точність та швидкість реагування.

Результати дослідження показують, що запропонована система може бути успішно використана в різних сценаріях, включаючи військові операції, пошуково-рятувальні місії та інші критичні завдання, де автономність і точність є ключовими факторами.

У подальших дослідженнях можуть бути розглянуті можливості підвищення адаптивності системи до мінливих умов навколишнього середовища, інтеграції даних додаткових датчиків, таких як LiDAR або ультразвукові датчики, а також використання навчання з підкріпленням для оптимізації маршрутів безпілотника.

Список літератури

1. Assaf Keller, Boaz Ben-Moshe. (2022). "A Robust and Accurate Landing Methodology for Drones on Moving Targets." *Drones*, 6(4), 98.
2. Srikanth Saripalli. (2022). "Autonomous Quadcopter Landing on a Moving Target." *Sensors*, 22(3), 1116.
3. Ahmed Khreis, Ahmed Soliman, Tarek El-Ghazawi. (2022). "A Real-Time UAV Target Detection Algorithm Based on Edge Computing." *Drones*, 7(4), 509.
4. M. Vidovic, D. S. Popovic. (2023). "An Effective and Lightweight Full-Scale Target Detection Network for UAV Images." *Drones*, 7(1), 95.
5. Wojciech Piątkowski, Damian Stolarz. (2021). "A simple vision-based navigation and control strategy for autonomous drone racing." *arXiv*.
6. Xiang Yao, Kaiqiang Chen, Yingke Lu. (2021). "Deep Learning-Based Autonomous Aerial Navigation and Control: A Survey." *IEEE Access*, 9, 105343-105369.
7. Badr Benmohamed, Hichem Snoussi. (2020). "Object Detection and Tracking Using Deep Learning for Unmanned Aerial Vehicles." *Remote Sensing*, 12(24), 4151.
8. S. De Smedt, H. Van de Voorde, W. Philips. (2020). "Real-Time Autonomous UAV Landing Using Deep Learning for Visual Odometry." *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 56(6), 4761-4774.

УДК 629.7.05

О.А. Сущенко, О.О. Євдокимов
(Національний авіаційний університет, Україна)

Дослідження надійності надмірних інерціальних вимірювачів з неортогональною конфігурацією

Наведено характеристику надмірних інерціальних вимірювачів з неортогональною конфігурацією. Виконано порівняння ортогональної та неортогональної конфігурацій вимірювачів. Представлено матриці напрямних косинусів між вимірювальною та навігаційною системами координат. Виконано порівняльний розрахунок показників надійності досліджуваних вимірювачів.

Вступ. Одним із напрямів сучасного навігаційного приладобудування, характерним для розвинених країн усього світу, є створення складних навігаційних приладів, що за своїми функціональними можливостями наближаються до інерціальних навігаційних систем, але характеризуються меншою вартістю та габаритами. Успішний розвиток такого напряму зумовлений, по-перше, появою високоточних і малогабаритних вимірювачів навігаційної інформації, по-друге, прогресом обчислювальної техніки в плані збільшення швидкодії та обсягів пам'яті, по-третє, прогресом засобів обслуговуючої електроніки [1]. Перша обставина дає змогу включати до складу навігаційного приладу датчики просторового положення, акселерометри та створювати систему, здатну виконувати функції інерціальної навігаційної системи за менших витрат маси та габаритів, а також використовувати надмірність для підвищення надійності цих систем. Наявність акселерометрів забезпечує корекцію і відповідно збільшення точності датчиків просторового положення, а також можливість отримання інформації про швидкість і пройдений об'єктом шлях після відповідного інтегрування [2]. Друга обставина дає змогу реалізовувати досить складні алгоритми опрацювання навігаційної інформації, а також підвищувати точність отриманої інформації алгоритмічними засобами. І, нарешті, третя обставина дає змогу забезпечити складний процес з'єднання високоточних навігаційних датчиків, сервісної електроніки та обчислювачів. При цьому однією з актуальних проблем залишається підвищення точності вимірювальних пристроїв, що входять до складу навігаційних систем, з одночасним підвищенням їхньої надійності. У багатьох випадках підвищення надійності пов'язане з використанням апаратурної надмірності. Але при цьому необхідно враховувати масогабаритні обмеження, що мають місце, незважаючи на значний прогрес у мініатюризації сучасних навігаційних датчиків.

Існує кілька підходів до використання надмірності в навігаційних системах. Найпоширенішим підходом є резервування вимірювальних навігаційних пристроїв. У разі визначення проекцій навігаційного параметра за осями базової навігаційної системи координат, можливе використання надлишкових вимірювальних базисів. Таке завдання є актуальним для сучасного навігаційного приладобудування, оскільки інформація про кутову швидкість або

прискорення за всіма осями навігаційної системи координат широко використовується в законах керування сучасними рухомими об'єктами.

Метою доповіді є дослідження показників надійності надлишкових неортогональних систем навігаційних датчиків.

Дослідження надійності надмірних неортогональних вимірювачів. Традиційна постановка задачі вимірювання проекцій навігаційного параметра ілюструється рис. 1. Збільшення надійності системи за рахунок дублювання вимірювальних пристроїв за кожною вимірювальною віссю показано на рис. 2. Слід зазначити, що, незважаючи на значний прогрес мініатюризації навігаційних датчиків, використання більш ніж двох вимірювачів на кожній вимірювальній осі не видається доцільним з огляду на масогабаритні обмеження. Схема, представлена на рис. 2, забезпечує збереження працездатності навігаційної системи навіть у разі виходу з ладу трьох вимірювальних пристроїв, але ці пристрої мають розташовуватися на різних вимірювальних осях. Тобто вихід з ладу двох вимірювальних пристроїв, розташованих на одній вимірювальній осі, що є цілком можливим, призводить до втрати працездатності ортогональної надлишкової системи навігаційних датчиків.

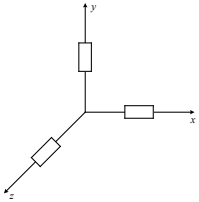


Рис 1. Ортогональна вимірювальна система

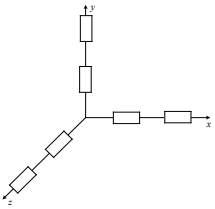


Рис. 2. Ортогональна надлишкова вимірювальна система

Розв'язання цієї проблеми можливе за рахунок використання надлишкових неортогональних базисів. Відомі три підходи до побудови таких надлишкових вимірювальних базисів:

1)використання як фігури симетрії конуса й розташування навігаційних датчиків за утворювальними конуса, як це показано на рис. 3;

2)використання як фігури симетрії конуса і розташування навігаційних датчиків по твірних конуса і по осі його симетрії;

3)розташування навігаційних датчиків відносно граней правильних багатогранників відповідно до рис. 4.

Використання надлишкових вимірювальних базисів на основі розташування вимірювальних пристроїв по твірних конуса або відносно граней багатогранника дає змогу збільшити кількість надлишкових проекцій по кожній осі базової системи координат. Це призводить до підвищення надійності за менших масогабаритних витрат, а також надає певні можливості для підвищення точності вимірювальної інформації шляхом використання алгоритмів обробки надлишкових даних. Крім того, використання таких базисів дає змогу використовувати алгоритми виявлення датчиків, що відмовили, з метою їхнього виключення з процесу оброблення та отримання інформації.

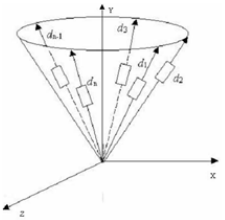


Рис. 3. Неортогональна вимірювальна система з розташуванням датчиків по твірних конуса

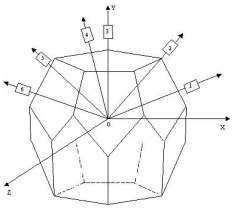


Рис. [. Неортогональна вимірювальна система з розташуванням датчиків щодо граней багатогранника

У разі використання неортогональних вимірювальних базисів необхідно використовувати алгоритми перетворення вимірювальної інформації, отриманої в такій системі координат, до ортогональної системи координат, що збігається з власними осями рухомого об'єкта. Таке перетворення забезпечує керування рухомим об'єктом. Воно описується матрицею напрямних косинусів L, а її похибка може бути визначена відповідно до формули $D=[L_T L]^{-1}$ [3]. Похибка самого перетворення характеризується слідом матриці D.

Для підтвердження ефективності використання неортогональних надлишкових систем можна порівняти матриці напрямних косинусів ортогональної системи, наведеної на рис. 1, і матриці напрямних косинусів системи, яка складається з датчиків, розташованих по твірних конуса (рис. 3).

Матриця перетворення ортогональної системи L_1 має вигляд, представлений у табл. 1.

Таблиця 1

Матриця ортогональної системи

	x	*y*	*z*
d_1	cos 0	0	0
d_2	0	cos 0	0
d_3	0	0	cos 0

Матриця неортогональної надлишкової системи, що складається з 6 датчиків, розташованих по твірних конуса L_2, визначається таким чином (див. табл. 2).

Таблиця 2

Матриця неортогональної надлишкової системи

	x	*y*	*z*
d_1	0	$\cos\vartheta$	$\sin\vartheta$
d_2	$\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$\cos\pi/3\sin\vartheta$
d_3	$\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$-\cos\pi/3\sin\vartheta$
d_4	0	$\cos\vartheta$	$-\sin\vartheta$
d_5	$-\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$-\cos\pi/3\sin\vartheta$
d_6	$-\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$\cos\pi/3\sin\vartheta$

Відповідно сліди цієї матриці, що являють собою критерії ефективності обробки інформації, мають вигляд

$$\mathrm{tr}[\mathbf{L}_{1T}\mathbf{L}_1]^{-1}=\mathrm{tr}\begin{bmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{bmatrix}=3 \qquad \mathrm{tr}[\mathbf{L}_{2T}\mathbf{L}_2]^{-1}=\mathrm{tr}\begin{bmatrix}0{,}5&0&0\\0&0{,}5&0\\0&0&0{,}5\end{bmatrix}=1{,}5$$

де $\theta=54^{\circ}44'$

Порівняльний аналіз цих критеріїв свідчить про те, що неортогональна надлишкова система забезпечує більшу точність обробки інформації.

Розглянемо варіант відмови двох навігаційних датчиків у неортогональній надлишковій системі. У цьому випадку матриця напрямних косинусів L_3 визначається табл. 3.

Таблиця 3

Матриця напрямних косинусів

	x	*y*	*z*
d_1	0	$\cos\vartheta$	$\sin\vartheta$
d_2	$\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$-\cos\pi/3\sin\vartheta$
d_3	$-\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$-\cos\pi/3\sin\vartheta$
d_4	$-\sin\pi/3\sin\vartheta$	$\cos\vartheta$	$\cos\pi/3\sin\vartheta$

Слід матриці виглядатиме: $\mathrm{tr}[\mathrm{H}_T\mathrm{H}]^{-1}=\mathrm{tr}\begin{bmatrix}0{,}75&0&0\\0&0{,}83&0\\0&0&0{,}92\end{bmatrix}=2{,}5$

Таким чином, надлишкова неортогональна система навіть з урахуванням відмови двох вимірювачів характеризується кращим показником ефективності обробки інформації.

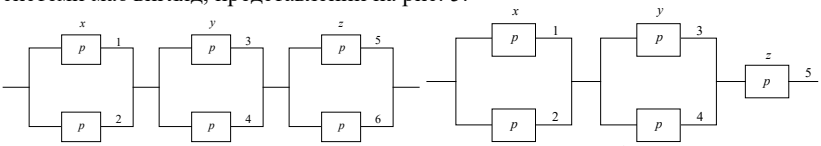
Аналіз можливих варіантів орієнтації датчиків у неортогональних надлишкових системах виконано в роботі [4]. Для дослідження відмовостійкості розглянутих систем розглянемо можливість відмови одного і двох датчиків відповідно й оцінимо ефективність опрацювання інформації в кожному з цих випадків.

Таблиця 4

Ймовірність відмови одного та двох датчиків

	Всі датчики	Відмова 1 датчика	Відмова 2 датчиків
5 датчиків за твірними конуса	2,21	3,20	3,92
4 датчики по твірних конуса і один по осі симетрії	1,93	3,15	5,00
6 датчиків за утворювальними конуса	1,79	2,13	4,50
5 датчиків за утворювальними конуса і один за віссю симетрії	1,70	2,18	3,35
6 датчиків по додекаедру	1,50	2,00	3,00

Функциональна схема надійності ортогональної вимірювальної системи має вигляд, представлений на рис. 5.



а) б)

Рис. 5. Функціональна схема надійності ортогональної вимірювальної системи (1, 2, 3, 4, 5, 6 - номери датчиків, р - імовірність безвідмовної роботи кожного датчика): а) всі датчики працездатні; б) відмова 1 датчика

Вважаючи ймовірності безвідмовної роботи датчиків однаковими, можна отримати такі вирази для визначення ймовірності безвідмовної роботи:

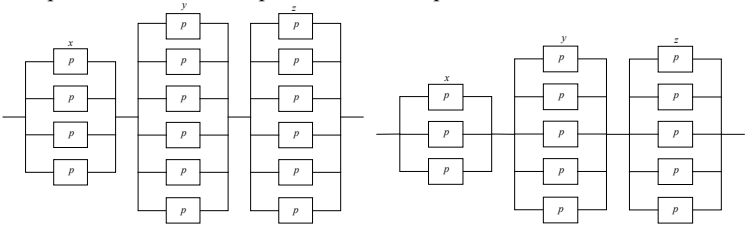
$P_c(t) = \left[1-(1-p)^2\right]^3$ – всі датчики працюють;

$P_c(t) = p\left[1-(1-p)^2\right]^2$ – відмова 1 датчика;

$P_c(t) = p^2\left[1-(1-p)^2\right]$ – відмова 2 датчиків;

$P_c(t) = p^3$ – відмова 3 датчиків.

Функциональна схема надійності неортогональної надмірного вимірювача має вигляд представлений на рис. 6.



а б

Рис. 6. Функціональна схема надійності неортогональної вимірювальної системи (1, 2, 3, 4, 5, 6 - номери датчиків, р - імовірність безвідмовної роботи кожного датчика): а) всі датчики працездатні; б) відмова 1 датчика

При цьому ймовірність безвідмовної роботи описується такими формулами:

$P_c(t) = \left[1-(1-p)^4\right]\left[1-(1-p)^6\right]^2$ – всі датчики працюють;

$P_c(t) = \left[1-(1-p)^3\right]\left[1-(1-p)^5\right]^2$ – відмова 1 датчика по кожній вимірювальній осі;

$P_c(t) = \left[1-(1-p)^2\right]\left[1-(1-p)^4\right]^2$ – відмова 2 датчиків по кожній вимірювальній осі;

$P_c(t) = p\left[1-(1-p)^3\right]^2$ – відмова 3 датчиків по кожній вимірювальній осі.

Надмірність інформації забезпечує можливість застосування досить складних алгоритмів обробки інформації. Одним із найпоширеніших алгоритмів є визначення навігаційного датчика з максимальною похибкою з метою подальшого виключення цього датчика з вимірювальної системи. Але аналіз вимог до сучасних навігаційних систем показує, що найкращим є комбіноване використання алгоритму медіани та визначення середнього. У цьому разі визначають максимальну та мінімальну похибки навігаційних датчиків, і ці значення відкидають. Решту значень використовувати для визначення інформації про проекції навігаційного параметра.

Висновки. Дослідження надійності неортогональних надлишкових систем навігаційних датчиків підтверджує можливість їх використання для організації високоточних і надійних вимірювань.

Список літератури

1. M. Jafari, “Optimal redundant sensor configuration for accuracy increasing in space inertial navigation systems,” Aerospace Science and Technology, 2015, vol. 47, pp. 467–472/
2. O.A. Sushchenko, Y.N. Bezkorovainyi, and N.D. Novytska, “Non-orthogonal redundant configurations of inertial sensors,” in *Proc. 2017 IEEE 4th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD 2017)*, Kyiv, Ukraine, 2018, October 17 – 19, pp. 73–78, doi: 10.1109/APUAVD.2017.8308780
3. R.H. Rogne, T. H. Bryne, T. I., Fossen, T.A. Johansen, “Redundant MEMS-based inertial navigation using nonlinear observers,” *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 2018, vol. 140 (7), Paper No DS-17-1023, 7 p/
4. O.A. Sushchenko, Y.M. Bezkorovainyi, V.O. Golitsyn, “Fault-tolerant Inertial Measuring Instrument with Neural Network,” in *Proc. IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, 2020, pp. 797–801.

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

О.А. Сущенко, д.т.н., С.О. Долгоруков, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Оброблення даних датчика висоти безпілотних літальних апаратів

Розглянуто особливості обробки інформації барометричного датчика висоти безпілотних літальних апаратів. Представлені теоретичні засади барометричного способу вимірювання висоти. Розроблено алгоритм обробки інформації датчика висоти програмними засобами на основі фільтра Батерворта. Представлено результати моделювання.

Вступ.

На сьогоднішній день розвиток безпілотних літальних апаратів є перспективним напрямком аеронавігації. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) багатороторного типу представляють великий інтерес для таких застосувань, як аерофотозйомка та моніторинг параметрів навколишнього середовища. Малі розміри таких БПЛА забезпечують можливість здійснення польотів в умовах обмеженого простору та в місцях, небезпечних для життя людей. Основною тенденцією мультипоторного БПЛА є підвищення автономності польоту. Це підвищує надійність і зручність використання БПЛА та знижує вартість його обслуговування та процесу проектування [1].

Автономність польоту забезпечує система управління, яка включає такі базові компоненти, як мікроконтролер, акселерометри, гіроскопи, магнітометр і датчик тиску. Мікроконтролер забезпечує виконання таких функцій, як зв'язок з периферійними пристроями. Він реалізує драйвери та алгоритм керування, який забезпечує стабілізацію та навігацію БПЛА [1].

Як датчик тиску у БПЛА можна використовувати BMP085. Такий датчик відноситься до нового покоління високоточних цифрових датчиків абсолютного атмосферного тиску. BMP085 розроблений за технологією п'єзорезисторів. Це забезпечує його високу надійність, точність, лінійність і тривалу стабільність. Типовими застосуваннями BMP085 є CPS-навігатори, барометричне вимірювання висоти та навігація безпілотних літальних апаратів. Датчик складається з п'єзорезисторного датчика, аналого-цифрового перетворювача та блоку керування. Датчик відкалібрований і має вбудовану систему термокомпенсації [2].

Датчик може функціонувати ку таких режимах: режим обмеженого енергоживлення; стандартний режим; режим високої роздільної здатності; режим ультра-високої роздільної здатності.

Використовуючи різні режими, можна досягти оптимального компромісу між енергоспоживанням і роздільною здатністю.

Проблема полягає у визначенні алгоритму вимірювання висоти і тиску та підвищення точності вимірювань за допомогою фільтрації.

Алгоритм вимірювання тиску.

Висоту можна виміряти на основі виміряного тиску та тиску на рівні моря за барометричною формулою [3]

$$H = \frac{T_0}{\tau}\left[1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{R\tau}\right], \qquad (1)$$

де H – висота, обчислена у метрах; T_0, p_0 – температура та тиск у стандартних погодних мовах; τ – температурний градієнт; R – газова питома стала.

Рівняння (1) після підстановки числових даних є таким

$$H = 44330\left[1 - \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1/5.255}\right]. \qquad (2)$$

Відповідно до (2) зміна тиску на 1 гПа відповідає висоті 8,43 м для =1013,25 гПа. Аналіз характеристик BMP085 [2] показує, що точність вимірювання тиску становить 0,03 гПа. Це значення відповідає похибці висоти 0,25 м [1]. Слід зазначити, що на сьогоднішній день сенсор BMP085 є одним з кращих в сенсорах цього класу. Але цей датчик має деякі недоліки. Він сприймає високочастотні коливання навколишнього повітря. Щоб уникнути зниження точності, необхідно використовувати фільтрацію. Апроксимована графічна залежність представлена на рис. 1.

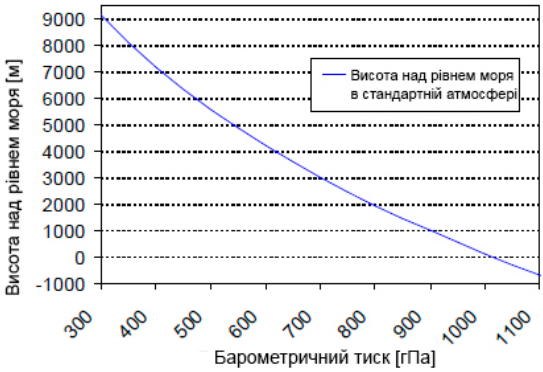


Рис.1. Залежність тиску від висоти на рівні моря

Низькочастотну фільтрацію реалізовано за допомогою фільтра Баттерворта [4]. Фільтр розроблено в цифровому вигляді. Це забезпечує обмеження спектра високочастотного шуму. Вибрано схему фільтра Баттерворта нижніх частот з плоскою характеристикою та лінійною фазовою характеристикою в смузі пропускання.

Фільтр (3) розроблено на основі наступних вихідних даних: частота вхідного сигналу 200 Гц; частота зрізу 30 Гц; рівень пульсацій у смузі пропускань 2 дБ; рівень пульсацій у смузі загасання 30дБ.

Імпульсну характеристику фільтра Батерворта представлено на рис. 2.



Рис. 2. Імпульсна характеристтка фільтра Батерворта.

Перехідна функція розробленого фільтра має вигляд

$$H(z) = 0.01\frac{0,4 + 2z^{-1} + 6z^{-2} + 8z^{-3} + 6z^{-4} + 2z^{-5} + 0,4z^{-6}}{1 - 2,1z^{-1} + 2,4z^{-2} - 1,6z^{-3} + 0,7z^{-4} - 0,2z^{-5} + 0,02z^{-6}}. \quad (3)$$

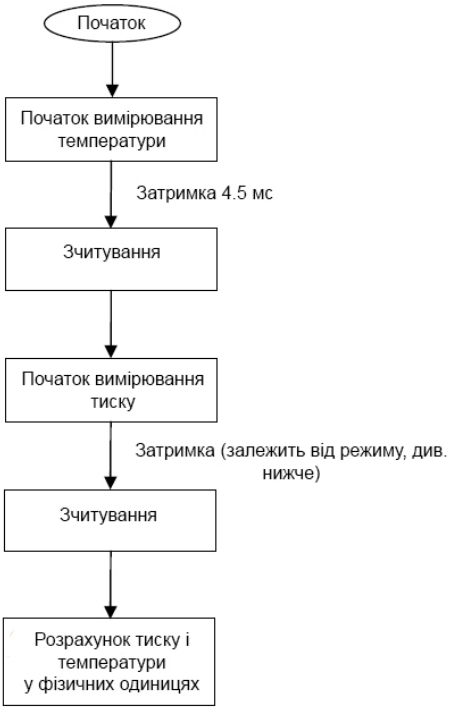


Рис. 3. Блок-схема обробки вимірювальної інформації

Перевагами розробленого фільтра є його простота та можливість виконання процедури проектування без попередньої інформації про похибки вимірювання та вибору вагових коефіцієнтів. Слід зазначити, що власне датчик може бути описаний передатною функцією

$$W = \frac{1}{Ts+1},$$

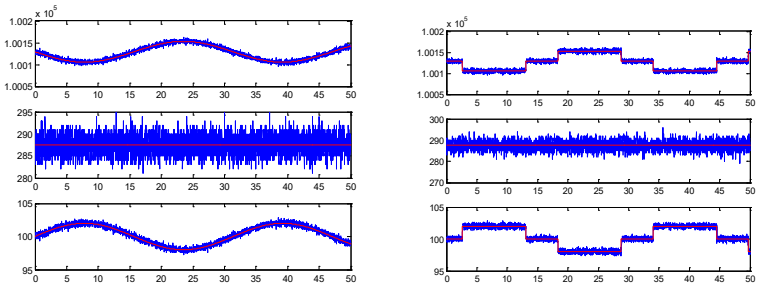
де T – стала часу. Алгоритм обробки даних. Блок-схема обробки даних представлена на рис. 3.

Дані зчитуються з пам'яті пристрою. Вони містять цифрові значення датчиків температури і тиску, які надходять з цифро-аналогових перетворювачів, а також калібрувальні коефіцієнти. Дані зчитуються в цифровому форматі та перетворюються в стандартні одиниці вимірювання за допомогою формули (2). Фільтрація за допомогою фільтра Баттерворта низьких частот реалізована програмним способом.

Цифрові дані передаються 11 словами, що складаються з 16 біт. Вони включають 11 калібрувальних коефіцієнтів. Дані перевіряються на неприпустимі значення, такі як 0 FFFF. Розрахунок справжнього тиску здійснюється з кроком 1Па (0,01мбар), а справжньої температури – з кроком 0,1 °С.

Результати моделювання.

Моделювання вимірювань проводилося з використанням тестових сигналів, таких як синусоїдальний і ступінчастий. Результати тиску та обчислення температури, тиску та висоти представлені на рис. 4.

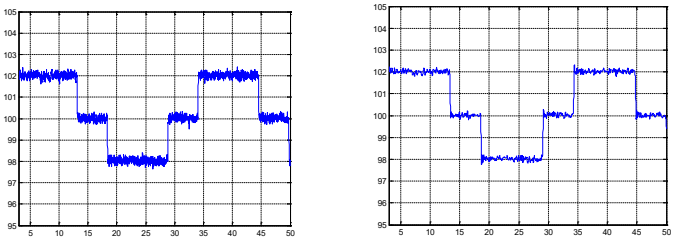


а б

Рис. 4. Моделювання сигналів: а – синусоїдальний сигнал; б – ступінчастий сигнал

Результати фільтрації для ступінчастого сигналу представлені на рис. 5. Аналіз представлених графіків показує значне ослаблення високочастотного шуму. Такого зниження достатньо для недорогих застосувань.

Програмна реалізація запропонованого алгоритму може бути здійснена на платформі Arduino, яка є інструментом розробки програмованих електронних пристроїв [5]. Aurdino являє собою відкриту платформу, що містить плату з мікроконтролером, а також спеціальне середовище розробки для створення програмного забезпечення мікроконтролера.



а б

Рис. 5. Сигнал до фільтрації (а) та після фільтрації (б)

Висновки.

Запропонований алгоритм обробки даних забезпечує підвищення точності, діапазону вимірювання та стійкості до перешкод досліджуваного приладу BMP085. У такий спосіб можна підвищити надійність і безпеку польоту

Список літератури

1. M.A.AI. Shareeda, M. Ali. Unmanned aerial vehicles: a review and future directions. – Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2023. – Vol. 30. – No. 2. – P. 778 –786.

2. BMP085, Digital barometric pressure sensor, BOSCH, http:// boschsensortec.com/.

3. BOSCH Inc. - Data sheet Bosch BMP085 Digital Pressure sensor, Germany, 2009, 27 p.

4. E. Xossain. MATLAB and Simulink Crash Course for Engineers. Berlin: Spinger, 2022.

5. Arduino http://arduino.ua/

УДК 681.2.083

М.П. Василенко, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Система моніторингу параметрів ґрунтів

Моніторинг параметрів ґрунту життєво важливий для різних сфер, таких як кліматологічні та екологічні дослідження, сільське господарство тощо. У роботі запропоновано систему моніторингу параметрів ґрунтів на основі шумового методу, що дозволяє з високою точністю вимірювати температуру та вологість.

Структура системи вимірювання параметрів ґрунту

Запропонована система складається з масиву датчиків і головного блоку, який забезпечує збір даних від датчиків і телеметрію для користувача. Він також може надати інформацію про поточні значення вологості ґрунту для систем автоматичного поливу. Спрощена структура запропонованої системи показана на рис. 1.

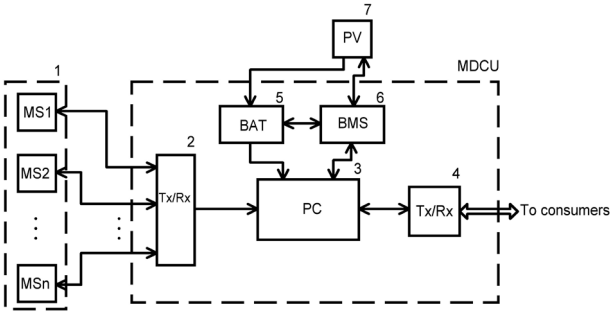


Рис. 1. Спрощена структура системи

Система включає в себе масив датчиків вологості 1, які взаємодіють з головним блоком збору даних (MCDU) через бездротовий зв'язок 2, що дозволяє збирати дані вимірювань і телеметрію датчика, а також дистанційно коригувати параметри роботи датчика. Телеметрія для споживачів може надаватися за допомогою бездротового або дротового підключення до Інтернету 4.

Система також забезпечує автономну роботу, що забезпечується батареєю 5 з окремою системою керування батареєю 6 та системою зарядки від сонячних батарей 7. Усі процеси зв'язку та зберігання даних здійснюються комп'ютером 3.

Структура окремого датчика показана на рис. 2.

Кожен датчик складається з електродів 1 і 2, керованих перемикачів 3, 4 і 10, резонансного контуру, що складається з конденсатора 5 і котушки індуктивності 6, пари смугових підсилювачів 7 і 8, загальної землі 9, аналого-цифрового перетворення (ADC) 11, цифровий сигнальний процесор (DSP) 12, мікропроцесор (CPU) 13, пульт керування та відображення інформації (CDU) 14,

комунікаційний модуль 15, батарея 16, система керування батареєю 17 (BMS), фотоелектрична система 18. Позиція 19 представляє контрольований ґрунт.

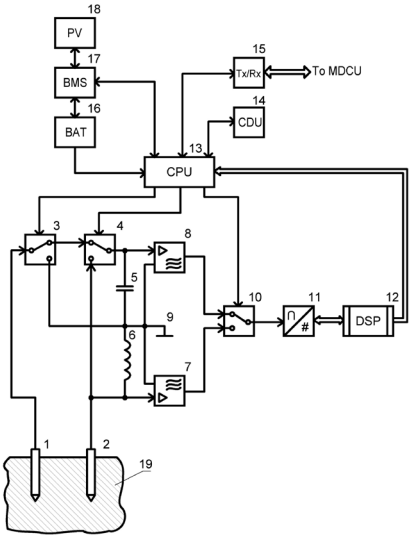


Рис. 2. Структурна схема датчика вологості

Електроди 1 і 2 поміщають у ґрунт. Вхід автоматичного перемикача 3 з'єднаний з електродом 1. Перший з його виходів з'єднаний зі входом автоматичного перемикача 4, інший вихід - з точкою між конденсатором 5 і котушкою індуктивності 6 резонансного контуру. Другий вхід автоматичного перемикача 4 з'єднаний з електродом 2, котушкою індуктивності 6 і високопотенційним входом смугового підсилювача 7. Вихід автоматичного перемикача 4 з'єднаний з конденсатором 5 і високопотенційним входом смугового підсилювача. 8. Низькопотенційні входи смугових підсилювачів 7 і 8 підключені до загальної землі 9. Виходи підсилювачів 7 і 8 підключені до входів автоматичного перемикача 10, вихід якого з'єднаний із входом DSP 12 за допомогою АЦП. 11. Вихід DSP 12 підключений до входу CPU 13. Логічні виходи центрального процесора підключені до керуючих входів автоматичних перемикачів 3, 4 і 10. Він також підключений до CDU 14, комунікаційного пристрою 15 і BMS 17, який підключений до батареї 16 і фотоелектричної системи 18.

Робота датчика заснована на вимірюванні природного теплового шуму, який присутній у вологому ґрунті внаслідок теплових флуктуацій носіїв електричного заряду (електронів та іонів).

Датчик працює наступним чином. Теплові шумові сигнали, що утворюються у вологому ґрунті, сприймаються електродами 1 і 2. Шумові сигнали проходять через автоматичні перемикачі 3 і 4 і приймаються резонансним контуром, утвореним конденсатором 5 і котушки індуктивності 6. Цей резонансний контур може бути переконфігурований з послідовного на

паралельний за допомогою перемикачів 3 і 4. Реконфігурація виконується відповідно до програми, завантаженої в CPU 13.

Спочатку перемикачі встановлюються таким чином, щоб налаштувати резонансний контур як послідовний. При такій конфігурації резонансного контуру отримується інформація про електричний опір контрольованого ґрунту R_x. Виміряний опір R_x пов'язаний з вологістю ґрунту W логарифмічною залежністю, яка повинна бути попередньо завантажена в пам'ять процесора як калібрувальна крива. Розрахункова величина вологості ґрунту відображається на дисплеї CDU 14 і передається у головний блок (MDCU) для реєстрації та подальшого використання.

Далі, за командою від мікропроцесора, за допомогою керованих перемикачів конфігурація резонансного контуру змінюється на паралельну. В даному режимі отримується інформація про температуру контрольованого середовища T_x.

Розраховане значення температури також відображається на екрані CDU і передається до MDCU для зберігання та подальшої обробки.

Збережені дані можна використовувати для візуалізації рівнів вологості ґрунту та температури на контрольованій території.

Система також може виводити дані для зовнішніх систем, таких як системи автоматичного зрошення, що усуває потребу в додаткових датчиках.

Висновки

Запропонована система моніторингу ґрунтів дозволяє вимірювати одночасно два параметри за допомогою єдиного джерела інформації – теплового шуму контрольованого середовища.

Він забезпечує незалежне вимірювання вологості та температури ґрунту. Для отримання інформації з носія використовуються лише два електроди. Зміна глибини занурення електродів дозволяє отримати інформацію про вологість і температуру ґрунту на різній глибині.

Відсутність зондуючого електричного струму через контрольоване середовище виключає неминучі локальні підвищення температури та відповідні зміни вологості ґрунту.

Бездротовий зв'язок між датчиками та блоком збору основних даних дозволяє використовувати величезну кількість датчиків, розподілених по території.

Список літератури

1. Tyson E. Ochsner, Michael H. Cosh, Richard H. Cuenca, Wouter A. Dorigo, Clara S. Draper, Yutaka Hagimoto, Yann H. Kerr, Kristine M. Larson, Eni G. Njoku, Eric E. Small, Marek Zreda State of the Art in Large-Scale Soil Moisture Monitoring Soil Sci. Soc. Am. J. 77:1888–1919 doi:10.2136/sssaj2013.03.0093

2. Binayak P. Mohanty, Michael H. Cosh, Venkat Lakshmi, and Carsten Montzka Soil Moisture Remote Sensing: State-of-the-Science Vadose Zone Journal. doi:10.2136/vzj2016.10.0105

3. Ciabatta, L., L. Brocca, C. Massari, T. Moramarco, S. Gabellani, S. Puca, and W. Wagner. 2016. Rainfall–runoff modelling by using SM2RAINderived and state-of-the-art satellite rainfall products over Italy. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 48:163–173. doi:10.1016/j.jag.2015.10.004

4. Dumedah, G., J.P. Walker, and O. Merlin. 2015. Root-zone soil moisture estimation from assimilation of downscaled soil moisture and ocean salinity data. Adv. Water Resour. 84:14–22. doi:10.1016/j.advwatres.2015.07.021

5. Lloret, J.; Sendra, S.; Garcia, L.; Jimenez, J.M. A Wireless Sensor Network Deployment for Soil Moisture Monitoring in Precision Agriculture. *Sensors* 2021, *21*, 7243. https://doi.org/10.3390/s21217243

УДК 629.056.6

О.І. Смірнов, к.т.н, доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Кінематичні залежності гіроприладу з безконтактно підвішеним ротором для вирішення задач високоточної навігації

Вирішується завдання створення математичної моделі гіроприладу на базі вільного триступеневого гіроскопа для алгоритмічного забезпечення навігаційних систем із безконтактно підвішеним ротором із випадковою складовою кутової швидкості дрейфу 0,01-0,001град/год.

Вирішення задач навігації на базі вільних гіроскопів включає аналіз можливостей побудови таких систем та розробку раціональних алгоритмів їх функціонування. Така постановка завдання висуває на перший план синтез докладної математичної моделі вільного гіроскопа з безконтактно підвішеним ротором.

В Україні було успішно проведено випробування та створення зразків гіроскопів з магнітним підвісом ротора. Система підвіски цих гіроскопів практично байдужа до середовища, в якому працює гіроскоп, але з метою зменшення моментів гальмування ротор гіроскопа поміщений у вакуумовану камеру.

Вихідними даними для побудови математичної моделі вільного гіроскопа з безконтактно підвішеним ротором є:

- електрокінематична схема гіроприладу на базі вільного триступеневого гіроскопа з двокоординатним датчиком стеження за положенням ротора щодо кожуха (внутрішньої рами) гіроскопа;
- використання системи підвісу ротора гіроскопа як трикомпонентний акселерометр;
- систематичні дрейфи по двох осях Резалю ротора гіроскопа паспортизовані;
- математична модель розробляється для нерухомої основи з метою її подальшого використання для визначення азимутальної орієнтації гіроприладу та для повної географічної прив'язки при використанні двох гіроприладів.

Іншою особливістю цих гіроскопів є використання двокоординатного датчика, розташованого на кожусі гіроприладу. Датчик забезпечує двокоординатне стеження кожуха за віссю обертання ротора. У цих умовах від двокоординатного датчика кута та двигунів управління положенням кожуха потрібно виконання своїх функцій у малому кутовому діапазоні.

У базовому гіроприладі використовувався магніторезонансний підвіс[1]. Залежність електричного струму в робочих обмотках магніторезонансного підвісу від зміщення ротора щодо кожуха гіроскопа, який, у свою чергу, має зміщення через лінійні прискорення об'єкта на якому встановлений гіроприлад, дає можливість використовувати магніторезонансний підвіс як трикомпонентний акселерометр.

Електрокінематична структура гіроприладу на базі вільного гіроскопа з двокоординатним датчиком положення ротора та трикомпонентним акселе-

рометром може бути представлена у вигляді (рис.1)

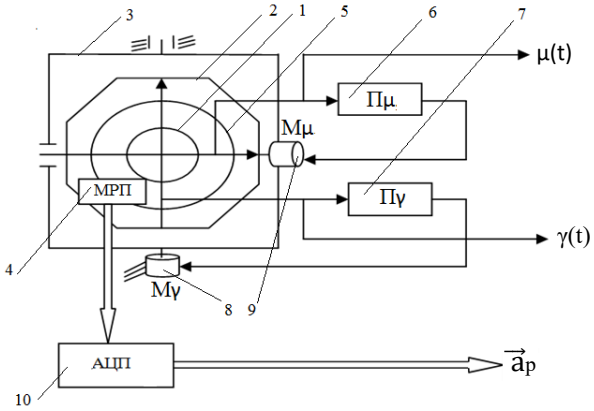


Рис.1

На структурі показані: 1-сферичний ротор гіровузла; 2-корпус гіровузла; 3-зовнішня рама гіроприладу пов'язана з об'єктом; 4-магніторезонансний підвіс (МРП), розміщений в корпусі гіровузла; 5-двохкоординатний датчик кутового положення (ДДУ) гіровузла; 6,7-Пμ,Пγ підсилювачі сигналів з ДДУ по каналах μ і γ; 8.9-Мμ,Мγ двигуни управління положенням гіровузла та зовнішньої рами; 10-аналогово-цифровий перетворювач на вхід котрого надходять напруги управління положенням ротора з МРП ui, i=1-6, а на виході вимірюються цифровані значення прискорення за трьома осями Резаля $\vec{a}$р; μ,γ - вихідні сигнали з ДДУ.

Гіроприлад з некоректованим гіроскопом має низку незаперечних переваг до яких можна віднести:

- відсутність моментів, що породжують дрейфи гіроскопа через вплив карданових рам;

- відсутність моментів, що породжують дрейфи гіроскопа через наявність перехресних зв'язків у рамах карданного підвісу.

Разом з тим використання в базовому гіроприладі магніторезонансного підвісу ротора [1] призводить до його гальмування навіть у вакуумі через обертальний гістерезис. Тому електропривод у гіроскопі на магнітному підвісі працює постійно, хоча потужність, яка для нього потрібна, незначна.

Математична модель гіроприладу передбачає на її виході отримання кутових величини відхилення кожуха гіроскопа μ(t) і γ (t) щодо ротора з двокоординатного датчика та сигналів з трикомпонентного акселерометра a_{FLM} в осях тригранника Резаля, який в даному завданні є приладом положення ротора в інерціальному просторі.

Введемо на розгляд наступні системи координат(СК):

- 01ξηζ , інерціальна з початком у центрі Землі, віссю 01ξ спрямованої вздовж полярної осі Землі до Північного полюса, та осями η, ζ, що лежать у площині паралельної площини екватора і не беруть участь у добовому обертанні Землі. Положення вектора кінетичного моменту гіроприладу в цій СК визначається інерціальними координатами α, Δ, ε і відповідними матрицями напрямних та зворотних направляючих косінусів **B**(α), **B**(Δ), **B**(ε), $\mathbf{B}^{-1}(\alpha)$, $\mathbf{B}^{-1}(\Delta)$, $\mathbf{B}^{-1}(\varepsilon)$;

- 01*XYZг*, геоцентрична сферична СК в якій координати гіроприладу на поверхні Землі задаються параметром q= λost + Sгр, що визначається східною довготою точки 0 і годинним кутом точки Овна ϒ в Грінвічі і північною широтою φ точки 0, де точка 0 - нерухома відносно Землі точка підвісу ротора гіроприладу. Перетворення складових вектора з СК 01ξηζ в 01*XYZг* забезпечується матрицями напрямних та зворотних направляючих косінусів **B**(Sгр), **B**(λost), **B** (φ), $\mathbf{B}^{-1}$(Sгр), $\mathbf{B}^{-1}$(λost), $B^{-1}(\varphi)$;

- 0*ENH* - супроводжуючий тригранник. Початок тригранника знаходиться в точці, місцезнаходження гіроприладу, вісь 0*H* спрямована по місцевій вертикалі, вісь 0*N* збігається з напрямком на північ. Положення тригранника 0*FLM* у цій СК визначається кутом азимуту *A*, висотою *h* , кутом β і відповідними матрицями напрямних та зворотних направляючих косінусів **B**(*A*), **B**(*h*), **B**(β), $\mathbf{B}^{-1}(A)$, $\mathbf{B}^{-1}(h)$, $\mathbf{B}^{-1}(\beta)$;

- ЛА-центрична СК *0XYZ*ла. Положення осей *0XYZ*ла щодо супроводжуючого техгранника 0*ENH* визначається кутами істинного курсу , тангажу , крену і відповідними матрицями напрямних та зворотних направляючих косінусів B (ψ), B (ϑ), B (ϒ $B^{-1}((\psi)$, $B^{-1}(\vartheta)$, $B^{-1}(\Upsilon)$;

- 0*XYZ*вр, СК пов'язана із внутрішньою рамою гіроскопа. Дві осі системи координат збігаються з осями двокоординатного датчика положення ротора гіроприладу. Кутове положення осей Резалю щодо СК визначається кутами μ і γ і відповідними матрицями напрямних та зворотних направляючих косінусів **B**(μ), **B**(γ), $\mathbf{B}^{-1}(\mu)$, $\mathbf{B}^{-1}(\gamma)$.

Таким чином з урахуванням введених на розгляд вищеперерахованих СК перерахунок довільного вектора з однієї СК до іншої можна подати у вигляді

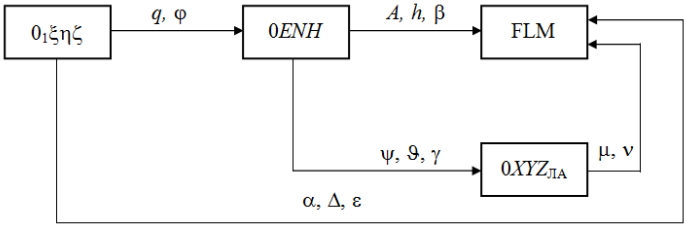


Рис.2

Наведена структура векторних зв'язків між системами координат та параметрами моделі дозволяє записати кілька груп рівнянь щодо кутових положень ротора гіроприладу та його кутових швидкостей.

Положення осей Резалю (FLM) щодо інерціальної геоцентричної екваторіальної СК для вектора показань трикомпонентного акселерометра за його осями чутливості має вигляд

$$\vec{\mathbf{a}}_{FLM} = \mathbf{B}(\varepsilon)\mathbf{B}(\Delta)\mathbf{B}(\alpha)\mathbf{B}^{-1}(q)\mathbf{B}^{-1}(\varphi)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{bmatrix} \tag{1}$$

Вектор показань трикомпонентного акселерометра через параметри та матриці напрямних косінусів ЛА-центричної СК *0XYZла* та СК, пов'язаної з внутрішньою рамою та через горизонтальні координати вектора кінетичного моменту гіроприладу можна представити у вигляді

$$\vec{\mathbf{a}}_{FLM} = \mathbf{B}(\mu)\mathbf{B}(\nu)\mathbf{B}(\gamma)\mathbf{B}^{-1}(\vartheta)\mathbf{B}^{-1}(\varphi)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{bmatrix} \tag{2}$$

$$\vec{\mathbf{a}}_{FLM} = \mathbf{B}(\mu)\mathbf{B}(h)\mathbf{B}(A)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{bmatrix} \tag{3}$$

Векторне рівняння для кутової швидкості обертання Землі в осях Резаля гіроприладу через інерціальні координати α, Δ, ε має вигляд

$$\vec{\mathbf{\Omega}}_{FLM} = \mathbf{B}(\varepsilon)\mathbf{B}(\Delta)\mathbf{B}(\alpha)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{bmatrix} \tag{4}$$

Кутова швидкість вектора кінетичного моменту гіроскопа у проекціях на осі Резалю в інерціальному просторі визначається дрейфами гіроскопа в осях F та L, це призводить до появи вихідних сигналів із двокоординатного датчика μ(t)і (γ(t). На підставі теореми про додавання обертань навколо осей, що перетинаються, кутова швидкість осей Резаля може бути представлена у вигляді

$$\vec{\boldsymbol{\omega}}_{FLM} = \begin{bmatrix} -\dfrac{ML}{H} \\ -\dfrac{MF}{H} \\ -\omega M \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\dot{\mu} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \mathbf{B}(\mu)\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dot{\gamma} \end{bmatrix} + \mathbf{B}(\nu)\mathbf{B}(\psi)\mathbf{B}(\vartheta)\mathbf{B}(\gamma)\mathbf{B}(\varphi)\mathbf{B}(q)\begin{bmatrix} 0 \\ \Omega \\ 0 \end{bmatrix}\right) \tag{5}$$

Положення вектора кінетичного моменту гіроскопа в інерціальній системі координат $01\xi\eta\zeta$ має вигляд:

$$\vec{\mathbf{H}}_{0_1\xi\eta\zeta} = \mathbf{B}^{-1}(\alpha)\mathbf{B}^{-1}(\Delta)\mathbf{B}^{-1}(\varepsilon)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H\sin\alpha \\ H\cos\alpha \\ H\cos\alpha\sin\alpha \end{bmatrix}, \tag{6}$$

$$\begin{bmatrix} H\sin\alpha \\ H\cos\Delta \\ H\cos\alpha\sin\Delta \end{bmatrix} = \mathbf{B}^{-1}(q)\mathbf{B}^{-1}(\psi)\mathbf{B}^{-1}(A)\mathbf{B}^{-1}(h)\mathbf{B}^{-1}(\beta)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} H\sin\alpha \\ H\cos\Delta \\ H\cos\alpha\sin\Delta \end{bmatrix} = \mathbf{B}^{-1}(q)\mathbf{B}^{-1}(\varphi)\mathbf{B}^{-1}(\psi)\mathbf{B}^{-1}(\vartheta)\mathbf{B}^{-1}(\nu)\mathbf{B}^{-1}(\gamma)\mathbf{B}^{-1}(\mu)\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

Висновки

Отримані кінематичні залежності гіроприладу з безконтактно підвішеним ротором і рівняння його параметрів (рівняння 1-8) є інформацією для побудови його математичної моделі та алгоритму визначення азимутальної прив'язки нерухомої основи [2]. У разі використання двох гіроприладів передбачається здійснити повну їхню географічну прив'язку, а отже, і прив'язку місця, на якому вони встановлені, тобто визначити φ, λost, ψ.

Список літератури

1. Мартиненко Ю.Г. Про проблеми левітації тіл у силових полях. Соросівський Освітній Журнал. 1996. 3. С. 82-86.
2. Смірнов О.І. Обґрунтування структурної схеми математичної моделі вільного гіроскопа на магнітному підвісі. Збірник наукових доповідей, КІВПС, 2009р, с.319-324.

УДК 625.735.(043.2)

М.К. Філяшкін, к.т.н., проф.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Автоматизація стикування пристроїв дозаправлення у повітрі

Розглядаються принципи побудови системи зворотного дозаправлення цивільних літаків у польоті. Пропонується на етапі стикування оптимізувати управління швидкістю зближення, використовуючи управління з прогностичною моделлю. Розглядаються варіанти управління швидкістю зближення шляхом зміни швидкості літака-заправника або швидкості розмотуванням барабана паливного шланга.

Зниження питомої ресурсоємності авіатранспортних послуг потребує нових ідей, щодо підвищення ефективності транспортного обслуговування. Однієї з таких ідей є дозаправки в повітрі регіональних літаків цивільної авіації. Окремі завдання цієї проблеми покладені в основу наукових робіт міжнародних авіаційних інституцій Європи, (науково-дослідний проект «Recreata» [3]), Великобританії та Росії. Дозаправлення у повітрі (ДЗ) літаків цивільної авіації дозволить використовувати на міжнародних маршрутах регіональні літаки, значно збільшуючи їх дальність польоту з одночасним зменшенням (до 40%) витрат палива, а також дозволить суттєво збільшити комерційне завантаження літака та зменшити викиди в атмосферу вуглекислого газу. Тому впровадження ідеї ДЗ літаків цивільної авіації та автоматизація окремих її етапів є задачею вельми актуальною.

У списку вимог до технологій ДЗ літаків цивільної авіації безпека та комфорт пасажирів мають першочергове місце. Зокрема з цією метою, а також для зниження психофізіологічних навантажень на екіпажі рейсових літаків цивільної авіації пропонується застосовувати технологію зворотної дозаправки при використанні метода ДЗ «шланг-конус». Використовуючи цю технологію літак-танкер (ЛТ) підходить до літака, що заправляється, (до ресиверного літака (РЛ)) ззаду і, виконуючи маневр зближення, стикує свою штангу системи дозаправки з конусом, який з підвісного агрегату дозаправлення випускає екіпаж рейсового літак. При цьому усі задачі маневрування на етапі ДЗ перекладаються на досвідчені, треновані екіпажі ЛТ. Через що екіпаж РЛ не зазнає ніякого додаткового навантаження, крім вмикання режимів випуску та прибирання конуса-приймача (КП) системи дозаправки, а пасажири цього літака можуть навіть зовсім нічого не відчувати.

Для забезпечення безпеки польоту на етапі ДЗ та зменшення психофізіологічних навантажень на екіпаж ЛТ процес дозаправлення доцільно автоматизувати. При цьому пропонується перетворити КП в ДПЛА – дистанційно пілотований літальний апарат забезпечивши КП аеродинамічними рулями (рис. 1). Дистанційне наведення конуса на штангу системи ДЗ дозволить мінімізувати маневрування

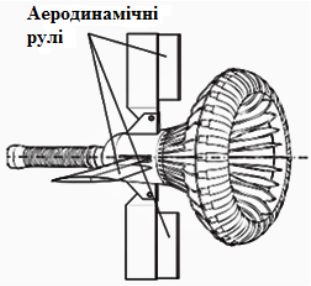


Рис. 1

ЛТ, а вбудована система автоматичного управління КП [1], стабілізуючи конус у повітрі та парируючи турбулентні збурення від спутного сліду РЛ, що заправляється) суттєво покращує процес наведення.

Маневрування ЛТ на етапі зближення та стикування виконує екіпаж у складі двох пілотів. При цьому правий пілот виконує завдання дистанційного наведення КП на штангу системи ДЗ, а командир екіпажу керує швидкістю зближення. При цьому швидкість зближення на етапі контактування має бути більше швидкості РЛ, на 1,5…2 м/с. При меншій швидкості зближення у момент контакту може не спрацювати замок КП, а збурений рух конуса обумовлений обтіканням носової частини фюзеляжу ЛТ на малих швидкостях зближення істотно збільшується, що суттєво заважає процесу наведення.

При більшої ніж 2 м/с швидкості зближення у момент стикування штанга сильно вдаряє по конусу і виникає так званий "ефект хлиста" – сильний коливальний рух шлангу, через що шланг може відірватися або відбувається обламування штанги системи ДЗ.

Природно, що створення систем дистанційного керування КП [1] суттєво спрощує процес наведення конуса на штангу системи ДЗ, проте питання управління швидкістю зближення при цьому не знімаються.

У роботі запропоновано автоматизувати управління швидкістю на етапі зближення та стикування заправних пристроїв, формуючи експоненціальний закон зниження швидкості на основі методу управління с прогнозною моделлю (МПМ).

На етапі зближенням за датчик інформації можна використовувати ультразвуковий датчик дистанції типу паркувального радара (парктроніка). Ультразвукові датчики встановлюються по колу в задню частину юбки конуса (рис. 2.) для вимірювання з урахуванням відстані від датчиків до замка конуса дистанції ΔD до штанги заправника за відбитим від неї ультразвуком.

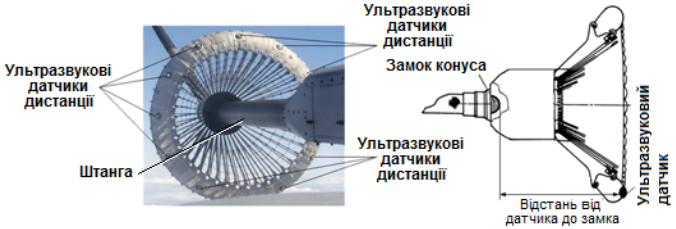


Рис. 2

Якщо заправник порушує задану зміну швидкості зближення, то, реалізуючи МПМ, від нового значення швидкості заправника формується інша експоненціальна траєкторія зміни швидкості, яка приводить швидкість ЛТ до заданої швидкості у момент контакту. Обов'язковим елементом МПМ на етапі зближення є прогноз зміни швидкості заправника.

Якщо модель руху центру мас ЛТ описується системою нелінійних диференціальних рівнянь

$$\dot{\mathbf{x}} + f(\dot{\mathbf{x}}, \mathbf{u}) = 0. \qquad (1)$$

то за модель МПМ обирають спрощену модель зміни швидкості заправника для режиму дозаправки:

$$\dot{\overline{\mathbf{x}}}(\tau) + \overline{f}(\tau, \overline{\mathbf{x}}(\tau), \overline{\mathbf{u}}(\tau)) = 0, \qquad \overline{\mathbf{x}}\big|_{\tau=t} = \mathbf{x}(t), \tag{2}$$

В рівняннях (1), (2) **x** –вектор стану, **u** –вектор керування, t – час.

Надавши вихідні параметри прогнозної моделі рівними поточному стану об'єкта та деяке керування, відбувається інтегрування рівнянь моделі (2), що дає прогноз руху ЛТ на заданому проміжку часу (на інтервалі прогнозування). Змінюючи за певною програмою управління $\overline{\mathbf{u}} = \mathbf{u}(\tau)$ як функцію часу на інтервалі часу $\tau \in \left[t + T_p \right]$ та інтегруючи рівнянь моделі (2) з початковими умовами $\overline{\mathbf{x}}\big|_{\tau=t} = \mathbf{x}(t),$ розшукується оптимальне значення управління, яке прогнозує задану поведінку об'єкту управління на горизонті прогнозуванням T_p.

Будь які завдання оптимального керування спираються на пошук такого управління, яке забезпечує досягнення цілі цього управління та повертає мінімум заданого функціонала якості:

$$\lim_{t\to\infty} \left\| \mathbf{x}(t) - \mathbf{r}_x(t) \right\| = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \left\| \mathbf{u}(t) - \mathbf{r}_u(t) \right\| = 0. \tag{3}$$

Тут $\mathbf{r}_x(t)$ і $\mathbf{r}_u(t)$ – цільові функції управління, які визначають жаданий рух об'єкта управління при наявноті обмежень $\mathbf{x}(t) \in X \ \ \forall \ \ t \in [0, \infty]$.

При формулюванні задачі вибору оптимального управління на основі МПМ, будемо вважати, що метою управління є забезпечення певної поведінки моделі (2), яка визначається вектор-функціями типу (3).

Оптимальне керування для МПМ розшукується мінімізацією функціоналу, який формується у вигляді:

$$J(\mathbf{x}(t), \overline{\mathbf{u}}(\cdot), T_p, T_c) \to \min_{\overline{\mathbf{u}}(\cdot)\in\Omega_u}.$$

На етапі зближення задана швидкість ЛТ формується автоматом тяги за експоненціальним законом:

$$\delta_{\text{сг}} = K_V (V_{\text{з}} - V); \quad V_{\text{з}} = V_{\text{дз}} + V_{\Delta D}; \quad V_{\Delta D} = \left(\Delta D + D_{\text{ас}} \right) / T_{\text{exp}}. \tag{4}$$

Тут $V_{\text{з}}$ – задана швидкість; $V_{\text{дз}}$ - швидкісті ДЗ; $V_{\Delta D}$ - доданок до заданої швидкості ДЗ, який змінюється за експоненціальним законом залежно від відстані ΔD між заправними пристроями.

Дотик штанги до замка конуса (до асимптоти експоненти) при використанні експоненціального закону формування траєкторії зближення теоретично відбувається тільки в безкрайності. Щоб уникнути цього, асимптота експоненти має розташовуватись за замком конуса на рівні $D_{\text{ас}} = T_{\text{exp}} / V_{\text{з}}$.

За змінний параметр управління обирається T_{exp} - стала часу експоненти, при якій відхилення швидкості в точці контакту штанги і замка конуса мінімізується.

Знайдене оптимальне управління протягом того ж проміжку часу реалізується на реальному об'єкті і наприкінці цього кроку знову вимірюється його фактичний стан, щоб використати його в прогнозній моделі.

Горизонт прогнозування зсувається на крок уперед (інтервал прогнозу зменшується), і повторюються дії пошуку нового оптимального управління.

Точність управління залежить від інтервалу прогнозу, з його зменшенням, точність управління зростає.

Дослідження управління з прогнозними моделями на етапі контактування заправних пристроїв проводилось за допомогою програми математичного моделювання Simulink, що входить до складу пакету MATLAB (див. рис. 3).

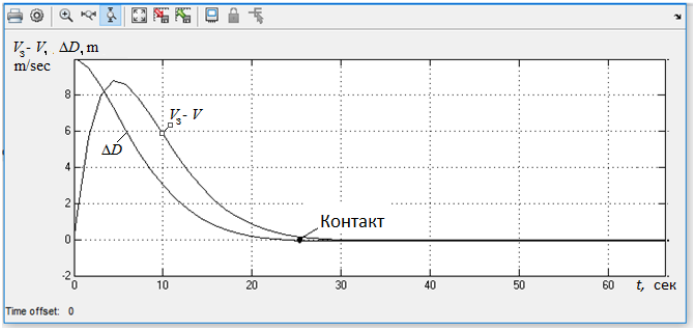


Рис. 3

Моделювання продемонструвало ефективність запропонованого методу керування за допомогою прогнозної моделі. Час наближення до КД з відстані 10 метрів становить приблизно 25 секунд. Швидкість контакту можна змінити шляхом зміни значення параметра *D*as.

З метою зменшення часу зближення та стикування пристроїв дозаправлення пропонується на останньому етапі процесу зближення задіяти дистанційне управління швидкістю обертання барабана паливного шланга підвісного агрегату дозаправки, керуючи таким чином швидкістю зближення та відповідно положенням КП відносно штанги ЛТ. Процес дистанційного керування швидкістю зближення КП зі штангою ЛТ шляхом розмотуванням барабана паливного шланга значно менш інерційний ніж керування швидкістю польоту багатотонного танкера.

При дозаправці у повітрі перед контактом з підвісного агрегату заправки типу Cobham-754 літака, що заправляється, повинно бути випущено з барабана близько 15…18 метрів паливного шлангу. Літак-танкер наближається до конуса на відстань порядку 20 м, використовуючи звичайні алгоритми управління зближенням, після чого вмикається режим стабілізації швидкості дозаправлення і починається етап стикування заправних пристроїв.

Система дистанційного наведення конуса на штангу ЛТ, покращує процес стикування, стабілізуючи КП в просторі та парируючи турбулентні збурення. Одночасно вмикається система дистанційного управління зближенням конуса зі штангою літака заправника через систему управління підмотування барабана паливного шлангу (рис. 4). Механізм керування барабаном підмотування паливного

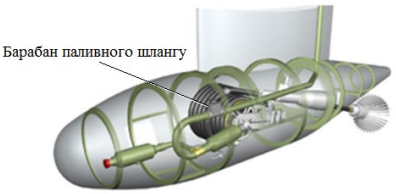


Рис. 4

шланга має автоматичний або ручний режим роботи. Пропонується доповнити ці режими режимом дистанційного керування швидкістю розмотування барабана паливного шлангу.

Як і в режимі управління швидкістю ЛТ для дистанційного управління швидкістю розмотування барабана пропонується використовувати метод управління с МПМ, формуючи експоненціальну траєкторію зближення. Природно, що в якості МПМ вибирають модель зміни довжини випущеного шлангу залежно від швидкості обертання барабана паливного шлангу.

За рахунок зміни швидкості розмотування барабана $\dot{\varphi}$, реалізується управління швидкістю наближення КП до штанги ЛТ за найпростішим законом управління:

$$\dot{\varphi} = K_V (V_з - V)$$

де поточна швидкість зближення V формується шляхом диференціювання поточної дистанції ΔD між заправними пристроями $V = \Delta \dot{D}$, а задана швидкість у вигляді:

$$V_з = \left(\Delta D + D_{\text{ac}}\right) / T_{\text{exp}}.$$

Після здійснення зчеплення штанги дозаправлення танкера з КП включається режим збереження танкером свого місця в строю дозаправки. Режим вмикається за сигналом кінцевого вимикача замка конуса, одночасно на приладових дошках літаків спалахує табло "Зчеплення".

Висновки:

Технологія дозаправки регіональних реактивних літаків у польоті дозволить: збільшити їх комерційне корисне навантаження; істотно економити паливо і скорочувати викиди в атмосферу вуглекислого газу.

Запропонована система автоматизації стикування пристроїв дозаправлення у повітрі суттєво знижують психофізичні навантаження пілотів літаків-заправників, підвищують та надійність та простоту дозаправлення навіть у турбулентній атмосфері.

Автоматичне та дистанційне керування швидкістю розмотування барабана паливного шлангу суттєво скорочує час дозаправлення, полегшує техніку пілотування літаком-заправником та підвищує безпеку контактування на етапі стикування.

Оснащені запропонованою системою дозаправлння у повітрі регіональні літаки українського виробництва, на маршрутах до Південно-Східної Азії можуть стати поза конкуренцією.

Список літератури

1. M.K. Filyashkin Automation of Technology of AIR-to-AIR Refueling Regional Aircraft. //Electronics and Control Systems 2016. N 2(48): 87-91.

2. Thomas, PR, Bhandari, U., Bullock, S., Richardson, TS, i Du Bois, JL, “Advances in Air to Air Refuelling,” Progress in Aerospace Sciences, Vol. 71, Nov. 2014, pp. 14–35. doi:10.1016/j.paerosci.2014.07.001.

3. Project–RECREATE http://www.cruiserfeeder.eu/project.

UDC 629.7.05

Yu.A. Plaksiy, Candidate of Technical Sciences
(National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute", Ukraine)

Optimization of algorithms for determining orientation quaternions on the reference model of spherical motion of a rigid body in Krylov angles

The results of the optimization of three well-known algorithms of orientation on the analytical model of the spherical motion of a rigid body, which is based on a sequence of Krylov angles that change over time according to a linear law, are presented. It is shown that the optimized algorithms have improved estimates of the accumulated computed drift compared to the non-optimized algorithms.

The problem of improvement of accuracy of the algorithms for determining the orientation quaternion under conditions of ideal information from the triad of angular velocity sensors in the form of quasi-coordinates is considered:

$$\theta_i^* = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \omega_i(t)dt, \quad i = 1,2,3, \tag{1}$$

where $\omega_i(t)$, $i = 1,2,3$ – projections of the absolute angular velocity vector $\vec{\omega}(t)$ on the axis of the coordinate system associated with the moving object.

The use of quaternions in strapdown orientation systems is prioritized, since the kinematic equation is linear, has the first integral, and quaternion algebra can be used for vector transformations. One of the approaches to the construction of algorithms for calculating the orientation quaternion is based on the use of the orientation vector as an "intermediate" parameter [1, 2]. The conical movement model is usually used to evaluate the coefficients in order to optimize the algorithms for determining the increment of the orientation vector per calculation cycle. Algorithms optimized for conical motion are not optimal for other rotational motions. This work presents the results of optimization of three well-known orientation algorithms on the model of spherical motion of a rigid body, which is built on a sequence of Krylov angles.

An analytical model of the spherical motion of a rigid body based on the sequence of Krylov angles.

Consider a kinematic model built on the basis of a sequence of elementary rotations around the coordinate axes in terms of Krylov angles, which change over time according to a linear law [3]:

$$\lambda_0(t) = c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 + s_1 \cdot s_2 \cdot s_3;\ \ \lambda_1(t) = c_1 \cdot c_2 \cdot s_3 - s_1 \cdot s_2 \cdot c_3;$$

$$\lambda_2(t) = c_1 \cdot s_2 \cdot c_3 + s_1 \cdot c_2 \cdot s_3;\ \ \lambda_3(t) = s_1 \cdot c_2 \cdot c_3 - c_1 \cdot s_2 \cdot s_3, \tag{2}$$

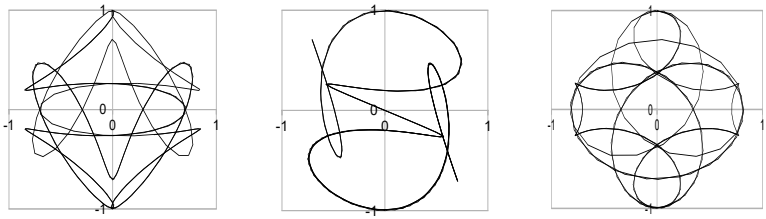
where $c_i = cos\left(\frac{k_i t}{2}\right)$, $s_i = sin\left(\frac{k_i t}{2}\right)$, $i = 1,2,3$, $\lambda_j(t)$, $j = 0,1,2,3$ - components of the orientation quaternion, $k_i > 0$, $i = 1,2,3$ - constant values that can be interpreted as frequencies.

According to the kinematic equation, the quaternion (2) corresponds to the angular velocity vector with the following formulas for projections onto the connected axes:

$$\begin{aligned}\omega_1(t) &= k_3 - k_1 \cdot sin(k_2 t);\\ \omega_2(t) &= k_1 \cdot cos(k_2 t) \cdot sin(k_3 t) + k_2 \cdot cos(k_3 t);\\ \omega_3(t) &= k_1 \cdot cos(k_2 t) \cdot cos(k_3 t) - k_2 \cdot sin(k_3 t).\end{aligned} \quad (3)$$

Formulas (2), (3) can be interpreted as exact solutions of the system of dynamic and kinematic equations of a rigid body rotational motion. At the same time, the rotation model is formal, since it is not possible to specify in advance the dynamic characteristics of the rigid body for which it takes place. It is shown in [3] that model (2), (3) with given values of frequencies k_1, k_2, k_3 describes a more complex rotational motion than the known formal model of conical motion. For the modeling of orientation algorithms, formulas (3) are used as the basis of the analytical representation of quasi-coordinates at the calculation cycle.

Fig.1 shows the trajectories $\lambda_i(\lambda_0), i = 1,2,3$ in the configuration space of the orientation parameters obtained numerically for the kinematic model (2) on the time interval $t \in [0,200]$ sec and at the frequency values $k_1 = 0.15$, $k_2 = 0.25, k_3 = 0.05$.



$\lambda_1(\lambda_0)$ $\lambda_2(\lambda_0)$ $\lambda_3(\lambda_0)$

Fig. 1. Trajectories in the configuration space for the spherical motion model

Selected orientation algorithms for optimization on spherical motion model.

Consider the following algorithms for optimization on the model of spherical motion.

1. Algorithm 1 (R. Miller [1]).

In Miller's algorithm, the increment of the orientation vector $\vec{\theta}_n = (\theta_{n1}, \theta_{n2}, \theta_{n3})$ per computational cycle $[t_{n-1}, t_n]$ is calculated from the formula:

$$\vec{\theta}_n = \vec{\theta}_n^* + \alpha\left(\vec{\theta}_n^{(1)} \times \vec{\theta}_n^{(3)}\right) + \beta\vec{\theta}_n^{(2)} \times \left(\vec{\theta}_n^{(3)} - \vec{\theta}_n^{(1)}\right), \quad (4)$$

where $\vec{\theta}_n^{(1)} = \int_{t_{n-1}}^{t_{n-1}+1/3\Delta T} \vec{\omega}\,(t)dt$, $\vec{\theta}_n^{(2)} = \int_{t_{n-1}+1/3\Delta T}^{t_{n-1}+2/3\Delta T} \vec{\omega}(t)dt$, $\vec{\theta}_n^{(3)} = \int_{t_{n-1}+2/3\Delta T}^{t_{n-1}+\Delta T} \vec{\omega}(t)dt$ - output signals of gyroscopes formed within the calculation cycle at moments of time $t_{n-1} + 1/3\,\Delta T$, $t_{n-1} + 2/3\,\Delta T$, $t_{n-1} + \Delta T$, where ΔT – calculation cycle time, $\vec{\theta}_n^* = \left(\theta_{n1}^*, \theta_{n2}^*, \theta_{n3}^*\right)$. Miller obtained that $\alpha = 33/80, \beta = 57/80, \alpha + \beta = 90/80$ on the basis of optimization for conical motion.

2. Algorithm 2 (A. Panov [2]).

In Panov's two-step algorithm, the increment of the orientation vector per calculation cycle is calculated from the formula:

$$\vec{\theta}_n = \vec{\theta}_n^* + \alpha\left(\vec{\theta}_n^{(4)} \times \vec{\theta}_n^*\right), \quad (5)$$

where $\vec{\theta}_n^{(4)} = \int_{t_{n-1}}^{t_{n-1}+1/2\Delta T} \vec{\omega}\,(t)dt$, $\alpha = 2/3$.

To obtain the current orientation quaternion Λ_n^* based on Algorithm 1 and Algorithm 2, we apply the formula for adding turns $\Lambda_n^* = \Lambda_{n-1}^* \circ \Delta\Lambda_n^*$, where the scalar $\Delta\lambda_{n0}^*$ and vector parts $\Delta\overrightarrow{\lambda_n^*}$ of the turn quaternion $\Delta\Lambda_n^*$ on the cycle $[t_{n-1}, t_n]$ are calculated according to the formulas

$$\Delta\lambda_{n0}^* = 1 - (1/8)\theta_n^2 + (1/384)\theta_n^4,$$
$$\Delta\overrightarrow{\lambda_n^*} = (1/2)\overrightarrow{\theta_n}(1 - \theta_n^2/24), \quad (6)$$

where $\theta_n^2 = \theta_{n1}^2 + \theta_{n2}^2 + \theta_{n3}^2$.

3. Algorithm 3 (Yu. Plaksiy [4]).

This two-step power-law algorithm for calculating the rotation quaternion does not use intermediate parameters and has working formulas for determining the components of the rotation quaternion directly from the quasi-coordinate information in the form:

$$\Delta\lambda_{n0}^* = 1 - (1/8)\theta_n^{*2} + (1/384)\theta_n^{*4},$$

$$\Delta\overrightarrow{\lambda_n^*} = (1/2)\vec{\theta}_n^*\left(1 - \theta_n^{*2}/24\right) + \alpha\left(\vec{\theta}_n^{(4)} \times \vec{\theta}_n^*\right), \quad (7)$$

where $\alpha = 1/3$.

Numerical optimization of orientation algorithms based on the analytical model of spherical motion

To optimize the algorithms, consider the rotational movement model, which is described by formulas (3), (4) at the values $k_1 = 0.15, k_2 = 0.25, k_3 = 0.05$.

The numerical experiment was carried out on the time interval $t \in [0,200]$sec. for the calculation cycle $\Delta t = 0.1$ sec. It was experimentally found that the accumulated error of computational drift has a trend of linear growth over time for all algorithms under consideration.

Table 1 presents the maximum values of the accumulated drift error for the presented algorithms (5), (6), (7) on the time interval $t \in [0,200]$ sec. for the calculation cycle $\Delta t = 0.1$ sec.

Table 1.

The maximum error value of the accumulated drift, rad

Algorithm 1, $\alpha = 33/80, \beta = 57/80$	Algorithm 2, $\alpha = 2/3$	Algorithm 3, $\alpha = 1/3$
1.073E-06	1.029E-06	0.78E-06

Optimization of the algorithms based on the minimization of the error of the accumulated computational drift was carried out by refining the coefficients in the algorithms. It was found that the optimized coefficients differ significantly from the initial ones for Algorithm 1. The specified values of the coefficients for Algorithm 1 are as follows: $\alpha = -151/20, \beta = 347/40$. Optimization for Algorithm 2 gives the value of the coefficient $\alpha = 4000321/6000000$, for Algorithm 3 we have as a result a refined coefficient $\alpha = 99994/300000$.

The values of the refined coefficients for the algorithms under consideration are given in Table. 2.

The performed numerical experiment shows that the accumulated error of the computational drift for all optimized algorithms has an oscillatory character, in contrast to the respective error for non-optimized algorithms. At the same time, the maximum value of the error practically does not increase over time. Table 2 presents the maximum error values of the accumulated drift for the optimized algorithms on the time interval $t \in [0,200]$ sec.

Table 2.

The maximum value of the accumulated drift error for optimized algorithms, rad

Algorithm 1, $\alpha = -151/20$, $\beta = 347/40$	Algorithm 2, $\alpha = 4000321/6000000$	Algorithm 3, $\alpha = 99994/300000$
0.225E-06	0.421E-07	0.471E-07

Conclusions.

On the basis of the numerical experiment performed on an analytical model of spherical rotational motion in terms of linear Krylov angles, refined coefficients were found for the selected orientation algorithms that optimize the error of the maximum accumulated computational drift. The performed optimization leads to a reduction by an order of magnitude of the maximum value of the accumulated error of the computational drift and to an improvement of the change tendency of the computational drift error over time.

References

1. Miller R.B. A new strapdown attitude algorithm//Journal of Guidence, Control and Dynamics. – Vol. 6. – No 4. – 1983. – P.287– 291.

2. Panov A.P. Matematycheskye osnovy teoryy ynertsyalnoi navyhatsyy [Mathematical foundations of the theory of inertial navigation] – K.: Nauk. dumka, 1995. – 280 p.

3. Plaksiy Yu.A. Etalonna model obertannia tverdoho tila na osnovi predstavlennia kvaterniona oriientatsii v funktsiiakh kutiv Krylova, shcho zminiuiutsia u chasi [Reference model of rotation of a solid body on the basis of representation of a quaternion of orientation as Krylov's angles changing in time] // Visnyk NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». – 2015.– №18(1127).– Pp.120–130.

4. Plaksiy Yu.A. Stepenevi alhorytmy vyznachennia kvaternioniv oriientatsii ta yikh interpoliatsiini modyfikatsii [Power algorithms for determining orientation quaternions and their interpolation modifications]// Visnyk NTU «KhPI». – Kh.: NTU «KhPI». – 2013.– №58 (1031).– Pp.168–177.

UDC 629.7.05:531.1

PhD, I. O. Homozkova
(National Technical University "Kharkiv Polytechnical Institute",Ukraine)

Technologies for increasing the accuracy of SINS algorithms: optimization of the 4th order Panov algorithm

The Panov algorithm of the 4th order of accuracy was studied. New parameter values for this algorithm are derived that are adaptable for different motion types. By implementing the optimized algorithm on the four-frequency quaternion model, navigation information was obtained with greater accuracy than with the classical parameter value.

Adaptation of existing algorithms for objects with complex types of movement

Strapdown inertial navigation systems (SINS) allow accurate determination of the position, speed and orientation of moving objects without the use of external sources of information. They have proven their effectiveness in conditions where traditional navigation methods can fail, for example, due to obstacles or interception of signals.

The main elements of SINS include measuring equipment for collecting data on object movement and a computer (calculator) for their processing. Ideal data from the triad of angular velocity sensors are sent to the on-board computer in the form of quasi-coordinates [1]:

$$\theta_n^* = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \boldsymbol{\omega}(t)dt, \quad (1)$$

$\boldsymbol{\omega}(t)$ – projections of the absolute angular velocity vector of the object on the axis of the bound coordinate system.

Based on the measurements, an orientation determination algorithm is implemented that calculates the position of the object in real time. The main quality criterion of SINS is the accuracy of the navigation parameters obtained using the selected algorithm.

There are many algorithms for determining orientation quaternions and they differ in accuracy, mathematical complexity, and approaches to the use of intermediate parameters, such as the orientation vector or the Euler vector.

In Ukraine, a significant contribution to the development of algorithms for determining the orientation vector was made by A. Panov [2-4], who created a number of algorithms that use primary information (1) from different recording cycles. This approach allows you to take into account the features of the object's movement, but requires data from several previous cycles, which can load the computer at the beginning of the system's operation.

Foreign research is focused on algorithms that use inertial information within a calculation cycle, in particular, polynomial approximation of angular velocity, which is especially useful for highly dynamic objects [5-8].

Most algorithms for determining the orientation vector are adapted to the motion of a rigid body corresponding to regular precession or conical rotation.

Since the local or accumulated error of the algorithm has an analytical form, it allows to optimize existing orientation algorithms for specific test movements (different from classical ones).

One of the methods of optimization of algorithms for regular precession and conical motion is proposed by A. Panov [4] and focuses on minimizing the asymptotic estimates of the error of the computational drift. The improved approach of the optimization technique is described in works [6-8], where the results of the adaptation of algorithms, including for random angular motion, are presented.

R. Miller [5] proposed optimization of orientation algorithms for conical motion by adjusting the coefficients without changing the structure of the algorithm, using an analytical expression for the error in the form of a power series. A similar technique is presented in the work of M. Ignagni [6].

Choosing the optimal algorithm for a specific moving object is a complex task that requires detailed analysis. The accuracy of the algorithms is usually evaluated through special test motions of a rigid body, where the orientation and angular velocity components are presented analytically. Of particular interest is obtaining methodical accuracy estimates of algorithms optimized for more complex rotational movements.

Optimization of the Panov algorithm

The choice of the algorithm for determining orientation quaternions in BINS depends on the criteria put forward for the navigation system. At the initial stage, the parameters that describe the position of the object relative to its center of mass are analyzed, and the features of the system are also taken into account, such as the type of orientation parameters, the characteristics of the sensors, the speed of the algorithm and the level of accuracy. In the development of modern SINS, algorithms of the 4th order are usually used, which have high accuracy and at the same time do not accumulate additional noise. But they may have errors due to the chosen method of numerical integration.

One of the widely used algorithms for determining orientation in SINS is the algorithm of A. Panov of the 4th order of accuracy, which in general has the following form [2]:

$$\theta_{\mathrm{i},n} = \theta^*_{\mathrm{i},n} + \left(\frac{2}{3} + \alpha\right)\left(\theta_{\mathrm{i}-\frac{1}{2}\Delta t,n} \times \left(\theta^*_{\mathrm{i},3} - \theta_{\mathrm{i}-\frac{1}{2}\Delta t,n}\right)\right), \quad (3)$$

де θ^*_{i}- integrals from the angular velocity projections obtained at each step of information acquisition:

$\theta^*_{\mathrm{i},n} = (\theta^*_{\mathrm{i},1}, \theta^*_{\mathrm{i},2}, \theta^*_{\mathrm{i},3})$

$\theta_{\mathrm{i}-\frac{1}{2}\Delta t}$- quasi-coordinate values obtained within the selected cycle;

α – constant parameter of the algorithm.

In order to increase the accuracy of the Panov algorithm and optimize it for the conditions of use on objects with complex types of angular motion, a study was conducted that focused on the special setting of the α parameter for specific implementation conditions.

Program-numerical optimization on the four-frequency model

When developing and testing algorithms for determining orientation, reference models based on the trigonometric representation of the quaternion are used. In this work, a new continuous reference model based on the four-frequency representation of the orientation quaternion is presented as a test motion [9]:

$$\begin{aligned}
\lambda_0(t) &= cos\frac{\chi}{2}\left(cos\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}+sin\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}\right)\\
&\quad - sin\frac{\chi}{2}\left(cos\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}+sin\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}\right);\\
\lambda_1(t) &= cos\frac{\chi}{2}\left(cos\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}-sin\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}\right)\\
&\quad - sin\frac{\chi}{2}\left(sin\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}-cos\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}\right);\\
\lambda_2(t) &= cos\frac{\chi}{2}\left(cos\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}+sin\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}\right)\\
&\quad + sin\frac{\chi}{2}\left(cos\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}+sin\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}\right);\\
\lambda_3(t) &= cos\frac{\chi}{2}\left(sin\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}-cos\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}\right)\\
&\quad + sin\frac{\chi}{2}\left(cos\frac{\varphi}{2}cos\frac{\psi}{2}sin\frac{\vartheta}{2}-sin\frac{\varphi}{2}sin\frac{\psi}{2}cos\frac{\vartheta}{2}\right),
\end{aligned} \tag{4}$$

де φ, ψ, ϑ and χ - angles that are dependent on time:
$\varphi = k_1 t, \psi = k_2 t, \vartheta = k_3 t, \chi = k_4 t.$

The obtained quaternion representation of the rotational motion is supplemented with expressions for the projections of the angular velocity vector, which are calculated from the inverse quaternion kinematic equation (5):

$$\omega = 2 \cdot \widetilde{\Lambda} \circ \dot{\Lambda}, \tag{5}$$

де $\widetilde{\Lambda}$ – conjugate quaternion inverse of the given:
$\widetilde{\Lambda} = (\lambda_0, -\lambda_1, -\lambda_2, -\lambda_3)$;
$\dot{\Lambda} = \frac{d\Lambda}{dt}$;
$\omega = (0, \omega_1, \omega_2, \omega_3)$.

By integrating expressions (5) at each cycle $[t_{n-1}, t_n]$ and with a properly specified set of frequencies k_i, a reference model is obtained that can be used to simulate the angular motion of a rigid body under various operating conditions

To assess the accuracy of the selected algorithm, SINS usually determines the drift type error (accumulated small angle of rotation of the calculated position of the object relative to the true one). This error is permanent and accumulates over time [1]. Drift analysis for a specific moving object is important for managing and correcting its position.

In this work, different values of the parameter α were determined for Panov's algorithm. The study was conducted on a four-frequency model in the case when the k_i parameters are selected taking into account the limitation for the angular velocity module at the study interval (system operation time T=1000 seconds, information acquisition cycle Δt=0.1 seconds). The results of the numerical implementation of the algorithm on the four-frequency model are presented in Table 1.

Table 1 – The value of the drift error at different parameter values α

parameter α	Panov's algorithm of the 4th order (drift, rad)
0	0.0006341
0.001	0.0000271
0.002	0.0005095
0.0015	0.0002423
-0.001	0.0010945
0.0005	0.0002927

The results show that under the same conditions of implementation on the four-frequency model, the smallest drift is obtained at the value α=0.001. In addition, the performed optimization made it possible to increase the accuracy of the algorithm in comparison with the classical values for the Miller algorithm [5-6, 9].

Graphically, the relationship between the value of the parameter α and the obtained drift error is shown in Fig. 1

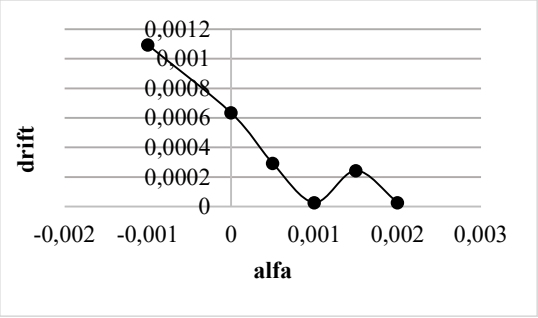


Figure 1 – Accumulated drift estimate for the modified Panov algorithm depending on the parameterα

Conclusions

The Panov algorithm of the 4th order of accuracy was studied. With the help of the technique of special setting of parameters, this algorithm was adapted to the conditions of motion, which are more complex than classical ones (regular precession and conical rotation). The optimal value of the alpha parameter is established, which allows to increase the accuracy of determining the navigation parameters in systems with four degrees of freedom, compared to the classical approaches of Panov's algorithm and Miller's algorithm.

References

1. Lazarev Y. F., Sapegin O. M. Algorithms of strapdown inertial orientation systems. Applied methods of synthesis and accuracy analysis. KPI named after Igor Sikorsky. Kyiv, 2018. 141 p.

2. Panov A. P. Mathematical foundations of the theory of inertial navigation. Naukova dumka. Kyiv, 1995. 280 p.

3. Panov A. P. Two-step algorithms for calculating orientation parameters. Space research in Ukraine. Kyiv, 1974. No. 5. P.76–82.

4. Panov A. P. Optimization of high-precision algorithms for computing quaternions in the case of a precession of a rigid body. Cybernetics and Computing. Kyiv, 1987. Vol. 73. P. 3–9.

5. Miller R.B. A new strapdown attitude algorithm. Journal of Guidence, Control and Dynamics. 1983. Vol. 6. No. 4. P. 287–291

6. Ignagni M.B. Optimal strapdown attitude integration algorithms. Journal of Guidence. Control and Dynamics. 1990. Vol.13. No 2. P.363–369.

7. Huang L., Liu J., Zeng Q., Xiong Z. A new second-order strap down attitude algorithm. International Journal of Innovative Computing, Information and Control. 2013. Vol. 9. No. 8. P. 3449-3462.

8. Jiang P., Zhang Y., Hao Q., Fan S., Xu D. A Method Converting Cone Into Sculling Algorithm for Strapdown Inertial Navigation System IEEE Access. 2019. Vol. 7. P. 140430-140437.

9. Homozkova I. O., Plaksiy Yu. A. Optimization and software-numerical implementation of the Miller algorithm on a four-frequency model of the vibrational motion of a solid body. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. Kharkiv, 2021. No. 2. P. 44 - 49.

UDC 629.7:004.8:681.5

I.V. Myroshnychenko, D.P. Kucherov
(National Aviation University, Ukraine)

Intellectual Control Systems for Aviation: Enhancing Autonomy and Safety

This paper presents an innovative approach to the implementation of intellectual control systems in aviation, focusing on their applications to both manned and unmanned aerial vehicles).

This paper presents an innovative approach to the implementation of intellectual control systems in aviation, focusing on their applications to both manned and unmanned aerial vehicles (UAVs). These systems are developed using advanced neural network architectures and deep reinforcement learning (DRL) techniques to enable dynamic decision-making, real-time adaptation, and increased automation in complex and unpredictable flight environments. This approach offers new possibilities for improving safety, autonomy, and operational efficiency in aviation.

The increasing complexity of modern aviation systems necessitates the development of more intelligent and autonomous control mechanisms. Traditional control frameworks, though effective in certain scenarios, struggle to cope with dynamic environments and unexpected changes. In recent years, neural network-based control systems have emerged as powerful tools for addressing these challenges by enabling adaptive, real-time decision-making.

In this paper, we explore the potential of deep reinforcement learning (DRL) integrated into neural networks for developing intellectual control systems. The focus is placed on controlling both individual and groups of UAVs, which are becoming indispensable in various sectors, including agriculture, logistics, defense, and disaster management.

Previous research on control mechanisms for UAVs and other aerial vehicles has demonstrated the limitations of traditional methods such as manual control and pre-programmed autopilots. Neural networks, particularly deep learning models, have shown promise in overcoming these limitations by providing greater flexibility and learning from environmental interactions. Recurrent neural networks (RNNs), convolutional neural networks (CNNs), and DRL techniques have been successfully applied in similar contexts to manage control tasks, from obstacle avoidance to formation flying and target tracking.

This paper proposes a DRL-based intellectual control system for aviation, designed to enhance both autonomy and operational safety. Our framework integrates neural networks that learn and adapt to environmental changes by analyzing real-time data from sensors and onboard systems. The architecture consists of:

1. Actor-Critic Network Architecture A dual-network system where the actor network predicts the optimal control action, and the critic network evaluates the predicted action by estimating the reward outcome.
2. Multi-Agent Coordination Framework: Specifically designed for groups of UAVs, the system enables them to work together to achieve

shared objectives, such as search and rescue operations or coordinated surveillance.

The proposed system not only enhances the individual decision-making capabilities of each UAV but also facilitates inter-agent communication and collaboration, even in conditions of limited or delayed information sharing.

To validate the proposed control system, we conducted a series of simulations in a disaster response scenario. In these simulations, a group of UAVs was tasked with locating and tracking multiple targets in a dynamically changing environment, while simultaneously avoiding obstacles and potential hazards. Each UAV was equipped with sensors providing real-time data on its surroundings, which were processed by the neural network to generate optimal control actions.

The experimental results showed that the DRL-based intellectual control system significantly outperformed traditional autopilot systems in terms of coordination, adaptability, and overall mission success. The system demonstrated robust performance across varying environmental conditions and was able to dynamically adapt to changes, such as the appearance of new obstacles or targets.

The results of our experiments indicate that neural network-based intellectual control systems hold great potential for advancing aviation technologies, particularly in enhancing the autonomy of UAVs. These systems offer a high degree of scalability, enabling the coordination of large teams of UAVs, each with unique capabilities and characteristics.

Key challenges remain, such as improving the interpretability of the decision-making process and ensuring the robustness of the system in more complex real-world scenarios. Furthermore, additional research is needed to optimize the training processes and minimize the computational resources required for large-scale deployments.

The development of intellectual control systems using neural networks and DRL marks a significant advancement in aviation technology. By enhancing the autonomy and adaptability of UAVs and other aerial vehicles, these systems have the potential to revolutionize various applications, from routine commercial flights to emergency response operations.

Future research will focus on expanding the capabilities of these systems to handle more complex and dynamic scenarios, improving their safety and reliability, and scaling their application to larger, more diverse fleets of aircraft.

References

1. Hussain, Altaf & Khan, Habib & Nazir, Shah & Ullah, Ijaz & Hussain, Tariq. (2022). Taking FANET to Next Level: The Contrast Evaluation of Moth-and-Ant with Bee Ad-hoc Routing Protocols for Flying Ad-hoc Networks. ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal. 10. 321-337. 10.14201/ADCAIJ2021104321337.

2. Kocic, Jelena & Jovicic, Nenad & Drndarevic, Vujo. (2019). An End-to-End Deep Neural Network for Autonomous Driving Designed for Embedded Automotive Platforms. Sensors. 10.3390/s19092064.

3. Chang, Jason Zisheng, "Training Neural Networks to Pilot Autonomous Vehicles: Scaled Self-Driving Car" (2018). Senior Projects Spring 2018. 402

4. Gundy-Burlet, Karen. (2003). Neural Flight Control System.
5. Musiyenko M.P. Alhorytmy prokladannia marshrutu bezpilotnykh litalnykh aparativ na osnovi zastosuvannia neironnykh merezh Khopfilda / M.P. Musiyenko, I.M. Zhuravska // Visnyk Cherkaskoho derzh. tekhnol. un-tu : zb. nauk. prats. Seriia : Tekhnichni nauky. – 2016. – № 1. – S. 20–27

UDC 629.7.05:004.5(045)

A.V. Zvolikevych
(National Aviation University, Ukraine)

An impact of EEG signals measuring time on motor imagery prediction accuracy

A research of the influence of electroencephalography signal measurements time on the accuracy of motor images prediction for an unmanned aerial vehicle brain-computer interface controlled application.

Introduction.

Steering of an unmanned aerial vehicle (UAV) by means of electroencephalography (EEG) and a brain-computer interface (BCI) is an innovative technology which provides an opportunity to steer external devices by means of brain activity (in thought) [1]. Process-specialized EEG-electrodes are placed on the user`s scalp in order to read-out the signals that indicate human`s different psycho-emotional states. Collected signals are processed by means of process-specialized software. This software filters noise and extracts useful signals that correspond to the user`s certain commands or intentions. This may include recognition of certain patterns of brain activity corresponding to UAV control commands. Interpreted signals are converted into commands. These commands are then transmitted to UAV. The UAV receives and executes these commands e.g. changes flight direction, ascends or descends, etc.

The goal of this research is to determine the most suitable duration of EEG signals measurements that should be taken in order to achieve a high-precision motor imagery commands recognition for unmanned aerial vehicle remote control applications.

Neural Network (NN) Model

Let's develop a model Fully connected deep neural network with 6 hidden layers (Fig.1). Input layer units count will be variable according to the size of the input sample. Output layer has 4 units, each representing the probability fraction of the classes. The objective of this NN model is classification.

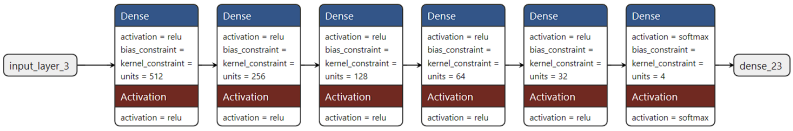


Fig. 1. NN model visualisation

The model is trained on “BCI Competition IV 2a: 4-class motor imagery” dataset [2]. This is a set of EEG data from 9 subjects. The BCI paradigm consists of four motor imagery tasks - imagination of movement of the left hand, right hand, both feet, and tongue - 4 classes in total. Here the very same data is used due to absence of publicly available data especially for UAV-steering. However this dataset has similarity with UAV-steering task, specifically - motor imagery task. This is why the results of this research can be used for developing UAV-steering neural networks models.

This dataset was reformatted for NN utilisation so as input train samples include signal EEG values from 22 electrodes for every time interval of corresponding duration for only a single test subject - patient id = 2, output train samples - categorical classes [3]. The chosen time intervals are shown in Table 1.

Table 1.

Recording time intervals

model	time (seconds)
1	0.02
2	0.08
3	0.2
4	0.4

According to every recording time interval a separate model with different Input layer units count is developed. For training 50 epochs and batch size 64 were chosen. Validation accuracy for every training epoch for every model is collected. The training result is displayed on the chart (Fig. 2).

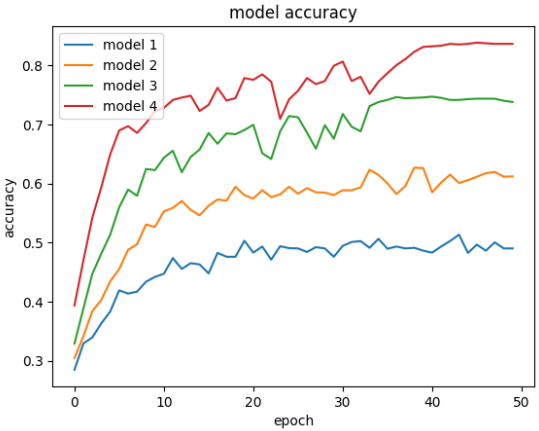


Fig. 2. Model accuracy

Let’s evaluate models accuracy using test data (Table. 2.).

Table 2.

Accuracy evaluation on test data

model	accuracy
1	0.48046875
2	0.6266416311264038
3	0.7346024513244629
4	0.8413223028182983

Let’s evaluate the performance of the models on data taken from another test subject - patient id = 3 (Table. 3.).

Table 3.

Accuracy evaluation on test data

model	accuracy
1	0.2517361044883728
2	0.23013699054718018
3	0.21583513915538788
4	0.24290220439434052

Conclusion. As it is seen from the results the bigger recording time provides better classification accuracy, i.e. the more input layer size is fed to the model the better is the accuracy. But for UAV-steering tasks a compromise between acceptable reaction time on control signals must be found. Also it should be noted that the model trained on EEG data of one user should not be used for another user, since their signals will differ almost every time.

References

1. Kamba Kalunga, Jeremie Otniel. Drone Control Using BCI Technology. 2023. Honors College Theses. 878. – 24 p.

2. Clemens Brunner, Robert Leeb, Gernot Müller-Putz. BCI Competition 2008–Graz data set A. IEEE Dataport. 2024. – 6 p. DOI: 10.21227/katb-zv89.

3. Navid Mohammadi Foumani, Lynn Miller, Chang Wei Tan, Geoffrey I. Webb, Germain Forestier, and Mahsa Salehi. Deep Learning for Time Series Classification and Extrinsic Regression: A Current Survey. 2023. – 47 p.

UDC 519.6: 681.3(045)

O.M. Tachinina, Doctor of Engineering, N.V. Bilak, V.O. Kutiepov
(National Aviation University, Ukraine)
O.I. Lysenko, Doctor of Engineering,
(National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine)

Method of parametric adjustment of the digital system of automatic stabilization of an unmanned aerial vehicle

The report is devoted to the method, which consists of complex application of the Ziegler-Nichols method and zero-order numerical methods for adjusting the parameters of the digital automatic control system of unmanned aerial vehicles, which are used as a flying platform on which precision target devices are located.

Method of parametric adjustment of the digital system of automatic stabilization of an unmanned aerial vehicle.

As initial data we will consider a scalar linear stationary mathematical model of a separate channel of digital system of precision automatic stabilization of the UAV (fig.1) [1]. The control action in a separate control channel is created by a separate propeller. That is, the number of control channels is equal to the number of screws. The mathematical model of the control object in a separate channel describes the dynamics of changes in the speed of small movement of the UAV along the direction of the axis of the propeller (Fig.1., Transfer Fnc4).

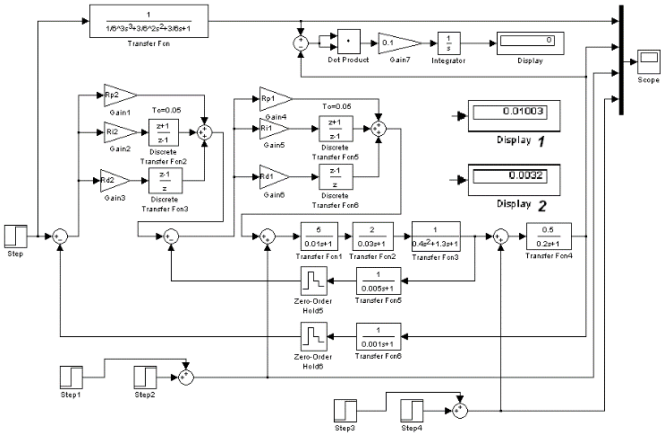


Fig. 1. Computer mathematical model of a separate channel of the digital system of precision automatic stabilization of the UAV: T_0 sampling period over time (T_0=0.05c, selected in accordance with the recommendations [2-5]).

In general, the computer mathematical model of a separate stabilization channel consists of the following blocks (Fig.1):

Gain1, Gain2 and Discrete Transfer Fnc2, Gain3 and Discrete Transfer Fnc3 – mathematical model of DPID - external circuit controller with parameters Rp2, Ri2, Rd2;

Gain4, Gain5 and Discrete Transfer Fnc5, Gain6 and Discrete Transfer Fnc6 – mathematical model of DPID - internal circuit controller with parameters Rp1, Ri1, Rd1;

Transfer Fnc1, Transfer Fnc2, Transfer Fnc3 – mathematical models of the DC amplifier, power amplifier and DC drive, respectively;

Zero-Order Hold5 together with Transfer Fnc5 and Zero-Order Hold6 together with Transfer Fnc6 – mathematical models of digital speed sensors, respectively, rotation of the rotor of the propeller drive and small movement of the UAV;

Step, Step1 together with Step2, and also Step3 together with Step4 – mathematical models of input action, pulsed electromagnetic and wind perturbations, respectively.

The parameters that need to be adjusted are the transmission factors of the DPID controllers Rpj, Rj, Rdj; respectively on the proportional, integral and differential signals for the first (j = 1) and second (j = 2) controllers.

As the criterion of optimality, we choose the integral of the deviation the output signal of the mathematical model of UAV motion $X(t)$ square averaged over the observation interval T $\Delta_x(t)$ along a separate degree of mobility from the reference (desired) change in time of this signal $X_b(t)$:

$$I(Rp1, Ri1, Rd1; Rp2, Ri2, Rd2) = \frac{1}{T}\int_0^T (\Delta_x(t))^2 dt, \quad (1)$$

where $\Delta_x(t)=X_b(t)-X(t)$; reference (desired) signal $X_b(t)$ and the criterion of optimality $I(Rp1, Ri1, Rd1; Rp2, Ri2, Rd2)$ are calculated (set algorithmically) using blocks respectively Transfer Fnc and Dot Product, Gain7, Integrator (Fig.1); duration of simulation time T=10 c. In general, the method of setting up a separate channel of the digital system of precision automatic UAV stabilization consists of two types of settings: virtual - on the computer mathematical model of the digital UAV automatic control system channel and real - performed on a real UAV, for the control channel (mobility), which was previously configured according to the method of virtual configuration.

The method of virtual configuration consists of three stages:

1st stage – choose a reference (desired) model of change in time of the transient process at the output of the control system;

2nd stage – we use the Ziegler-Nichols method to find the values of the parameters Rp1o, Ri1o, Rd1o; Rp2o, Ri2o, Rd2o, which we use in the next step as initial values in numerical methods of finding the minimum criterion $I(Rp1, Ri1, Rd1; Rp2, Ri2, Rd2)$.

The second stage consists of two substages:

Setting the first DPID controller only for the internal circuit and storing the values found Rp1o, Ri1o, Rd1o;

Setting up a second DPID controller (i.e., search Rp2o, Ri2o, Rd2o) provided that the first DPID controller uses previously found and stored parameter values Rp1o, Ri1o, Rd1o.

3rd stage – we apply any numerical method to find the minimum criterion (1):

$$I \rightarrow \min_{Rp1,Ri1,Rd1;Rp2,Ri2,Rd2} \quad (2)$$

It should be noted that during the performance of the 3rd stage, the found optimal solution is checked for sensitivity to the change of the parameters of the control object. These changes can be both deterministic (occur at certain points in time and at known quantities) and random.

Method of real adjustment allows to carry out (if necessary) specification of values of parameters of the digital controller received at virtual adjustment. Both types of configuration techniques should be part of the general methodology for the synthesis of digital UAV automatic control system in general. This article is devoted to the presentation of the method of virtual adjustment of a separate channel of the digital system of precision automatic stabilization of the UAV. Consider the result of applying the technique of virtual configuration, i.e., the technique that uses computer mathematical models (Fig.1).

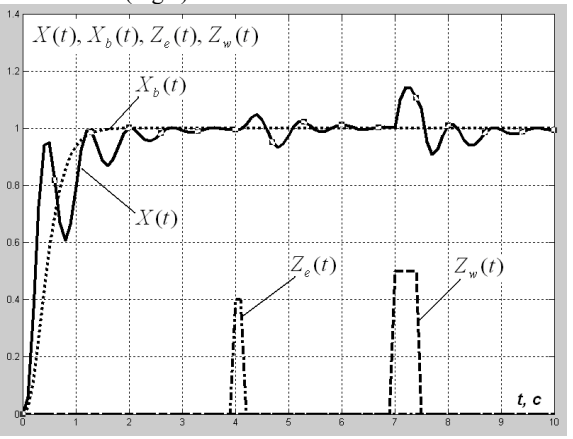


Fig.2. Transients at the output of the reference (desired) mathematical model $X_b(t)$ and a mathematical model of a separate channel of the digital system of precision automatic stabilization of the UAV X(t)

First stage. As a model of the reference (desired) change in signal time at the output of a separate channel of the digital system of precision automatic stabilization of the UAV, we choose the signal acting at the output of the model of the standard binomial form of the 3rd order [2-5]. times.

Second stage:

1st substage: We apply the Ziegler-Nichols method and obtain the following values of the parameters of the first DPID controller Rp1o=1.5; Ri1o=0.0882; Rd1o=3.1875.

2nd substage: We apply the Ziegler-Nichols method and obtain the following values of the parameters of the second DPID controller Rp2o=1.5; Ri2o=0.1; Rd2o=2.8125.

The result of computer simulation obtained using a computer mathematical model (Fig.1) shows that the output signal of the channel X(t) significantly different

from the signal at the output of the reference (desired) model $X_b(t)$ (Fig.2). The numerical value of the optimization criterion is 0.01003 (Fig.1).

Third stage. For the final optimization (adjustment) of the parameters of DPID-controllers (Fig. 1) we solve problem (2) using the numerical method of zero order, which is called the Hooke-Jeeves method [11, 12].

As a result, we get the optimal: the transition process X(t) at the output of the mathematical model of a separate channel of the digital system of precision automatic stabilization of the UAV (Fig. 3); point (Rp1opt=1, Ri1opt=0.07, Rd1opt=3.18; Rp2opt=0.3, Ri2opt= =0.08, Rd2opt=2.85) in the six-dimensional space of the parameters that were configured; the value of the criterion is Iopt(Rp1opt, Ri1opt, Rd1opt; Rp2opt, Ri2opt, Rd2opt)=0.0032. As you can see (Fig.2 and Fig.3), we managed to improve the quality of the transient process (the transient process was oscillating and became aperiodic, which almost coincides with the reference (desired) process), and also managed to reduce almost three times 0.01003/0.0032=3.1344 standard error.

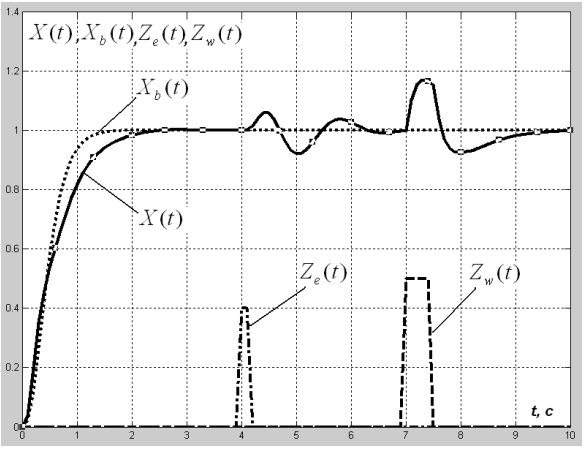


Fig.3. Transients at the output of the reference (desired) mathematical model $X_b(t)$ and mathematical model of a separate channel of the digital system of precision automatic stabilization of the UAV X(t) with optimal parameters of DPID - controllers

The proposed technique can be used at the stage of preparation of the UAV for flight (preliminary parametric synthesis of the digital automatic stabilization system) or for reconfiguration of the digital automatic stabilization system in real time (operational parametric synthesis).In the preliminary parametric synthesis, it is possible to take into account all deterministic changes in the parameters of a single channel of the digital system of precision automatic stabilization of UAVs and to remember the best values of the parameters of the DPID controllers corresponding to these changes.

At operative parametric adjustment in the conditions of uncertainty concerning knowledge of moments of time and size of change of parameters of control object (CO), it is offered to carry out the following actions:

before applying the technique to quickly identify the parameters of CO; to apply the mathematical model of CO updated as a result of identification in the given technique.

References

1. I. Romanchenko, O. Lysenko, S. Chumachenko, S. Danilyuk, V. Novikov, O. Tachinina, P. Kirchu, S. Valuysky. Models of application of information and telecommunication technologies on the basis of unmanned aerial vehicles in emergencies. NAU, 2016.
2. N. Repnikova. Theory of automatic control: classics and modernity. Textbook. NTUU "KPI", 2011.
3. A. Kargin, Introduction to intelligent machines. Book 1. Intelligent controllers. Nord Press., Don. NU, 2010.
4. R. Dorf, R. Bishop, Modern control systems. Laboratory of basic knowledge, 2002.
5. G. Goodwin, S. Grebe, M. Silgado, Design of control systems. Binom. Basic knowledge laboratory, 2004.
6. O. Yakhno, A. Uzunov, A. Lugovskaya, Introduction to mechatronics, etc. NTUU "KPI", 2008.
7. O. Boudiba, S. Firsov, I. Zhezhera, “Development of a functionally stable orientation systems for an unmanned aerial vehicle”, Eastern-European journal of enterprise technologies, vol. 6/9 (90), 2017, pp. 22–29.
8. O. Boudiba, I. Jijira, S. Firsov, “Functionally stable motion control of small autonomous aircraft”, Revue des Sciences et de la Technologie, Synthese, Universite Badji Mokhtar Annaba, Algerie, vol. 36, 2018, pp. 74–86.
9. O. Lysenko, O. Tachinina, “Method of path constructing of information robot on the basis of unmanned aerial vehicle”, in Proceedings of the National Aviation University, vol. 4(73), 2017, pp. 60-68.
10. O. Lysenko, O. Tachinina, I. Alekseeva, “Algorithm of optimal control of UAV group”, Eletronics and control systems, vol. 2(56), 2018, pp. 114-119.
11. O. Lysenko, O. Tachinina, I. Alekseeva, Mathematical methods of modeling and optimization. Part 1. Mathematical programming and operations research: a textbook. NAU, 2017.
12. Y. Larionov, V. Levikin, M. Khazhmuradov, Research of operations in information systems. SMITH Company.
13. V. Dyakonov, V. Kruglov. MATLAB. Analysis, identification and modeling of systems. Special reference book. St. Petersburg: Peter, 2002.

UDC 621.317.7:535.8

М.П. Дивнич, к.т.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Оптичний метод вимірювання трьох складових вектора швидкості вібрації

Розглядається оптичний метод вимірювання трьох складових вектора швидкості вібрації, що може знайти застосування при стендових випробувань авіаційної техніки. Такий безконтактний метод дозволяє отримати повну інформацію про вектор швидкості вібрації. Він заснований на застосуванні лазерного допплерівського вимірювача швидкості інверсно - диференціального типу та лазерного допплерівського вимірювача з опорним променем.

Найбільш поширені фактори динамічного механічного впливу на літальні апарати та елементи їх конструкцій - це вібраційні навантаження. Інерційні сили, що виникають під час дії вібрації можуть визивати напруження, що перевищує межу міцності конструкцій авіаційного обладнання.

Підвищення надійності при створення нових типів авіаційної техніки є неможливим без проведення вібраційних випробувань як її окремих елементів (у тому числі матеріалів, що використовуються), так і обладнання в цілому.

В результаті вібраційних випробувань можна визначити динамічні характеристики об'єктів випробувань: віброміцність та вібростійкість [1].

В роботі пропонується метод вимірювання трьох складових вектора швидкості вібрації, який заснований на застосуванні лазерного допплерівського вимірювача швидкості з опорним променем та лазерного допплерівського вимірювача швидкості інверсно - диференціального типу [2].

За цим методом промінь лазера направляється в область обладнання, вібрацію якого потрібно виміряти.

Поверхня об’єкту розсіює лазерне випромінювання в тілесному куті Ω. В кожному напрямку в межах кута Ω розповсюджуються розсіяні промені, частота яких наслідок ефекту Допплера зсунута на величину, що пропорційна швидкості вібрації та залежіть від напрямку розповсюдження розсіяного променя.

Якщо поверхня об’єкту здійснює складний коливальний рух, то вектор швидкості його коливань можна розділити на три складові: складову, що направлена вздовж розповсюдження променя лазера - V_x, а також складові, що лежать в площині, яка перпендикулярна напрямку променя лазера - V_y та V_z та утворюють з вектором V_x праву ортогональну систему координат.

Зсув частоти розсіяного променя, який розповсюджується в напрямку, який перпендикулярній поверхні об’єкта пропорційний V_x складовій швидкості вібрації.

Випромінювання променя He-Ne лазера має частоту 4,78 10^{14}Гц. Допплерівський зсув частоти розсіяного променя при швидкості вібрації 1 м/с буде дорівнювати 3,2 10^{6}Гц.

Сучасні приймачі оптичного випромінювання не дозволяють безпосередньо визначити такий зсув частоти лазерного випромінювання Тому на фотоприймач потрібно одночасно з розсіяним променем направити частину випромінювання променя лазера (опорний промінь).

Тоді в результаті інтерференції сигнального та опорного променів на поверхні фотоприймача утворюється інтерференційна картина, що рухається зі швидкістю, що пропорційна V_x складової швидкості вібрації.

На виході фотоприймача при цьому утворюється допплерівський сигнал, напруга якого дорівнює:

$$U_{dx} = \frac{2e\eta k_1}{h\nu} R\sqrt{I_s I_0} r^2 \cos(\omega_{dx} t + \varphi_{dx}).$$

де: e, η, k_1, R - відповідно заряд електрона, квантова ефективність фотоприймача, коефіцієнт підсилення та опір навантаження фотоприймача; h, ν - постійна Планка та частота лазерного випромінювання; I_s, I_0 - інтенсивність сигнального та опорного променів; r - відстань від точки розсіяння випромінювання до фотоприймача; $\omega_{dx}, \varphi_{dx}$ - частота та фаза допплерівського сигналу.

Частота допплерівського сигналу у такому випадку буде пропорційна V_x складової швидкості вібрації:

$$\omega_{dx} = \frac{4\pi V_x}{\lambda},$$

Для того, щоб виміряти дві інші складові вектора швидкості вібрації потрібно додатково в приладі встановити два фотоприймача.

За допомогою діафрагми необхідно з розсіяного поверхнею об’єкту випромінювання виділити чотири розсіяних променя.

Для вимірювання V_y складової вектора швидкості вібрації треба направити на перший фотоприймач два розсіяних лазерних променя, які розташовані в площині, що проходить через промінь лазера та перпендикулярна площині, в якій розташований об’єктів, який збирає лазерні промені. Кути між лазерним променем та розсіяними повинні бути рівними. Тоді, частота кожного розсіяного променя буде зсунута на однакову величину.

В наслідок інтерференції розсіяних променів, що мають різну частоту на виході фотоприймача утворюється напруга, частота якої пропорційна V_y складової вектора швидкості вібрації:

$$U_{dy} = \frac{2e\eta k_1}{h\nu} R\sqrt{I_{s1} I_{s2}} r^2 \cos(\omega_{dy} t + \varphi_{dy}).$$

де: $I_{s1} I_{s2}$ - інтенсивності розсіяних лазерних променів об'єктом вимірювання.

Частота допплерівського сигналу буде залежати від V_y складової вектора швидкості вібрації та від кута α між розсіяними променями:

$$\omega_{dy} = \frac{4\pi V_y}{\lambda} \sin(\frac{\alpha}{2}),$$

Для вимірювання V_z складової вектора швидкості вібрації треба також направити але вже на другий фотоприймач два розсіяних лазерних променя, що мають інтенсивності I_{s3} та I_{s4}.

Ці промені повинні бути розташовані в площині, що проходить через промінь лазера. Крім того площина, в якій лежать третій та четвертий розсіяний промінь повинна бути перпендикулярною площині, що утворена двома першими променями.

На виході другого фотоприймача буде утворюватись напруга, частота якої пропорційна V_z складової вектора швидкості вібрації:

$$U_{dz} = \frac{2e\eta k_1}{h\nu} R\sqrt{I_{s3}I_{s4}}r^2 \cos(\omega_{dz}t + \varphi_{dz}).$$

Частота допплерівського сигналу буде залежати від V_z складової вектора швидкості вібрації та від кута β між другою парою розсіяних променів:

$$\omega_{dz} = \frac{4\pi V_z}{\lambda} \sin(\frac{\beta}{2}),$$

Застосування лазерного віброметра для вимірювання вібрації при стендових випробуваннях може дозволити розширити можливості технічного діагностування. Безконтактний лазерний віброметр на відміну, наприклад, від п'єзоелектричного вібродатчика не потребує точки кріплення на об'єкті контролю та дозволяє отримати інформативний сигнал дистанційно.

Такий лазерний метод може також бути застосований для вимірювання швидкості вібрації вузлів авіаційного двигуна, що мають високу температуру.

Список літератури

1. Нагорний В. М. Введення в технічну діагностику машин: навчальний посібник / В. М. Нагорний. — Суми: Сумський державний університет, 2011. — 482 с.

2. Albrecht H.-E., Borys M., Damaschke N., Tropea C. Laser Doppler and phase Doppler measurement techniques/ Albrecht H.-E.- Springer-Vertlag Berlin Heidelberg, 2004. – 740 p.

УДК 629.7+004.8+681.5

А.С. Довгалюк, Г.А. Положевець
(Національний авіаційний університет, Україна)

Використання методів машинного навчання (ML) для прогнозування й попередження збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Запропоновано новий підхід у прогнозуванні й попередженні збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки. Надається поетапний алгоритм впровадження машинного навчання, детально описано принцип роботи, проблеми та перспективи його функціонування.

Роль інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки в безпеці льотної експлуатації ПС

Сучасні літаки оснащені численними інформаційно-вимірювальними пристроями, які збирають критично важливі для екіпажу навігаційні, метеорологічні, динамічні та інші дані, необхідні для безпечного та ефективного виконання польоту. Ці дані враховують інформацію про положення літака, його швидкість, висоту, зовнішні погодні умови, стан двигунів, та інших систем літака.

До таких пристроїв належать акселерометри, гіроскопи, приймачі та датчики тиску, висотоміри, альтиметри, паливоміри, пристрої замірів параметрів двигунів, тощо.

Безумовно, надійність, а, особливо, безвідмовність цих пристроїв є ключовим аспектом безпеки льотної експлуатації повітряних суден, адже відмова чи некоректна робота навіть одного з таких компонентів може мати дуже серйозні і, як показує досвід, - катастрофічні наслідки, такі, як: втрата членами екіпажу просторової орієнтації, неправильне сприйняття динаміки руху, отримання неправильних даних про швидкість та висоту польоту, курс літака, неможливість точної оцінки залишку палива, отримання неправильної інформації про оберти двигуна, його температуру та вібрації.

Аналіз авіаційних пригод, що сталися внаслідок збою або відмови інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Катастрофа Boeing-757 під Пуерто-Плата (Домініканська Республіка). Авіалайнер Boeing-757 (реєстраційний номер – TC-GEN) виконував плановий міжконтинентальний рейс ALW 301 за маршрутом Пуерто-Плата – Гандер – Берлін – Франкфурт-на-Майні. Під час пробігу по ЗПС командир екіпажу помітив, що його покажчик швидкості видає неправильні дані, проте вирішив не переривати зліт. Під час набору висоти 1400 м командир помітив, що його покажчик швидкості дійсно дає неправильні показники швидкості у 650 км/год, а покажчик на панелі другого пілота – 370 км/год. Через те, що прилади зі сторони КПС показували перевищення швидкості, автопілот плавно підвищував кут атаки і поступово зменшував оберти двигунів. Через деякий час в кабіні пілотів пролунало кілька голосових попереджень про занадто велику швидкість

літака. Пілоти перейшли на ручне керування. Вони ще знизили швидкість літака, що викликало тряску штурвалу. КПС почав підіймати літак під кутом 5° й дав повну тягу. Літак сильно задер носа, втратив швидкість і увійшов в звалювання, впавши згодом у води Атлантичного океану. Всі 189 людей на його борту загинули.

Після вивчення найдених у ході розслідування уламків лайнера було встановлено, що одна з трьох трубок Піто (зі сторони КПС) була заблокована. Причиною блокування було названо гніздо піщаної оси. Стало відомо, що до рейсу літак простояв в аеропорту 20 днів, і за цей час оси встигли зробити гніздо в одній з трубок Піто.

Катастрофа Boeing-747 під Бомбеєм

Boeing 747-237B, борт VT-EBD, виконував рейс AI855 з Бомбея до Дубаю. О 20:12 літак злетів з ВПП №27 аеропорту Сахар. На борту було 23 члени екіпажу та 190 пасажирів. Після перетину берегової лінії екіпаж почав плановий правий поворот. Командир помітив, що авіагоризонт показує правий крен, хоча літак мав бути в лівому крені. Він спробував виправити положення, але прилад не реагував. Другий пілот повідомив, що його авіагоризонт показує лівий крен. Командир, вважаючи, що виправляє правий крен, насправді збільшував лівий. Літак летів на висоті 600 метрів над Аравійським морем уночі, без зовнішніх орієнтирів. Командир не звернув уваги на інші прилади, зокрема координатор повороту та варіометр. Бортінженер помітив, що крен досяг 40° і спробував попередити, але літак продовжував кренитися. Через 101 секунду після зльоту літак впав у море, і всі 213 осіб на борту загинули.

Причиною катастрофи було названо відмову авіагоризонту. Це була найбільша авіакатастрофа в історії Індії на момент події.

Обмеження й недоліки традиційних підходів у прогнозуванні збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Прогнозування збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки є досить складною задачею. Її складність обумовлена високою кількістю факторів, що впливають на їхню роботу. До таких факторів належать зовнішні умови експлуатації, такі як зміни температури, тиску, вологості, вплив вібрацій, а також внутрішні параметри, такі як знос компонентів, якість технічного обслуговування, коливання напруги в електричних системах та можливі приховані дефекти обладнання. Всі ці чинники взаємодіють між собою та змінюються з часом, що ускладнює точне прогнозування часу до відмови або виявлення ознак деградації пристроїв.

Традиційні методи аналізу надійності, такі як статистичні моделі або методи на основі історичних даних, часто виявляються недостатніми для врахування всіх можливих змінних та умов експлуатації. Наприклад, статистичні підходи зазвичай базуються на середніх значеннях або стандартних відхиленнях, які можуть не враховувати раптові відхилення або нестандартні ситуації. Методи, що покладаються на історичні дані про попередні відмови, можуть не бути достатньо гнучкими для виявлення нових типів проблем або для роботи в умовах, які змінюються швидше, ніж збираються нові дані.

Крім того, такі методи часто потребують ручного налаштування моделей для кожного конкретного типу пристрою або умов експлуатації, що значно ускладнює їх застосування в реальних умовах. Це налаштування потребує експертних знань і часу, що не завжди є доступними у критичних ситуаціях. Така залежність від фіксованих параметрів і сценаріїв також означає, що моделі не завжди можуть адаптуватися до нових умов або враховувати складні, нелінійні взаємозв'язки між факторами, що робить їх менш ефективними у складних і динамічних умовах реальної експлуатації авіаційної техніки. Як результат, прогнозування відмов із використанням таких підходів може бути неточним, що підвищує ризики для безпеки польотів.

Можливість й перспектива використання методів машинного навчання для прогнозування збоїв та відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки

Методи машинного навчання (ML) мають великий потенціал для вирішення складних завдань прогнозування відмов інформаційно-вимірювальних пристроїв авіоніки. На відміну від традиційних методів, ML здатне 0аналізувати великі масиви даних, виявляти приховані взаємозв'язки між різними параметрами та адаптуватися до змін у реальному часі. Це дозволяє прогнозувати відмови точніше та виявляти ознаки деградації обладнання на ранніх етапах.

Основною перевагою використання машинного навчання є його здатність працювати з даними різної природи: історичними даними про відмови, потоками даних у реальному часі, інформацією про навантаження на пристрої та зовнішні умови експлуатації. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть аналізувати часові ряди даних із сенсорів авіоніки, визначати аномалії в роботі пристроїв і з великою точністю прогнозувати ймовірність їхньої відмови.

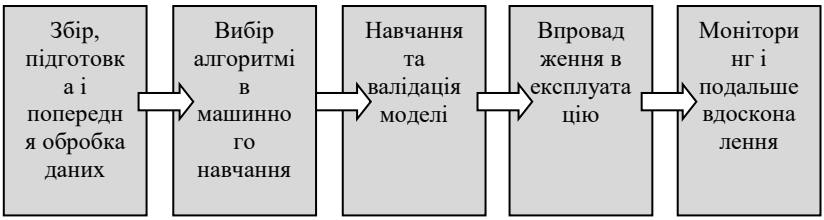


Рис.1. Етапи впровадження машинного навчання

Принцип роботи машинного навчання для прогнозування й попередження збоїв та відмов

Моделі машинного навчання, такі як нейронні мережі або дерева рішень, використовують вхідні дані з сенсорів авіоніки, включаючи поточні показники роботи пристроїв, їхню історію відмов та умови експлуатації. Моделі аналізують ці дані для виявлення шаблонів, що можуть вказувати на ранні ознаки

майбутньої відмови. За допомогою алгоритмів машинного навчання моделі навчаються розпізнавати складні взаємозв'язки між змінними, наприклад, як зміни температури чи вібрації можуть впливати на знос конкретних компонентів. Це дозволяє моделі "навчитися" виявляти приховані ознаки проблем, які неочевидні при традиційному аналізі. Після навчання модель здатна прогнозувати відмови на основі поточних даних у реальному часі. Наприклад, вона може видати сигнал про те, що певний датчик або система наближається до граничного стану і може вийти з ладу протягом певного часу.

Моделі машинного навчання адаптуються до змін у поведінці системи, оскільки вони здатні "навчатися" на нових даних. Це робить їх ефективними у складних і змінних умовах, наприклад, при зміні зовнішніх факторів або після технічного обслуговування.

Досвід застосування штучного інтелекту в авіації

У 2017 році на виставці в Женевському автосалоні компанія Airbus представила довгоочікуваний концепт автономного літаючого автомобіля під назвою Vahana. Цей літаючий транспортний засіб було створено спільно з фірмою Italdesign (Італія). Компанія розробила спеціальне програмне забезпечення на основі методів машинного навчання, яке, крім безпілотних можливостей, накопичуватиме знання про всі доступні маршрути та місця пересадки на інший транспорт і навіть про переваги кожного з пасажирів.

У 2020 році то й же французький концерн Airbus заявив про перші льотні випробування літака Airbus A350 з новітньою аеронавігаційною системою, що, з допомогою камер та штучного інтелекту самостійно визначає положення літака у просторі та відносно злітно-посадкової смуги.

Список літератури

1. https://aviadrive.ru/posts/4973 Штучний інтелект в повітрі
2. Грібов В.М, Марінченко Г.Є., Стрельников В.П., Кожохіна О.В. Надійність систем авіоніки. Підручник. – К.: Альянт, 2021. – 264 с.
3. Надійність технологічних систем : курс лекцій / Г.О. Іванов, В.І. Гавриш, П.М. Полянський, О.В. Гольдшмідт. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 40 с.
4. Косолап А.І. Оптимізація надійності складних систем: 2024.
5. Машинне навчання, як основа для розвитку технологій майбутнього: Бортник К.Я., Ольшевський О.В., Кирилюк А.Л. – ЛНТУ.

УДК 629.7.054

Ю.М. Безкоровайний, к.т.н., О.А. Сущенко, д.т.н., О.В. Ермолаєва
(Національний авіаційний університет, Україна)

Підвищення чутливості індукційного датчика магнітного курсу

Запропоновано модернізацію індукційих датчиків магнітного поля Землі типу ІД-3, що забезпечує підвищення чутливості датчика до компонентів магнітного поля з урахуванням магнітного нахилення у поточних координат літального апарату. Представлені результати математичного моделювання та пропозиції щодо модернізації конструкції індукційних датчиків..

Для вимірювання характеристик магнітного поля та магнітних властивостей речовин застосовують прилади звані магнітометрами. Залежно від виконуваної задачі розрізняють прилади для вимірювання значення напруженості магнітного поля напряму вектора магнітного поля.

Основним параметром магнітометра є його чутливість, при цьому формалізувати цей параметр, зробити його єдиним для всіх магнітометрів практично неможливо і не тільки тому, що магнітометри відрізняються принципом дії, але і конструкцією перетворювачів і функцією обробки сигналу.

Для вимірювання курсу літальних апаратів використовуються індукційні датчики, засновані на визначенні напрямку лише горизонтальної складової напруженості магнітного поля землі. Чутливими елементами таких датчиків є три феромагнітні зонди, які закріплені на платформі під кутом 60° і утворюють індукційний трикутник. Перевагами використання феромагнітних зондів як чутливі елементи є простота їх конструкції та висока чутливість.

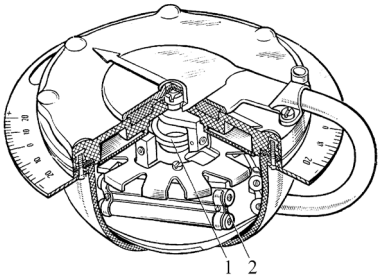


Рис. 1. Зовнішній вигляд індукційного датчика

Основними конструкційними елементами датчика є карданний підвіс 1 який забезпечує розташування феромагнітних зондів 2 в площині горизонту використовуючи ефект маятника, а для демпфування коливань корпус заповнений спеціальною рідиною. Таким чином, схема розташування осей чутливості можна зобразити наступним чином

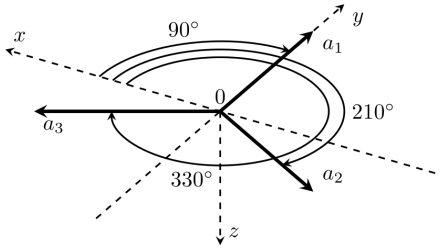


Рис. 2. Розташування осей чутливості трикомпонентного індукційного датчика

Компоненти вектора магнітного поля в системі координат датчика можна визначити як

$$B = \begin{bmatrix} B_{mx} \\ B_{my} \\ B_{mz} \end{bmatrix} = \left|\overrightarrow{B_m}\right| \begin{bmatrix} \cos(\psi)\cos(I) \\ \sin(\psi)\cos(I) \\ \sin(I) \end{bmatrix} \quad (1)$$

де *Bm* - вектор магнітного поля, ψ – магнітний курс, I – кут магнітного нахилення, *Bmx*, *Bmy*, *Bmz* - проекції вектора магнітного поля на конструкційні осі датчика.

Вихідними сигналами датчика є сигнали, пропорційні проекціям вектора магнітної підлоги на осі чутливості вимірювальних елементів і з урахуванням (1) має вигляд

$$B_s = \begin{bmatrix} B_1 & B_2 & B_3 \end{bmatrix}^T = H \cdot B\,, \quad (2)$$

де B_1, B_2, B_3 - проекції вектора напрямку магнітного поля на осі чутливості датчика, B - вектор проекцій магнітного поля (1), H - матриця здійснює перетворення проекцій (1) в датчика результати вимірювань, яка має вигляд

$$H = \begin{bmatrix} \cos(90)\cos(\theta) & \sin(90)\cos(\theta) & \sin(\theta) \\ \cos(210)\cos(\theta) & \sin(210)\cos(\theta) & \sin(\theta) \\ \cos(330)\cos(\theta) & \sin(330)\cos(\theta) & \sin(\theta) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Як випливає з матриці (3) дана конфігурація датчика дозволяє вимірювати лише горизонтальну складову магнітного поля. Для відновлення проекцій вектора магнітного поля (1) складемо матрицю реконстукції вигляду

$$B = Hr \cdot B_s$$

де B - оцінка вектора проекцій магнітного поля, $Hr = \left(H^T H\right)^{-1} H^T$ - псевдообернена матриця реконструкції, B_s - вектор результатів вимірів магніного поля (2).

Для врахування напрямку вектора магнітного поля пропонується змінити конструкційний кут установки феромагнітних зондів на внутрішній платформі

датчика індукції для забезпечення їх чутливості щодо конструкційної осі z (див. Рис. 1). Схема розташування осей такого датчика набуде наступного вигляду

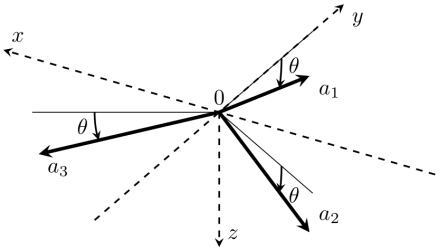


Рис. 3. Ілюстрація зміни кута установки феромагнітних зондів

Завдання підвищення чутливості зводиться до максимізації векторної проекції магнітного поля землі на осі чутливих елементів індукційного датчика. Зважаючи на те, що дані завдання виконуються в відносно локальній області земної поверхні доцільно проводити оптимізацію стосовно якоїсь області з урахуванням середнього значення магнітного способу.

Як приклад розглянемо визначення оптимального кута установки для забезпечення максимальної чутливості індукційного датчика до флуктуацій напруженості магнітного поля.

Як показник якості використовуємо функціонал заснований на осередненні максимального значення сигналу феромагнітних сенсорів при різних значеннях магнітного курсу

$$f(\theta, I) = \frac{1}{360} \int_{(0)}^{(360)} h_{\infty}\left[Hr(\theta) \quad B(\psi, I)\right] d\psi \,. \tag{4}$$

Для визначення оптимального кута встановлення використаємо критерій вигляду

$$\theta(\tilde{I}) = \underset{\theta \in (0,90)}{arg} f(\theta, I) \,. \tag{5}$$

В якості прикладу оцінемо значення кута установки феромагнітних зондів при виконанні виміру магнітного поля в околицях Києва (Україна). В якості джерела вихідних даних щодо магнітного нахилення скористаємося моделлю магнітного поля землі 2020 року [1]. Дані моделі наведено у Табл. 1.

Як результат обчислення критерію (5) отримаємо значення

$$\theta(68.7) = 72.129 \text{ град.}$$

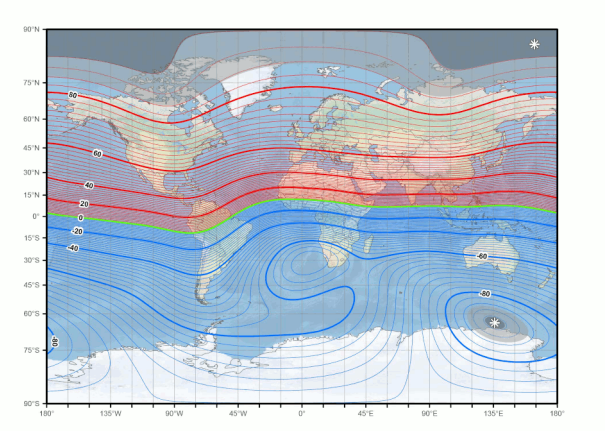


Рис. 4. Карта нахилення магнітного поля землі

Таблиця 1.

Параметри моделі магнітного поля Землі

Параметр	**Значення**
Модель магнітного поля Землі	WMM-2020 (calculator version 0.5.1.11)
Широта	50.45056 град.
Довгота	30.52417 град.
Висота	2000 м. над рівнем моря
Нахилення	68.7 град.

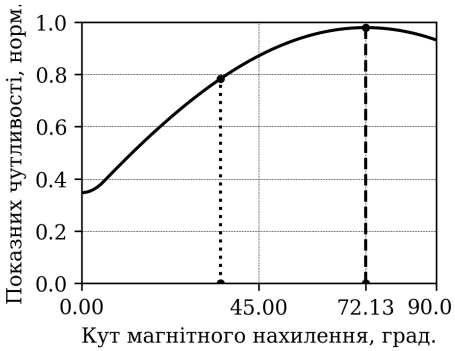


Рис. 5. Оцінка чутливості блоку магнітних зондів при зміні кута встановлення при магнітному нахиленні 68.7 град.

В залежності від середнього значення кута магнітного нахилення можна визначити оптимальне значення кута встановлення магнітних зондів

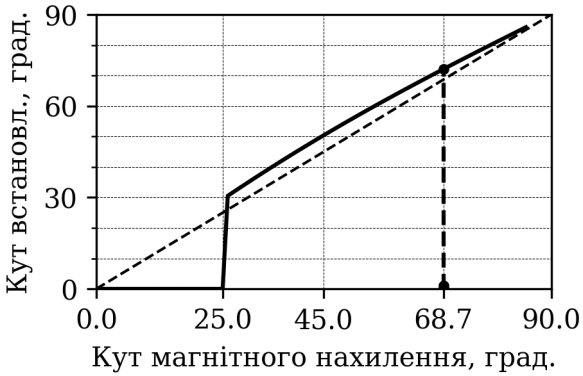


Рис. 6. Залежність оптимального кута встановлення магнітних зондів від абсолютного значення магнітного нахилення

Як слідує з графіка на Рис. 6. при малих кутах магнітного нахилення, що характерно при польотах в області екватора показних (5) вироджується і модернізація магнітного датчика недоцільна. Проте у високих широтах показних чутливості може підвищувати чутливість датчика на 20 та більше процентів (як слідує з графіка на Рис. 5).

Таким чином запропонована модернізація конструкції магнітних датчиків, що використовують магнітні зонди, для підвищення їх чутливості і, відповідно, точності визначення магнітного курсу за допомогою введення неортогонального розташування осей чутливості.

Запропонована модернізація доцільна для літаків, що виконують польоти в локальній географічній області або при обмежених широтах при виконанні таких завдань як аерофотозйомка або місцевих авіарейсів

Список літератури

1. Chulliat, A., W. Brown, P. Alken, C. Beggan, M. Nair, G. Cox, A. Woods, S. Macmillan, B. Meyer and M. Paniccia, 2020. The US/UK World Magnetic Model for 2020-2025: Technical Report, National Centers for Environmental Information, NOAA. doi: 10.25923/ytk1-yx35

2. Калькулятор магнітного поля Землі [Електронний ресурс] .- Режим доступу: https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml.

UDC 656.7.086

V.S. Hryshchenko, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

Procedure for using the analysis of the spectrum of autocorrelation functions of the controlled parameter by aviation specialists

The method of analysing the spectra of the controlled parameter was used in the study. As a result, this method makes it possible to outline the moment of origin of the pilot's emotional disturbance, build a function of influence on the quality of piloting technique and develop a methodology for a crew-training programme to minimise the stress load.

Data sampling and problem statement

The technical operation of aircraft depends not only on the serviceability of aircraft and ground equipment, but also on the professional training and psychophysiological state of the crew.

The study was based on the results obtained in the article [1]. For this study, we formed a sample of flight values of pitch angle at the landing stage. In addition, we decoded the flight data of real flights for several pilots (Fig. 1).

$$\theta := \begin{pmatrix} 4.2 & 4 & 3.8 & 3.5 & 3.2 & 2.9 & 2.5 & 2.1 & 1.5 & 0.7 & 0 & 0.5 & 0.9 & 1.2 & 1.6 & 1.9 & 2.3 \\ 2.4 & 2.7 & 3.1 & 2.9 & 2.5 & 2.7 & 2.1 & 1.7 & 2 & 1.2 & 1.7 & 1 & 1.4 & 0.5 & 0 & -0.4 & -1.2 \\ -1.1 & -1.4 & -1.6 & -1.8 & -1.6 & -1.3 & -0.5 & 0 & 0.5 & 0.7 & 1.1 & 1.5 & 1 & 0.5 & 1.2 & 1.7 & 1.9 \\ -1.6 & -1.9 & -2.1 & -2.3 & -2.1 & -1.8 & -1.3 & -1.5 & 1.8 & 1 & 1.2 & 1.5 & 0.7 & 2.1 & 1.5 & 1.3 & 0.9 \\ 0.5 & -1.2 & -1.8 & -1.2 & -1.5 & -0.4 & 1.9 & 1.5 & 1.2 & 1.1 & 0.9 & -1 & 1 & 0.3 & 0 & 0 & -1.2 \\ 1 & 0.9 & 0.7 & 1 & 0.5 & 1 & 0.9 & 0.8 & -1 & 0 & -0.5 & -1.2 & -1 & 0 & -0.5 & -1 & 0 \\ 1 & 1.2 & 1.4 & 1.7 & 2.1 & 2.5 & 2.7 & 2.9 & 3 & 3 & 3.1 & 3.2 & -3.1 & 3.3 & 3.5 & 3.4 & 3.5 \end{pmatrix}$$

Fig. 1. A sample of flight information transcript

In a flight simulator, it is difficult to simulate stressful conditions that could bring the pilot's psychophysiological state closer to a real flight. This is due to the absence of dangers present in real life. The simulator can only work out situations to develop sensorimotor skills.

This paper examines the relationship between the pilot's psychophysiological state and the quality of landing in real conditions by analyzing the spectra of the autocorrelation function.

The autocorrelation function allows determining the degree of correlation between individual elements of a time series represented as a random process. In this case, such elements are pitch angle values.

There are the listings of calculations of the spectra of the normalized and non-normalized autocorrelation function performed in Mathcad.

$$S_t := \sum_{i=0}^{24} \left(K_i \cdot e^{\frac{-i \cdot 2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{33}} \right) \quad (1)$$

$$S_t := \sum_{i=0}^{24} \left(\Psi_i \cdot e^{\frac{-i \cdot 2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{33}} \right) \quad (2)$$

All calculations are based on the decoded flight data of the Boeing 737 NG aircraft. Consequently, we perform calculations using formulas 1 and 2.

As a result, we obtain graphs of the distribution of autocorrelation function spectra (Fig. 2)

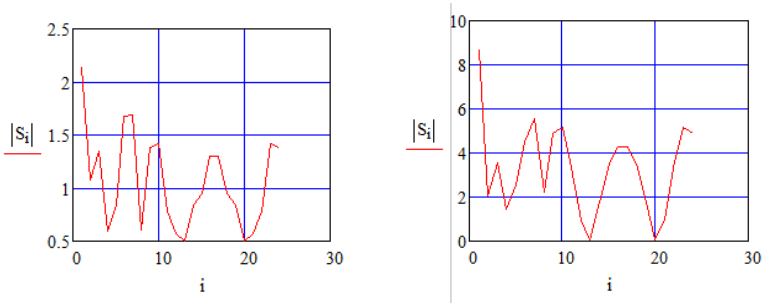


Fig. 2. The spectrum calculation of normalized and unnormalized autocorrelation functions

Since flight conditions cannot be simulated on a simulator, an important factor in this study is that all data are taken from real flights.

The analysis of the spectra of autocorrelation functions of the controlled parameter makes it possible to identify the impact of increasing psychophysiological load on this parameter.

The study of the dependence of the impact of stress factors on the pilot's psychophysiological state makes it possible to make decisions to reduce this impact and improve the quality of piloting. Since the quality of piloting deteriorates due to an increase in the amplitude of pitch angle fluctuations up to values that may exceed the maximum permissible values, it is proposed to introduce a system that monitors the pilot's stress level and, based on these data, displays warnings and/or reduces the level of these fluctuations.

Conclusions

Landing an aircraft is the most difficult and responsible stage of a flight. The processing of a large amount of data by the pilot is one of the main stressors. Combined with the limited amount of time available for data processing, the pilot's psychophysiological state is worsening.

Therefore, it should be noted that the quality of gliding piloting depends on many factors that are either permanent or random. In particular, deteriorating weather conditions are a less controllable factor than the pilot's professional training. The methodology for studying the pilot's psychophysiological state is to measure the increase in pitch angle amplitude.

This way, controlling the deviation of one of the flight parameters allows us to make conclusions about the development of a stressful situation and take measures to reduce it.

The main goal is to develop an effective method for reducing the impact of stress factors on the crew, preventing the development of dangerous situations at the landing phase, and implementing it in the pilot training program.

References

1. Hryshchenko, V., Romanenko, V., Hryshchenko, Y.: Quality of Piloting during the Approach. Proceedings of the International Workshop on Advances in Civil Aviation Systems Development, 260-270 (2023).

2. Hryshchenko, Y.V., Pavlova, S.V., Pipa, D.M., Kravets, I.V.: Assessment of the flight quality in vertical plane. Electronics and Control Systems 2(64), 87–92 (2020).

3. Hryshchenko, Y., Romanenko, V., Pipa, D.: Methods for assessing of the glissade entrance quality by the crew. In: Handbook of Research on Artificial Intelligence Applications in the Aviation and Aerospace Industries, pp. 372–403. IGI Global, USA (2019)

УДК 621.37 (043.3)

О.П. Слободян, к.т.н., С.В. Єнчев, д.т.н., Е.А. Корсун
(Національний авіаційний університет, Україна)

Спосіб вимірювання та обробки сигналів для пеленгаторів інфрачервоного спектра частот на основі магнітооптичного перетворювача

Значне місце у вирішенні актуальних завдань радіомоніторингу займає проблема розробки нових методів і пристроїв, що дозволяють здійснювати операції спектрального перетворення сигналів, множення частоти, амплітуди сигналу, зсуву фази сигналу та вимірювання різниці фаз за допомогою магнітоотичного перетворювача на основі ефекту Фарадея та закону Малюса.

Останнім часом все більше з’являється наукових публікацій у яких розглядаються методи і моделі перспективних систем з комплексною обробкою сигналів щодо виявлення повітряних цілей, розпізнавання об'єктів, визначення дальності, параметрів руху та кутових координат. Для визначення цих параметрів використовують різні методи в умовах дії пасивних і активних шумових завад, що забезпечують можливість розпізнавання цих об'єктів на фоні існуючих перешкод. Більшість публікацій останнім часом пов’язані з виявленням, розпізнаванням і вимірюванням координат безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з використанням радіолокаційніх, акустичних, оптичних та інфрачервоних методів та створення систем на їх основі [1, 2].

Більшу перевагу віддають пасивним методам, що базуються на застосуванні теплових пеленгаторів денного та нічного бачення і працюють у видимій та ближній області інфрачервоного спектру частот [7]. Для виявлення повітряних об'єктів такі системи характеризуються високою точністю в режимах вимірювань, що обумовлює їх успішну інтеграцію з радіоелектронними комплексами різного призначення. Крім того, такі системи здатні забезпечувати скритність своєї роботи та бути стійкими до подавлення сигналів засобами РЕБ. Ефективність роботи систем, що створені на основі методів використання видимого та інфрачервоного випромінювання, залежить від метеоумов навколишнього середовища. Цей недолік обмежує їх використання, як основних засобів пеленгації на відміну від добре відомих радіолокаційних методів.

За останні десятиріччя значно розширилися можливості в автоматизації та комплексній комп’ютерній обробці сигналів, стрімко розвивалася й елементна база, що призвела до мінімізації радіоелементів, а на їх основі, створення конструктивно-функціональних модулів. Прогрес в технологіях також сприяв створенню різного роду нових ефективних сенсорів, в тому числі матричних фоточутливих сенсорів для видимого та інфрачервоного діапазонів спектра частот [3]. Одним із найбільш широким застосуванням в якості фотоелементів знайшли кремнієві прилади із зарядним зв’язком (ПЗЗ матриці), що на відміну від інших фотоелементів є більш чутливими і володіють значно меншим рівнем шуму при вимірюванні [1, 4].

Слід відмітити, що завдяки досягненням в області технологій, перспективними стають саме інтегральні з радіоелектронними комплексами оптоелектронні системи пеленгації видимого та інфрачервоного діапазонів спектра частот, забезпечують повну автоматизацію прийняття рішення та дозволяють автоматизувати процеси виявлення і визначення параметрів.

Радіолокаційне спостереження є широко використовуваним засобом для виявлення повітряних цілей, але не менш значимим залишається визначення дальності до об'єкту спостереження, параметрів руху та кутових координат. Для вирішення цих задач використовуються різні методи: далекомірний, заснований на вимірі дальностей від двох різних точок (лінії положення – кола); кутомірний (пеленгаційний), коли пеленгатори розташовані в різних точках, визначають напрям (лінії положення – прямі); різницево-далекомірний, коли вимірюється різниця відстаней від двох точок (лінії положення – гіперболи) та ін.

Фазові методи є більш точні при визначенні дальності до об'єкту, але потребують високої точності вимірюванні різниці фаз випромінюваного та відбитого від об'єкту сигналів, що напряму пов'язана з інструментальною похибкою фазометра. Крім того, фазові далекоміри вимірюють дальність тільки до одного об'єкту.

Частотні методи мають можливості вимірювання дальності декількох об'єктів одночасно. Для цього в частотному радіодалекомірі замість вимірювача частоти биття використовують аналізатор спектра з багатоканальним фільтрами обробки сигналів. Це робить систему більш складною, але розширює її можливості виявлення та визначення параметрів об'єктів.

Дослідження спектральних методів пеленгування, що використовуються в системах та комплексах радіомоніторингу мають низку недоліків, пов'язаних з великим часом обробки сигналів, необхідністю точної інформації про кількість прийнятих у суміші випромінювань, виявлення сигналу при низьких вхідних відношеннях сигнал/шум, визначення точності амплітудних, фазових та частотних характеристик прийнятого сигналу, обмеження або відсутність можливості їх використання в сучасних цифрових пеленгаторах. Отже, застосування спектральних методів пеленгування, що визначається відношенням швидкодія/точність є недостатня [5].

Проблема, яка пов'язана з ефективністю вимірювання та обробки сигналів у вузлах радіолокаційних систем, а саме: перетворення спектра сигналів, множення частоти, вимірювання амплітуди, фази та різниці фаз, в яких реалізовані способи на основі нелінійних елементів та їх характеристик, не є достатньо дослідженими. Актуальним на наш погляд є розвиток методу, який дозволяє здійснювати вимірювання та обробку сигналу, шляхом реалізації таких операцій за допомогою магнітооптичного перетворювача (МОП) на ефекті Фарадея та закону Малюса.

На основі МОП нами пропонуються рішення щодо вимірювання та обробки сигналів для вузлів радіолокаційних систем, що працюють в інфрачервоному діапазоні спектра частот або в низьких частотах з метою підвищення ефективності їх роботи.

Розглянемо принцип реалізації таких вузлів більш детальніше. Вхідний сигнал $u_{вх} = u_{0вх}\sin\omega_0 t$ подається на синхронізуючий пристрій, який виробляє імпульси запуску для генератора пилкоподібних (або трикутноподібних) імпульсів. Потім пилкоподібні (трикутноподібні) сигнали подаються на котушку підмагнічування МОП 3. На виході помножувача частоти вихідний сигнал дорівнює $u_{вих} = u_{0вих}\sin N\omega_0 t$ [6].

Максимум пилкоподібного або трикутноподібного сигналу повинен співпадати з максимумом вихідного сигналу з тим, щоб вихідний сигнал був гармонійним без розривів. Якщо на МОП подавати не пилкоподібний сигнал, а гармонійний синусоїдальний, то вихідний сигнал перетвориться в цілий спектр сигналів, аж до 60-ї гармоніки. На рис. 1. наведена спрощена конструкція вузла МОП спектра сигналу.

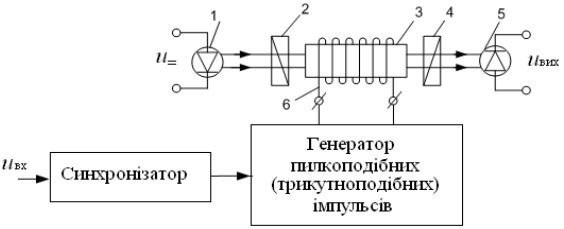


Рис. 1. Конструкція вузла МОП спектра сигналу

Світловий промінь від фотодіода 1, що проходить через поляризатор 2, магнітооптичний кристал ($Y_3Fe_5O_{12}$) 3, аналізатор 4 і перетворюється фотоприймачем 5 у вихідну напругу $u_{вих}$. Вхідна напруга $u_{вх}$ подається на підмагнічувальну котушку 6, що створює магнітне поле, яке керує намагніченістю зразка, а, отже, і кутом повороту площини поляризації світла.

Інтенсивність світла I на виході МОП перетворюється фотоприймачем у вихідну напругу $u_{вих}$. Функція перетворення (апаратна функція) такого пристрою в загальному вигляді дорівнює:

$$u_{вих} = u_0 \cos^2[\Theta_0 + \Theta(u_{вх})].$$

Спосіб зсуву фази сигналу може бути реалізований за структурною схемою наведеною на рис. 2.

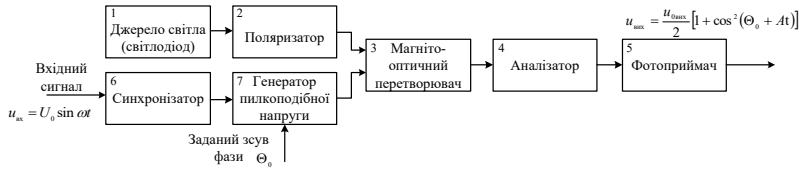


Рис. 2. Структурна схема для реалізації зсуву фази сигналу

При азимутальній орієнтації площини найбільшого пропускання світла відносно аналізатора ($\Theta_0 = \pi/2$) апаратна функція МОП має властивість перемноження сигналів.

На рис. 3 наведена структурна схема фазометра. Магнітооптичний фазометр містить генератор сигналу заповнення 1, магнітооптичні оптрони 2 і 6, вимірник вимірюваного сигналу 3, лічильник кратних періодів сигналу 4, суматор 5, вимірник опорного сигналу 7, генератор опорного сигналу 8, фазообертач 9. Блоки 3, 4, 5, 7 є складовими частинами мікропроцесора 10. Вихід суматора 5 є виходом пристрою. Фазометр працює таким чином. Сигнал u_ω з вимірюваною початковою фазою подається на магнітооптичний оптрон 1, на який також подається сигнал заповнення u_Ω від генератора сигналу заповнення 1. Сигнал заповнення u_Ω також подається на магнітооптичний оптрон 2 разом з опорним сигналом u_{on} від генератора опорного сигналу 8 через керований фазообертач 9. Початкова фаза опорного сигналу фазообертачем 9 зсувається так, щоб на виході оптрона був сигнал, що відповідає нульовій різниці фаз опорного сигналу і сигналу заповнення.

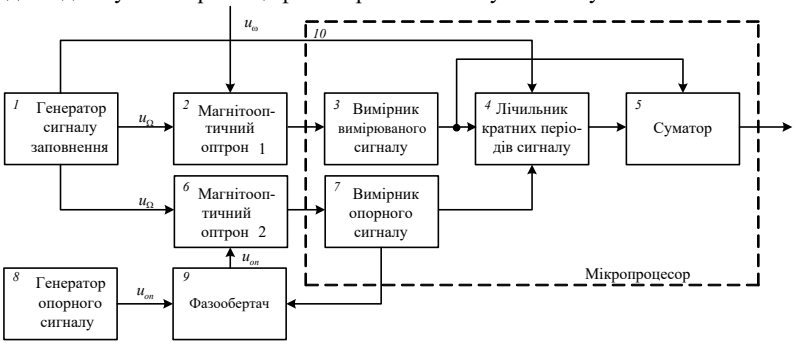


Рис. 3. Структурна схема магнітооптичного фазометра

У цей момент вимірювач опорного сигналу 7 відкриває лічильник вимірювання кількості дискретних кроків фази 4. Вимірник вимірюваного сигналу 3 аналізує через магнітооптичний оптрон 1 вимірюваний сигнал, реєструючи момент закінчення дискретних кроків, і подає сигнал для закриття лічильника кратних періодів сигналу 4 від сигналу заповнення. Крім того, вимірювач опорного сигналу 7 видає інформацію про величину додаткової фази ξ, що залишилася після дискретного рахунку. Суматор 5 рахує кількість дискретних порцій фази і, складаючи їх із значенням додаткової фази ξ, видає значення вимірюваної фази φ_0. Цей момент фіксується вимірювачем опорного сигналу 7. Для цього сигнал подається для керування фазовим зсувом опорного сигналу на фазообертач 9.

На основі цієї властивості запропоновано метод вимірювання початкової фази гармонійного радіосигналу та конструкцію фотополяриметричного фазометра [7]. Визначено похибку вимірювання фази запропонованим методом. Досліджено поведінку вихідного сигналу в точках вимірювання. Встановлено залежність амплітуди вихідного сигналу в момент вимірювання початкової фази. Проаналізована потенційна точність запропонованого нами методу.

Висновок

У роботі було розглянуто актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності вимірювання та обробки сигналів у радіолокаційних системах на основі використання особливостей апаратної функції МОП та його вихідної нелінійної характеристики.

Запропонований спосіб для вузлів пеленгатора, що працюють в інфрачервоному спектрі частот на основі МОП, дозволяє значно розширити область застосування та розробити пристрої, зокрема для радіолокаційних систем, на його основі. Конструктивні рішення щодо побудови вузлів та їх окремих компонентів можуть бути вдосконалені та виконані в інтегральному вигляді разом з радіоелектронними та цифровими модулями.

Застосування цього методу дозволить створити вимірювальні прилади дуже високої точності, зокрема, що працюють в інфра- та низькому радіочастотному діапазонах та створить передумови подальшого розвитку нових вузлів для створення амплітудних детекторів, далекомірів, пеленгаторів, фазообертачів, аналізаторів спектру тощо.

Список літератури

1. Andraši P., Radišić T., Muštra M., Ivošević J. Night-time Detection of UAVs using Thermal Infrared Camera // Transportation Research Procedia. 2017.Vol. 28. P. 183 – 190.
2. Карташов В.М., Коритцев І.В., Шейко С.О., Олейніков В.Н., Зубков О.В., Бабкін С.І. Оптико-електронні методи виявлення повітряних об’єктів та визначення їхніх координат// Радіотехніка: Всеукраїнський міжвідомчий наук.-техн. збірник. 2020. Вип. 202. С. 153 – 159.
3. Samaras S., Diamantidou E., Ataloglou D. et al. Deep Learning on Multi Sensor Data for Counter UAV Applications-A Systematic Review // Sensors. Basel. 2019. Nov. 19 (22). P. 4837.
4. Kong W., Zhang D., Wang X., Xian Z., J. Zhang. Autonomous landing of an UAV with a ground-based actuated infrared stereo vision system // 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Tokyo, 2013. P. 2963 – 2970.
5. Слободянюк П.В. Довідник з радіомоніторингу / П.В. Слободянюк, В.Г. Благодарний, В.С. Ступак; під. заг. ред. П.В. Слободянюка. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2008. – 588 с.
6. Слободян О. П. Магнітооптичний спосіб множення частоти сигналу низькочастотного діапазону / О. П. Слободян // Наукоємні технології. - 2018. - № 2. – С. 203-209.
7. Сібрук Л.В., Слободян О.П., Єнчев С.В. Спосіб і пристрій вимірювання початкової фази гармонічного радіосигналу на основі магнітооптичного перетворювача. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 34 (73) № 1, 2023. – С. 57-66. DOI https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.1/09.

UDC 621.3

Y.G. Kharchenko, O.P. Kryvonosenko, D.I Bakhtiiarov
(National Aviation University, Ukraine)

Average Motor Efficiency of UAV

Offers the results of researching on the efficiency of electric motors taking into account the mass with aerodynamic diagnostics system for UAVs.

Introduction

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), commonly known as drones, have become essential in various sectors, including military, commercial, and recreational use. UAVs rely on efficient propulsion systems to maximize flight duration, operational range, and payload capacity. Motor efficiency is a critical factor in the overall performance of UAVs, influencing how effectively they convert electrical energy into mechanical thrust.

Aerodynamic diagnostics system

The use of composite materials is due to their high strength, stiffness and low weight compared to metal materials, energy losses are reduced. Therefore, the efficiency of using such engines increases substantially. However, a serious disadvantage of polymer composites is that they can contain deformations due to various influences that can cause accidents during the operation of aircraft.

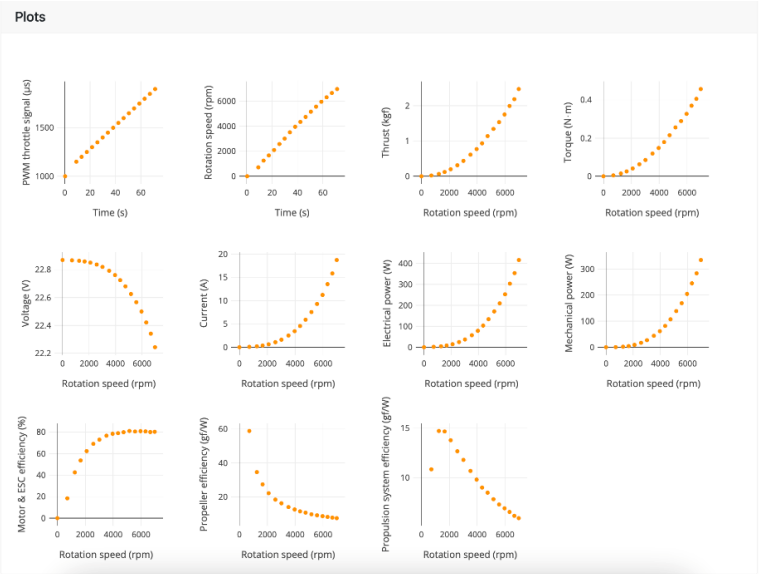


Fig. 1. Results for a standard motor/propeller propulsion test

First, let's look at the motor efficiency data for the group as a whole. The average maximum efficiency percent for all 48 electric motors included in the study is78.62%. This is not bad, given that the data was not collected for maximum efficiency purposes. This would-be good estimate of typical electric motor efficiency.

The highest efficiency observed was 96.59% and the lowest was 54.81%. The graph below shows the distribution of maximum efficiencies:

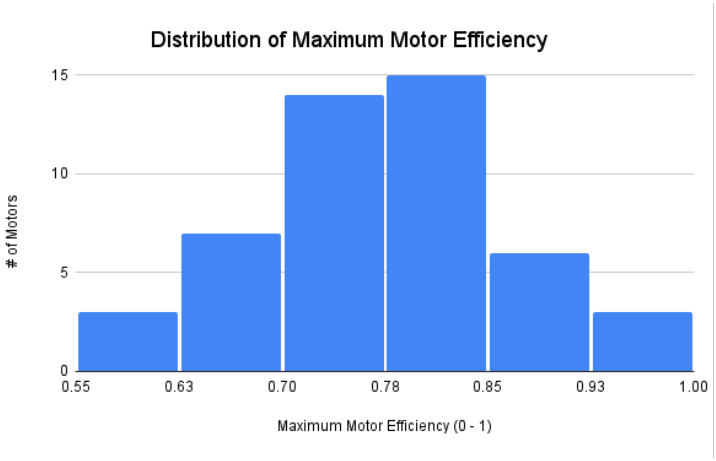


Fig. 2. Histogram showing maximum motor efficiency distribution

When we break it down further into groups based on weight, this is what we observe: Weight Category (g) with Average Maximum Efficiency: (3.9 - 30.2) 70.1.79%, (30.2 - 37.2) 66.65%, (36.2 - 70.2) 78.97%, (70.2 - 158.0) 82.67%, (159.2 - 255.0) 83.52%, (1092.2 - 5120.0) 86.85%.

As you can see, there is an overall trend of increasing efficiency as motor weight increases. When all data points are included individually, the trend is similar, albeit more dispersed:

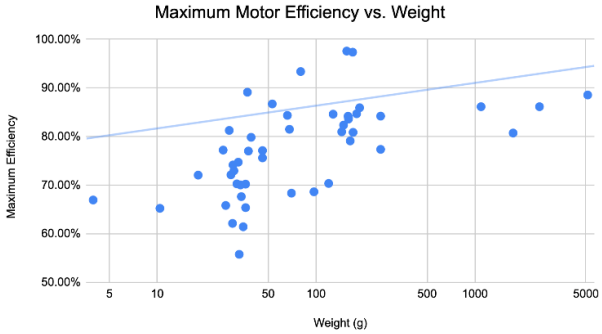


Fig. 3. Maximum Motor Efficiency vs. Weight for all individual data points

From these graphs it can be expected that, in general, the larger the motor size, the higher the maximum efficiency. This is consistent with current industry practice.

Also, there is a wide range of efficiency for the same size motors, especially the 30-50g and 4-30g motors surprisingly

For most UAVs, replacing the bottom motor with a top motor can add several minutes to the flight time. And in general, it will increase the effectiveness of UAVs by several percent

Conclusions

In conclusion, according to this observational study. On average, the larger the motor, the higher the efficiency. There is a large range in efficiency for motors of the same size. The efficiency figures are highly dependent on the case used and the choice of propeller. Motor efficiency plays a vital role in the operational performance and cost-effectiveness of UAVs. Advances in motor technology, energy management, and system optimization continue to push the limits of UAV motor efficiency, making them more capable and sustainable.

References

1. Yacef Fouad. Nassim Rizoug. Mustapha Hamerlain. Optimization of Energy Consumption for Quadrotor UAV. September 2017 Conference: International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition (IMAV) At: Toulouse, France
2. OMMISSION REGULATION (EC) No 640/2009 of 22 July 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to eco-design requirements for electric motors.
3. IEC 60034-2-1:2014 Rotating electrical machines – Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles).
4. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
5. D. C. Gandolfo, L. R. Salinas, A. Brando, andJ. M. Toibero. Stable path-following control for aquadrotor helicopter considering energy consumption.IEEE Transactions on Control Systems Technology,PP(99):1–8, 2016.
6. Jeremie Leonard, Al Savvaris, and Antonios Tsour-dos. Energy management in swarm of unmanned aerialvehicles. Journal of Intelligent & Robotic Systems,74(1-2):233–250, 2014.

UDC: 681.586.3

V.V. Chikovani, doctor of engineering
(National Aviation University, Ukraine)
S.V. Golovach, Ph.D. (J.S. "Elmiz", Kyiv, Ukraine)

Multimode vibratory gyroscope adaptable to motion parameters and environmental conditions

Abstract. In a multimode vibratory gyroscope, each mode has its advantages. Combining these advantages results in adaptability to different motion parameters, such as high accuracy for small angle rates and low dynamic error for high angle rates. Moreover, it can adapt to changing environmental conditions, such as external vibrations, shocks, and permanent and variable magnetic fields.

Introduction

There are two known operating modes of a Coriolis vibratory gyroscope (CVG): first is a rate mode in which the Coriolis force due to rotation is compensated for by a negative feedback control loop, keeping the standing wave in a fixed position near the drive (excitation) electrode. In this case, the signal that compensates for the Coriolis force is proportional to the angle rate. This mode is called the rate mode. The rate mode provides high accuracy when measuring small and medium angle rates.

The second mode is the rate-integrating mode. The Coriolis force is not compensated for in this mode, causing a standing wave to rotate. The rotation angle of the standing wave is directly proportional to the rotation angle of the gyroscope relative to inertial space. The proportionality coefficient is called the Bryan coefficient and is the scale factor of the rate-integrating CVG. The first and second modes are described in detail in many works, for example, [1, 2]. These two modes were combined into a double-mode CVG, described in [3]. The rate-integrating mode has a large dynamic range, bandwidth, and a stable scale factor, ensuring a small dynamic error under measuring large angle rates.

Relatively recent investigations [4] carried out in Ukraine led to the development of a third, differential, mode, which complements the first two modes and can self-compensate for external disturbances when measuring angle rates.

In this paper, the differential mode of operation is briefly presented and its self-compensation properties are analyzed since the first and second modes are well known. It has been experimentally demonstrated that it reaches the considerable self-compensation coefficient of different external disturbances. It is proposed to combine three modes into one gyroscope, with automatic switching from one mode to another, increasing the CVG's versatility.

Differential mode of operation

In the differential mode of operation, the standing wave is located between the electrodes, (see Fig. 1), so that the angular position of the standing wave is $\theta \neq m\pi/4$, $m = 0, 1, \ldots 7$. In this mode of operation, the CVG control system is designed to hold the standing wave at any predetermined angular position that is not coincident

with any of the 8 electrodes located equidistantly along the circle. Two measurement channels are formed in this case, which measure the same angle rate but with opposite signs, Ω and -Ω. Measurement equations can be written as follows [4]:

$$z_x = -2k\Omega D_y \sin 2\theta + d_{xx} D_x \cos 2\theta + d_{xy} D_y \sin 2\theta ;$$
$$z_y = 2k\Omega D_x \cos 2\theta + d_{yy} D_y \sin 2\theta + d_{xy} D_x \cos 2\theta, \quad (1)$$

where d_{xx}, d_{yy}, and d_{xy} are the resonator's dynamic parameters, z_x, z_y are the two *X* and *Y* measurement channel signals in volts, respectively, and D_x, D_y are total loop gains, including transformation coefficients of deformations into voltages of the *X* and *Y* electrodes, respectively.

As can be seen from the first equation (1), the angle rate Ω has a negative sign, and in the second one, it has a positive sign. Thus, the control system that holds the standing wave between the electrodes realizes the differential mode of operation. Under the subtraction of the *X* and *Y* channel signals, the useful components, containing angle rate, are increased, however, errors that have the same signs in both channels are compensated for.

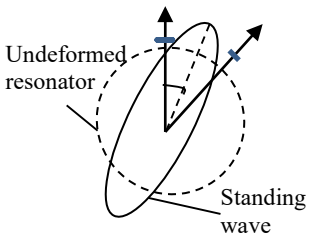


Fig. 1. A standing wave position in the differential CVG

To effectively implement the differential mode of operation, it is necessary to set the standing wave at an angle θ*, at which scale factors of both channels are equal to each other. It means, as follows from the expressions (1), the following condition should be met:

$$SF_x = 2kD_y \sin 2\theta = SF_y = 2kD_x \cos 2\theta \, . \quad (2)$$

From where the angle θ* can be obtained, as follows:

$$\theta^* = \frac{1}{2}\operatorname{atan}\frac{SF_y^\theta}{SF_x^\theta} \tan 2\theta \, , \quad (3)$$

Where SF_y^θ and SF_x^θ are scale factors of the *X* and *Y* measurement channels at any standing wave angle $\theta \neq m\pi/4$.

It is convenient to take an angle θ equal to 22.5 deg. (in the middle between the *X* and *Y* electrodes. Then, scale factors $SF_y^{\pi/8}$ and $SF_x^{\pi/8}$ should be determined, and then calculate the angle θ* by the expression (3).

Due to the equality of scale factors of the two measuring channels, external disturbances acting on the gyroscope and having the same responses on the *X* and *Y* channels are compensated by subtracting the signals, z_y - z_x, in the differential channel.

Disturbances self-compensation in differential mode of operation

Fig. 2 shows the influence of five 100 g shocks and 2 ms duration on biases of *X*, *Y*, and differential channels. As can be seen from the fig. 2, the minimum self-

compensation coefficient is 2.5/99≈40.

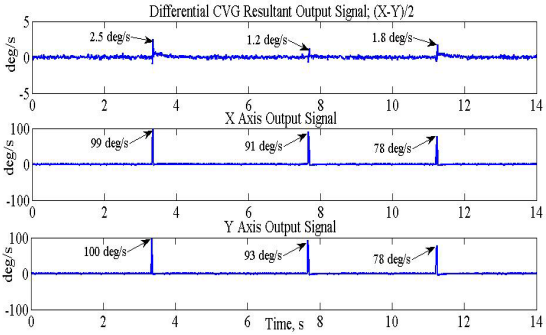


Fig. 2. Bias change after five 100 *g* shocks

Fig. 3 shows the influence of vibration on the *X*, *Y*, and differential channel biases. In these tests, we estimate the influence of g^2 (vibration rectification) on the biases of all three channels, for vibration amplitudes within the range of [1–3] g, and for the three vibration frequencies 50, 100, and 300 Hz.

The g^2 sensitivity of the differential channel to vibration at 300 Hz is 0.015 deg/s/g^2, and for the *X* and *Y* channels, they are -0.181 deg/s/g^2 and -0.239 deg/s/g^2, respectively. Thus, the g^2 sensitivity of the differential CVG to vibration is more than 10 times less than the rate CVG, which are represented by the *X* and *Y* channels.

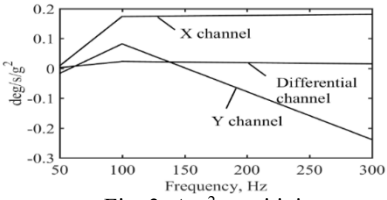


Fig. 3. A g^2 sensitivity to vibration frequency

Fig. 4 and 5 show the influence of the permanent of up to 480 mT and variable of 10 mT magnetic fields on the bias change for each of the three abovementioned channels.

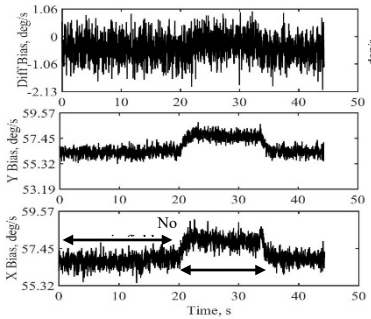


Fig. 4. Differential CVG signal responses to permanent

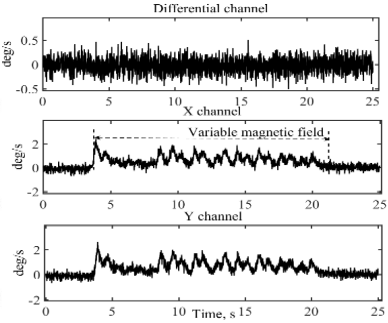


Fig. 5. Differential CVG signal responses to a variable magnetic

The X channel permanent magnetic field sensitivity is about 4.54×10^{-3} deg/s/mT; the Y channel sensitivity is about 4.2×10^{-3} deg/s/mT, and the differential channel sensitivity is about 1.7×10^{-4} deg/s/mT. Hence, the differential CVG self-compensation coefficient of the magnetic field is about $4.2\times10^{-3}/1.7\times10^{-4} \approx 25$.

The responses of the differential CVG signals to a variable magnetic field with an amplitude 10 mT shown in Fig. 5, demonstrate, that the differential channel does not reveal a change in bias.

A multimode CVG

The CVG differs from other modern gyros, like ring lasers and fiber optics, in that all three modes of operation discussed above could be realized in one CVG with automatic switching from one mode to another. This can provide the best accuracy for different motions and environmental conditions. For instance, it is advisable to use rate mode to measure small and medium angle rates. It is because the measurement errors are mainly determined by the gyro noise and bias drift, which can be lower than those of the rate-integrating modes of operation.

Under measuring a high angle rate, it is advisable to use the rate-integrating mode since the measurement errors in this mode are mainly determined by a dynamic error $\Delta\Omega$ caused by the scale factor instability (ΔSF), $\Delta\Omega=\Delta SF\cdot\Omega$. The scale factor for the rate-integrating mode of operation is a stable constant k (Bryan coefficient) depending on resonator size and vibration mode number n (usually n=2).

When measuring should be produced in stringent environmental conditions, for example, under the acting of high shocks, vibrations, and permanent or variable magnetic fields, the differential mode of CVG operation can be used.

Fig. 6 shows the simulation result of three modes of the CVG operation with automatic switching from one mode to another. The first mode is rate one, which measures the angle rate of 100 deg/s. Then, it switches to the differential mode of operation with $\theta=\theta^*$. We can see two output signals, z_x=-100 deg/s, and z_y=100 deg/s. The difference between these signals, z_y-z_x, offers the benefits mentioned above.

Then, it switches to the rate-integrating mode without changing the angle rate. The deviation from a straight line in this mode of operation is due to the resonator manufacturing imperfections.

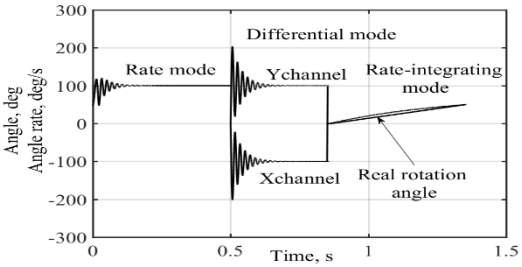


Fig. 6. Example of the multimode CVG measurements

Based on the abovementioned discussion, one of the switching logic variants can be proposed. This variant is presented in Fig. 7.

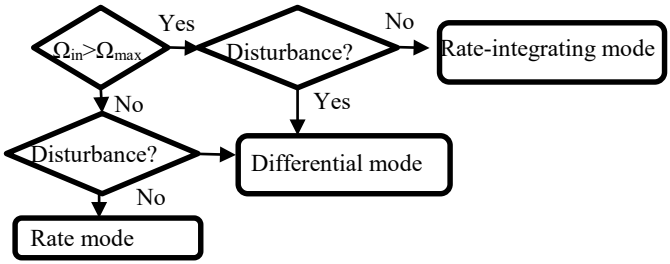


Fig. 7. Example of modes' switching logic

Conclusions

The differential CVG can consider as the third mode of operation for vibratory gyroscopes along with two well-known rate and rate-integrating ones.

The differential mode of operation can be built in the single gyro together with the two others, rate and rate-integrating modes, to implement multimode CVG. The multimode CVG can be implemented both for MEMS and non-MEMS vibratory gyros.

The differential mode of operation can effectively self-compensate for external disturbances and can be used when motion occurs in harsh environmental conditions. Implementing the multimode CVG gives it the highest "versatility" compared with competitive gyro technologies like ring laser and fiber optic gyros.

Combining the advantages of the three modes results in adaptability to different motion parameters, such as high accuracy for small angle rates and low dynamic error for high angle rates. Moreover, it can adapt to the changing environmental conditions.

References

1. D. D. Lynch: Coriolis Vibratory Gyroscope, IEEE Standard Specification Format Guide and Test Procedure for Coriolis Vibratory Gyros, IEEE std. 1431TM, Annex B, pp.56-66, Dec. 2004.

2. J.A. Gregory "Characterization Control and compensation of MEMS rate and rate-integrating gyroscopes", Ph.D. Dissertation, Michigan University, 2012, P. 198.

3. D.D. Lynch, A. Matthews: Dual Mode Hemispherical Resonator Gyro Operating Characteristics, 3-rd S. Petersburg Int. Conf. on Integrated Navigation Systems, part 1, pp. 37-44, May 1996.

4. Valeri V. Chikovani "Vibratory Gyroscopes Based on Micro-Electro-Mechanical and non-Micro-Electro-Mechanical Systems", Cambridge Scholar Publishing, 2023, P. 375. (Monography).

УДК 621.37 (043.3)

С.В. Єнчев, д.т.н., О.П. Слободян, к.т.н. Р.В. Бенюк
(Національний авіаційний університет, Україна)

Синтез електричних схем заміщення авіоніки на основі амплітудно-частотних характеристик

Досліджено можливості синтезу еквівалентних електричних схем заміщення вхідних кіл приймачів електроенергії за критерієм мінімуму відхилення їх амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) вхідного імпедансу від АЧХ вихідного об'єкта.

Проведені дослідження показали, що зміну властивостей реактивних елементів, які впливають на працездатність приймачів електроенергії, можна діагностувати за зміною АЧХ вхідних імпедансів. Однак отримання на борту ПС АЧХ пов'язане з необхідністю перепроєктувати всі пристрої системи розподілу електроенергії, додаючи додаткові елементи (генератори синусоїдальних сигналів, комутатори тощо), що може призвести до зниження надійності системи загалом.

Тому запропоновано "пасивний" метод діагностування приймачів енергії – шляхом визначення параметрів реактивних елементів за перехідними процесами під час під'єднання обладнання до бортової електричної мережі.

Теоретична можливість реалізації такої методики зумовлена ізоморфізмом властивостей об'єкта в частотній і часовій областях. Тобто зміни АЧХ еквівалентні зміні параметрів перехідних процесів при ступінчастому впливі. Електричні схеми вхідних каскадів конкретного обладнання зазвичай невідомі, тому математичну модель кожного приймача електричної енергії отримати не можливо.

Запропоновано використовувати еквівалентні електричні схеми заміщення. Еквівалентність електричної схеми заміщення визначається еквівалентністю відповідних АЧХ об'єкта та АЧХ схеми заміщення. У зв'язку з цим виникає завдання отримання еквівалентних електричних схем заміщення приймачів електроенергії. Визначення параметрів еквівалентних електричних схем заміщення складається з декількох етапів на землі та в польоті (рис. 1).

На землі:

1. Зняття АЧХ нового (справного об'єкта).
2. За АЧХ об'єкта вибір структури електричної схеми заміщення. Кількість максимумів і мінімумів АЧХ (полюсів і нулів характеристичного рядка) визначає кількість реактивних елементів у схемі заміщення. При цьому множина типових електричних схем заміщення з різною кількістю каскадів з реактивними елементами обирається заздалегідь. Експериментальні дослідження АЧХ вхідних каскадів ВІП показали, що в максимальному випадку достатньо двох каскадів із чотирма реактивними елементами для отримання необхідної структури.

3. Ідентифікація параметрів електричної схеми методом найменших квадратів. Критерієм у завданні ідентифікації є близькість АЧХ об'єкта й АЧХ електричної схеми заміщення.

4. Складання системи диференціальних рівнянь (математичної моделі) схеми заміщення.

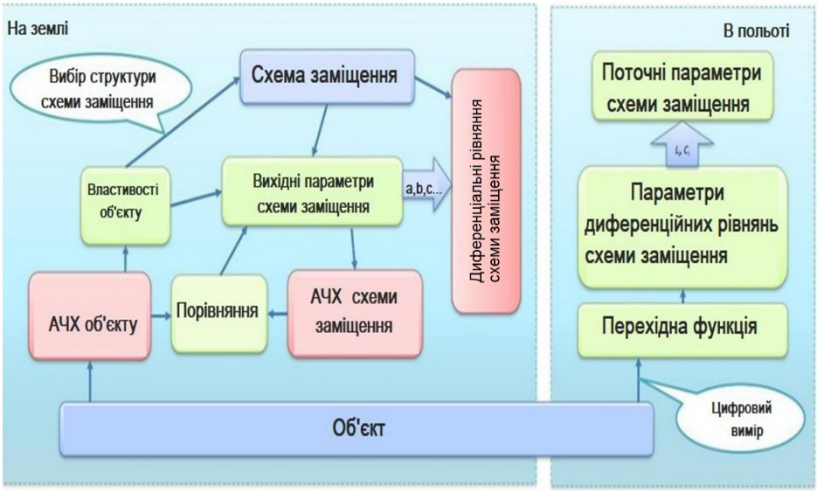


Рис. Методика визначення параметрів еквівалентних електричних схем заміщення

Ідентифікація параметрів електричної схеми заміщення - це перший крок верифікації математичної моделі об'єкта.

У польоті (після кожного ввімкнення приймача електроенергії):

1. Цифрові вимірювання споживаного струму для отримання перехідної функції.

2. Ідентифікація параметрів диференціальних рівнянь (верифікація математичної моделі).

3. Розрахунок поточних параметрів електричної схеми заміщення.

У разі детальнішого аналізу залежностей резонансних частот і амплітудних значень від стану конденсаторів (обривів або зміни параметрів) можна отримати аналітичні функції, за якими з'явиться можливість однозначного діагностування таких станів.

Для того, щоб отримати аналітичні залежності для пошуку контрольованих параметрів, слід підібрати схему заміщення за отриманою АЧХ вторинного джерела електроживлення.

Синтез електричних ланцюгів можна виконати в часовій області, коли вимоги задаються до перехідної або імпульсної характеристики, і в частотній області, коли вимоги задаються до АЧХ. Розглянемо другий випадок.

Умови фізичної реалізованості залежать від того, з яких елементів передбачається синтезувати ланцюг, у цьому разі RLC-ланцюг [1].

Реальна АЧХ визначається номінальними (розрахунковими) значеннями параметрів досліджуваного об'єкта, допустимими (технологічними) відхиленнями параметрів, вимірювальними та обчислювальними похибками, відхиленнями параметрів, зумовленими старінням елементів або експлуатаційними впливами.

Як уже зазначалося раніше, за амплітудами в резонансних точках АЧХ визначаються параметри R, L, C елементів об'єкта дослідження [19]. Структуру (топологію) електричної схеми заміщення будемо задавати виходячи з кількості екстремумів вихідної АЧХ [22].

Для контролю стану обладнання достатньо обмежитися вхідним імпедансом схеми Z(f) на заданій множині значень частоти. Для багато параметричних двополюсників частотні характеристики ускладняються залежно від числа їхніх параметрів. У чисто реактивних навантажень опір ($Z(\omega)=\pm jX$) залежить від частоти, при цьому $Z(\omega)$ може багаторазово змінюватися від 0 до ∞.

Таким чином, частотна характеристика RLC-ланцюга складається з набору локальних екстремумів, що чергуються. Координати локальних екстремумів можуть бути використані як діагностичні параметри об'єкта. Поступову зміну параметрів елементів під час їхньої деградації можна використовувати в прогнозуванні стану об'єкта контролю. При збереженні значень параметрів електричної схеми пристрою, АЧХ залишається незмінною [2]. За формою АЧХ (наявності, координатах і величинах екстремумів на графіку частотної характеристики) можна судити про стан контрольованого пристрою. Як приклад вихідного об'єкта розглянемо АЧХ справного частотного фільтра, зняту експериментальним шляхом, на рис.2.

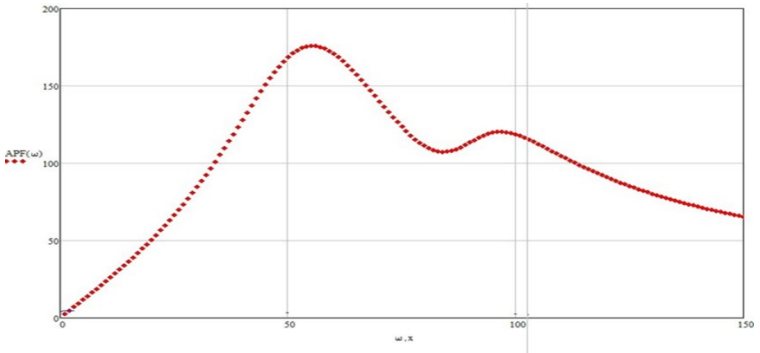


Рис. 2. АЧХ частотного фільтра

Схеми заміщення на основі частотних характеристик для нескладних двополюсників, що містять резистивні та реактивні елементи, інколи можна

якісно будувати на підставі простих фізичних міркувань про характер зміни опору окремих елементів цього двополюсника у функції частоти.

Розглядаючи характеристику, зазначену на рис.2, можна побачити екстремуми: два максимуми й один мінімум. Це свідчить про наявність двох каскадів у схемі заміщення. За досліджуваними раніше АЧХ, один максимум відповідає одному каскаду (зі зв'язки резистора, індуктивності та ємності) елементів у вихідному електричному ланцюзі. На підставі представленої АЧХ можна уявити таку схему заміщення (рис. 3).

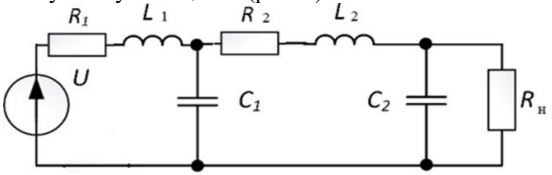


Рис. 3. Електрична схема заміщення

На підставі цього можна створити базис із типових схем заміщення із заданою топологією АЧХ. Кільком видам схем заміщення може відповідати одна АЧХ. Важливою топологічною властивістю є те, що кількість екстремумів в АЧХ схеми заміщення має збігатися з топологією АЧХ досліджуваної системи.

Висновок

З вищевикладеного стає зрозумілим, що характеристики електричного кола залежать від параметрів його елементів. У процесі експлуатації значення параметрів елементів неминуче відрізняються від розрахункових значень, що призводить до зміни їхніх характеристик. Зміни характеристик мають бути такими, за яких робота пристрою не порушується. Тому, чим менші зміни характеристик за одного й того самого відхилення величин параметрів елементів, тим кращий цей пристрій.

Список літератури

1. Бенюк Р.В. Метод визначення технічного стану споживачів електроенергії в системах електропостачання повітряних суден. - Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістр спеціальності 173 "Авіоніка". - Національний авіаційний університет. - Київ, 2023. - 93 с. https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/62363

2. Pavlova, V.I., Khalyutin, S.P., Khalyutina O.S., Starostin I.E., Investigation of errors in the representation of electrical equivalent circuits of aviation equipment, built on the basis of amplitude-frequency characteristics. 2022 IEEE 23rd International Conference Of Young Professionals In Electron Devices And Materials (EDM). P. 416-420.

3. Simankov, N.A., Savelov, A.A., Davidov, A.O. Possibility of aircraft electrical equipment diagnostics by the local load control units. International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, 2020-June, P. 318–323.

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

Ю.В. Грищенко,д.т.н., О.О. Чужа, к.т.н., Т.С. Соломаха, Д.Ю. Іващенко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Надійність при безпеці польотів на малих висотах

Метою даної статті є дослідити вплив надійності технічних систем та людського фактора на безпеку польотів на малих висотах. Зокрема, у статті будуть розглянуті основні ризики, пов'язані з цими аспектами, та запропоновані шляхи їх мінімізації

Вступ

Забезпечення безпеки польотів є одним з ключових пріоритетів сучасної авіації. Особливо це стосується польотів на малих висотах, де виникають специфічні ризики, зумовлені близькістю до поверхні землі та різноманітними природними та техногенними перешкодами. Надійність технічних систем та професіоналізм пілотів є основними чинниками, що впливають на безпеку польотів у таких умовах. Невеликі помилки або збої можуть призвести до катастрофічних наслідків, тому питання підвищення надійності систем управління, навігації та зв'язку стає особливо актуальним. У цій статті розглянуто роль надійності технологій та людського фактора у забезпеченні безпеки польотів на малих висотах, а також можливі шляхи мінімізації ризиків, пов'язаних з цими аспектами.

Поставка проблеми

Згідно з Авіаційними правилами України «Загальні правила польотів у повітряному просторі України» польоти за висотою виконання поділяються на

- на гранично малих висотах – до 200 м включно над рельєфом місцевості або водною поверхнею
- на малих висотах – від 200 до 1000 м включно над рельєфом місцевості або водною поверхнею
- на середніх висотах – від висоти 1000 м над рельєфом місцевості або водною поверхнею до ешелону 3950 м (FL 130) включно
- на великих висотах – від ешелону 3950 м (FL 130) до ешелону 11900 м (FL 390) (зазвичай до тропопаузи) включно
- в стратосфері – вище ешелону 3950 м (FL 130) (вище тропопаузи). [1]

Польоти на малих висотах вимагають високого рівня підготовки, як технічної, так і психологічної. Надійність систем управління, майстерність пілотів та точність навігаційного обладнання є вирішальними факторами, що дозволяють мінімізувати ризики та підвищити рівень безпеки при виконанні таких польотів. Під час польотів на малих висотах пілот стикається із низкою складнощів таких як:

- Обмежений час на реагування .На малих висотах пілоти мають значно менше часу для реагування на непередбачувані ситуації. У разі появи технічних проблем, зіткнень з птахами чи зміни погодних умов, пілот має в лічені секунди приймати рішення. Помилка або запізнення з реагуванням можуть призвести до зіткнення з землею чи іншими перешкодами.

- Природні та ландшафтні перешкоди. На низьких висотах існує значний ризик зіткнення з природними об'єктами, такими як гори, дерева, водні поверхні чи пагорби. Також важливо враховувати можливість зіткнення з будівлями, лініями електропередачі, мостами та іншими штучними конструкціями. Складні ландшафтні умови вимагають високого рівня маневреності літаків і майстерності пілотів.
- Погодні умови. Погода на малих висотах може бути нестабільною і викликати небезпечні явища, такі як сильна турбулентність, туман, дощ чи снігопади. Погіршення видимості через туман або дощ знижує можливості візуального контролю за навколишньою територією, що робить польоти ризикованими. Крім того, сильний вітер може негативно впливати на стабільність польоту.
- Турбулентність. На малих висотах літаки піддаються сильнішій турбулентності, особливо поблизу гір або в районах з активними погодними фронтами. Це може знижувати керованість літаком та створювати додатковий тиск на пілота. У таких умовах навіть невелика турбулентність може призвести до втрати контролю над літаком.
- Робота системи навігації та управління. На низьких висотах навігаційне обладнання може мати складності у функціонуванні через вплив земних перешкод, сигналів від сторонніх об'єктів або шумів. Це ускладнює точне визначення місця розташування літака та контроль за його траєкторією. Більш того, надійність радіозв'язку може також знизитися через вплив рельєфу місцевості або інфраструктурних об'єктів.
- Пілотажні складності. Пілоти повинні мати виняткову майстерність і увагу під час польотів на малих висотах, оскільки навіть невелика помилка у керуванні може спричинити катастрофу. Постійний візуальний контроль за ландшафтом і умовами польоту є вкрай важливим, і це створює додаткове психоемоційне навантаження на пілота.
- Ризик зіткнення з птахами. Зона малих висот часто є середовищем проживання птахів, що значно підвищує ризик їх зіткнення з літаком. Такі зіткнення можуть спричинити значні пошкодження двигунів або інших важливих частин літака, що в екстремальних випадках може призвести до аварії.
- Недостатня автоматизація. На малих висотах багато процесів керування покладаються на пілотів, оскільки автоматизовані системи можуть бути менш ефективними через складні умови та обмеження з боку ландшафту та перешкод. Це створює додатковий тиск на людину та збільшує можливість виникнення людських помилок.
- Військові та спеціальні польоти. У військових операціях або при виконанні спеціальних завдань (наприклад, пошуково-рятувальні операції, обльоти територій), польоти на малих висотах є важливими, але складними через потребу в прихованості, швидкому маневруванні та збереженні зв'язку із землею. Такі операції часто проводяться в екстремальних умовах, що підвищує ризик.

Розрахунок надійності обладнання

Слід враховувати, що вірогідність безвідмовної роботи при розрахунку лямда і імовірнісно-фізичними методами відрізняються [3]. Сучасні системи

відрізняються від застарілих сучасною елементною базою. Для них у більшості випадків підходить ймовірно-фізичний метод розрахунку безвідмовності, коли за модель відмов береться DN закон розподілу. Це важливо враховувати в початковий період і при тривалій експлуатації (рис. 1)

Розглянемо приклад розрахунку 6 елементів системи авіоніки у Маткаді. Розрахункові значення інтенсивності відмов елементів (1/год):

$$\mu := \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 + \mu_5 + \mu_6}{6} = 4.371 \times 10^6 \qquad \nu := 8$$

$$Rdn(t) := cnorm\left(\frac{\mu - t}{\nu \cdot \sqrt{\mu \cdot t}}\right) - exp\left(\frac{2}{\nu^2}\right) \cdot cnorm\left[\frac{-(\mu + t)}{\nu \cdot \sqrt{\mu \cdot t}}\right]$$

$$Rexp(t) := exp(-\lambda \cdot t)$$

$$\lambda := \lambda p_1 + \lambda p_2 + \lambda p_3 + \lambda p_4 + \lambda p_5 + \lambda p_6 = 2.279 \times 10^{-6}$$

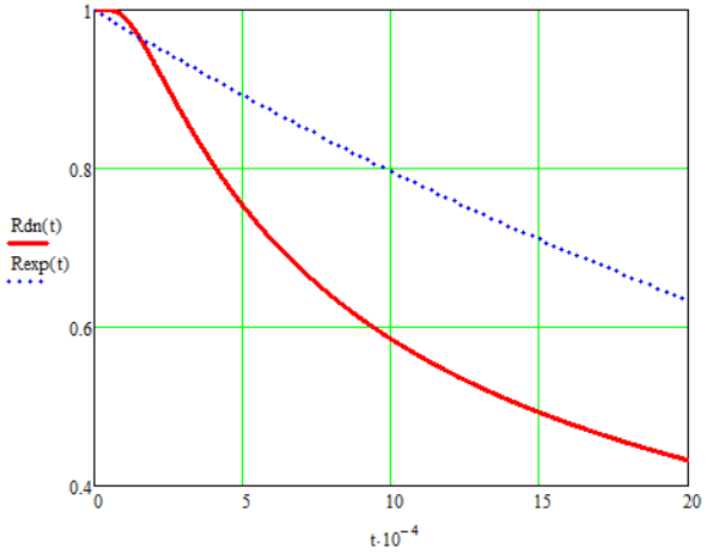


Рис. 1. Залежність вірогідності безвідмовної роботи від часу при розрахунку імовірнісно-фізичним $R_{DN}(t)$ і лямбда $R_{exp}(t)$ методами (де μ - параметр масштабу розподілу, чисельне значення якого обернено пропорційно середньої швидкості деградаційного процесу; ν – параметр форми розподілу, який дорівнює коефіцієнтові варіації наробітку до відмови, t – час, λ-інтенсивність відмов.

З рисунка видно, що вірогідність безвідмовної роботи від часу при розрахунку лямбда і імовірнісно-фізичних методів починає сильно розрізнятися після певного часу роботи. Розробники і експлуатанти повинні звернути на це увагу. При тривалій експлуатації вірогідність збоїв (відмов) набагато вища, що може привести до підвищеної психофізіологічної напруженості людини-оператора.

Алгоритм прогнозування вірогідності безвідмовної експлуатації залежно від тривалості експлуатації такий. Для систем авіоніки кожного типу повітряного судна необхідно побудувати закони розподілу. Визначити етапи перевірок відповідності ймовірності безвідмовної роботи систем. Скласти таблицю ризиків у зв'язку з вірогідними відмовами і інформувати про це керівництво льотного складу.

Висновок

Надійність систем авіоніки має значний влив на безпеку польотів на малих висотах. Оскільки при таких польотах значно зменшується час на прийняття рішення. Враховуючи всі зазначені фактори, польоти на малих висотах вимагають високого рівня підготовки, як технічної, так і психологічної. Надійність систем управління, майстерність пілотів та точність навігаційного обладнання є вирішальними факторами, що дозволяють мінімізувати ризики та підвищити рівень безпеки при виконанні таких польотів.

Список літератури

1. АВІАЦІЙНІ ПРАВИЛА УКРАЇНИ «ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ПОЛЬОТІВ У ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ УКРАЇНИ» доступно тут https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2016/12/Zagalni-pravyla-polotiv-u-povitryanomu-prostori-Ukrayiny.pdf

2. U.K. Patent GB 2194062-A Detection of damage in materials/ Eastham John –1988.

3. Hryshchenko Y.V. Dependability of avionics unmanned aerial vehicles / Y.V. Hryshchenko, V.G. Romanenko, I.V. Kravets // IEEE 5th International Conference “Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments” (October 22-24, 2019) – Kyiv, Ukraine, 2019. – pp. 27-30.

УДК 629.7

О.П. Кривоносенко к.т.н., Ю.В. Мельник д.т.н., Ю.М. Юрченко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Синтез регулятора руху бпла з підвищеною робастною стійкістю

В даній роботі розглядається рішення задачі синтезу ідеального регулятора з підвищеною робастною стійкістю для адаптивної системи керування БПЛА з одним входом і з одним виходом на класі однопараметричних структурно-стійких відображень градієнтно-скоростним методом вектор функції Ляпунова. Синтез такого регулятора є важливою задачею при створенні адаптивної системи управління БПЛА особливо в умовах невизначеності параметрів структури рухомого об'єкта. Така ситуація часто виникає в умовах масового виробництва БПЛА різного класу і необхідності врахування багатьох стохастичних збурень, не врахування яких може суттєво зменшити ефективність застосування БПЛА. Для гарантії якісної роботи системи управління і виконання польотного завдання досліджується стійкість, робастність і якість функціонування системи градієнтно-швидкісним методом вектор-функцій Ляпунова.

Вступ

Сучасні системи керування БПЛА характеризуються постійним збільшенням як складності, так і вимог до їх високої ефективності. У цих системах динамічна невизначеність може бути викликана як наявністю неконтрольованого вітрового збурення, що діє на об'єкт керування [1], так і відсутністю знання істинних значень параметрів руху об'єктів і непередбачуваних змін у часі їхньої динаміки [1,2].

Актуальною проблемою є створення систем керування, які забезпечують робастний захист від невизначеності при наявності неконтрольованих впливів, а також при змінах параметрів в знанні динамічних властивостей об'єкта, досліджень нестабільності збурюючих факторів та системи управління.

Проектування систем управління з високим захистом від нестабільності може забезпечити робастна стійкість при будь-яких значеннях неозначених параметрів. Але, відомі методи не розглядають завдання управління, де динамічні властивості рухомого об'єкта змінюються в значних межах. Тому, розглянемо систему управління з підвищеним потенціалом робастної стійкості рухомого об'єкта з одним входом і з одним виходом.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Нехай система керування рухом БПЛА з одним входом і з одним виходом задається рівнянням стану

$$\dot{x} = \mathrm{Ax} + \mathrm{Bu} \qquad (1)$$

Закон управління задається у формі одно параметричних структурно-стійких відображень

$$u_i(t) = -x_i^3 + k_i x_i,\ \mathrm{i} = 1, \ldots, \mathrm{n} \qquad (2)$$

тут x(t) ∈ Rn - вектор стану об'єкта управління, u(t) ∈ Rm – вектор функції управління рухомим об'єктом.

Рівняння стану (1) розгорнутій формі представляється виразом

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = x_3 \\ \vdots \\ \dot{x}_{n-1} = x_n \\ \dot{x}_n = -b_n\, x_1^3 - (a_n - b_n k_1)\, x_1 - b_n\, x_2^3 - \\ \quad - (a_{n-1} - b_n k_2)\, x_2 - b_n\, x_3^3 \\ \quad - (a_{n-2} - b_n k_3)\, x_3 -, \ldots, - \\ \quad -x_n^3 - (a_1 - b_n k_n)\, x_n \end{cases} \qquad (3)$$

Наступним кроком знаходимо стан (3) системи, що встановився в часі

$$\begin{cases} x_2 = 0 \\ x_3 = 0 \\ \vdots \\ x_{n+1} = 0 \\ -b_n x_{1s}^3 - (a_n - b_n k_1)\, x_{1s} - b_n\, x_{2s}^3 - \\ \quad (a_{n-1} - b_n k_2)\, x_{2s} -, \ldots, - \\ \quad -x_{ns}^3 - (a_1 - b_n k_n)\, x_{ns} = 0 \end{cases} \qquad (4)$$

З (4) знаходимо тривіальне рішення:

$$x_{1s} = 0,\ x_{2s} = 0,\ \ldots,\ x_{n6} = 0. \qquad (5)$$

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Дослідимо надстійкість стаціонарного стану (5) градієнтно швидкісним методом вектора функції Ляпунова [1].

З рівнянь стану (3) визначаємо компоненти вектора градієнтів та визначаємо розкладання компонентів вектора швидкості змінних стану x1,. . . , xn системи (3).

$$\begin{gathered} \frac{dV(x)}{dt} = -x_2^2 - x_3^2 -, \ldots, -x_n^2 \\ -b_n^2 [x_1^3 - 3\sqrt{k_1 - \tfrac{a_n}{b_n}} x_2^1 + (k_1 - \tfrac{a_n}{b_n}) x_1]^2 \\ -b_n^2 [x_2^3 - 3\sqrt{k_2 - \tfrac{a_{n-1}}{B_n}} x_2^2 + (k_2 - \tfrac{a_{n-1}}{b_n}) x_2]^2 -, \ldots, \\ -b_n^2 [x_n^3 - 3\sqrt{k_n - \tfrac{a_1}{b_n}} x_n^2 + (k_n - \tfrac{a_n}{b_n}) x_n]^2 \end{gathered} \qquad (6)$$

Умови негативної визначеності повної похідної за часом (6) від функції Ляпунова гарантовано виконується при цьому функція (6) є знаконегативною функцією. За компонентами вектору градієнтів (6) побудуємо вектор-функцій Ляпунова у скалярній формі:

$$v\,(x) \;=\; \tfrac{1}{4}b_n x_1^4 \;-\; -b_n\sqrt{k_2-\tfrac{a_n}{b_n}}x_1^3 \;+\; cx_1^2 \;+$$
$$\tfrac{1}{4}b_n x_2^4 \;--\sqrt{k_2-\tfrac{a_{n-1}}{b_n}}x_2^3+\tfrac{1}{2}b_n(k_2-\tfrac{a_{n-1}}{b}-\tfrac{1}{b_n})x_2^2+$$
$$\tfrac{1}{4}b_n x_3^2 \;-\; -b_n\sqrt{k_3-\tfrac{a_{n-2}}{b_n}}x_3^3 \;+\; \tfrac{1}{2}b_n(k_3 \;-\; \tfrac{a_{n-2}}{b_n} \;-$$
$$\tfrac{1}{b_n})x_3^2+,\ldots,\tfrac{1}{4}b_n x_n^4 \;--b_n\sqrt{k_n-\tfrac{a_1}{b_n}}x_n^3 \qquad (7)$$

Функція (7) відповідає умовам леми Морса з теорії катастроф, тому функцію (7) можемо наближено замінити квадратичною формою.

$$V\,(x) \;\approx\; \tfrac{1}{2}b_n(k_2-\tfrac{a_n}{b_n})x_1^2 \;+\; \tfrac{1}{2}b_n(k_2 \;-$$
$$\tfrac{1}{b_n})x_2^2+\tfrac{1}{2}b_n(k_3-\tfrac{a_{n-2}}{b_n}-\tfrac{1}{b_n})x_3^2,\ldots,$$
$$+\frac{1}{2}b_n(k_n-\frac{a_n}{b_n}-\frac{1}{b_n})x_n^2 \qquad (8)$$

Умови позитивної визначеності функцій (8) представляється у вигляді:

$$\begin{cases} b_n\left(k_1-\frac{a_n}{b_n}\right)>0 \\ b_n\left(k_2-\frac{a_{n-1}}{b_n}-\frac{1}{b_n}\right)>0 \\ b_n\left(k_3-\frac{a_{n-2}}{b_n}-\frac{1}{b_n}\right)>0 \\ \ldots \qquad\qquad \ldots \\ b_n\left(k_n-\frac{a_1}{b_n}-\frac{1}{b_n}\right)>0 \end{cases} \qquad (9)$$

Якщо в результаті досліджень градієнтно-швидкісним методом вектор функцій Ляпунова еталонної моделі адаптивної системи заданої якості, то маємо умову аперіодичної робастної стійкості при виконанні наступних нерівностей

$$-d_n^m>0,\ -d_{n-1}^m-1>0,-d_{n-2}^m-1>0,\cdots-d_1^m-1>0, \qquad (10)$$

або

$$d_n^m>0,\ d_{n-1}^m-1>0,d_{n-2}^m-1>0,\ldots d_1^m-1>0, \qquad (11)$$

де d, i = 1, ...n відомі параметри еталонної моделі , то порівнюючи ліві частини

нерівності (10) та (11) отримуємо

$$\begin{cases} b_n\left(k_1-\frac{a_n}{b_n}\right)=d_n \\ b_n\left(k_2-\frac{a_{n-1}}{b_n}-\frac{1}{b_n}\right)=d_{n-1}-1 \\ b_n\left(k_3-\frac{a_{n-2}}{b_n}-\frac{1}{b_n}\right)=d_{n-2}-1 \\ \dots \qquad\qquad \dots \qquad\qquad \dots \\ b_n\left(k_n-\frac{a_1}{b_n}-\frac{1}{b_n}\right)=d_1-1 \end{cases} \tag{12}$$

$$\begin{cases} k_1=\frac{a_n}{b_n}+\frac{d_n}{b_n} \\ k_2=\frac{a_{n-1}}{b_n}+\frac{d_{n-1}}{b_n} \\ k_3=\frac{a_{n-2}}{b_n}+\frac{d_{n-2}}{b_n} \\ \dots \qquad\qquad \dots \qquad\qquad \dots \\ k_n=\frac{a_1}{b_n}+\frac{d_1}{b_n} \end{cases} \tag{13}$$

Таким чином, система (3) є системою управління з підвищеним потенціалом робастної стійкості та забезпечує надстійкість при будь-яких значеннях невизначених параметрів, а для системи з одним входом та з одним виходом у класі одно параметричних структурно-стійких відображень ідеальний регулятор адаптивної системи обчислюється за формулами (12) та (13).

Відомі із літератури методи не розглядають завдання управління, коли динамічні властивості об'єкта змінюються у невідомих межах. Пропонується метод визначення області зміни параметрів об'єкта, забезпечуючи робастну стійкість до змін параметрів. У свою чергу, це забезпечує управління режимами нестійкості в системі керування. Вибраний градієнтно-швидкісний метод векторної функції Ляпунова дозволяє вирішити задачу побудови ідеального регулятора з підвищеним потенціалом робастної стійкості адаптивної системи управління.

Список літератури

1. Кунцевич В.М. /Управління за умов невизначеності: Гарантовані результати у завданнях управління та ідентифікації. - К.: Наукова Думка, 2007. - 620 с.

2. Beisenbi M., Uskenbayeva G., Satybaldina D., Martsenyuk V., Shailhanova A. / Robust stability spacecraft traffic control system using Lyapunov functions // 16th International Conference on Control, Automation and System (ICCAS), IEEE. - 2018. pp. 743-748

УДК 621.7396:621.396.933(082): 551.388

Г.А. Калашник, д.геол.н., М.А. Калашник-Рибалко, к.т.н.
(Льотна академія Національного авіаційного університету, Україна)

Результати синтезу функціонально стійкої структури комплексу авіоніки *D*-42 в умовах дестабілізуючих впливів

Представлено результати синтезу функціонально стійкої структури комплексу авіоніки D-42 в умовах дестабілізуючих впливів.

Інтелектуалізація сучасних комплексів бортового обладнання (КБО) насамперед повинна передбачати керування значними за обсягами інформаційними потоками, їх швидку обробку та використання для забезпечення безпеки польотів і ефективності повітряних суден, підтримання їх функціональності в умовах різних дестабілізуючих впливів [1]. Тому забезпечення функціональної стійкості комплексів бортового обладнання літальних апаратів є частковим завданням проблеми забезпечення безпеки польотів та одним з пріоритетних напрямків наукових досліджень.

Методологія теорії функціональної стійкості (ФС) була розвинута в роботах Машкова О.А. [2], Барабаша О.В. [3], Кравченка Ю.В. [4] та ін. Дослідження показників, ознак і критеріїв ФС свідчать про те, що основним методом підвищення функціональної стійкості розподіленої структури комплексу авіоніки є підвищення зв'язності його структури [5].

Проведене нами дослідження ефективності вихідної структури комплексу авіоніки D-42 за структурними параметрами графа та топологічними показниками ФС підтвердили висновок про недостатній рівень ФС окремих елементів цього комплексу [6]. Орієнтований граф вихідної структури комплексу авіоніки D-42 з візуалізацією ваг компонентів графа представлений на рис.1.

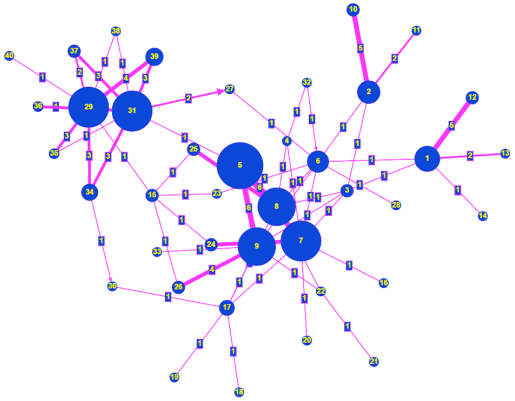


Рис. 1. Орієнтований граф вихідної структури комплексу авіоніки D-42 з візуалізацією ваг компонентів графа

Аналіз вихідного графа комплексу авіоніки D-42 (рис. 1) дозволив визначити, що максимальний ступінь вершинної зв'язності $\chi_{\max}(G)$ дорівнює 8, а мінімальний ступінь вершинної зв'язності $\chi_{\min}(G)$ – 1. Максимальний ступінь реберної зв'язності $\lambda_{\max}(G)$ дорівнює 8, а мінімальний ступінь реберної зв'язності $\lambda_{\min}(G)$ дорівнює 1 (рис. 2). Кількість вершин графа комплексу авіоніки D-42 зі ступенем зв'язності вершин, що дорівнює 1, досягає 15 (рис. 2).

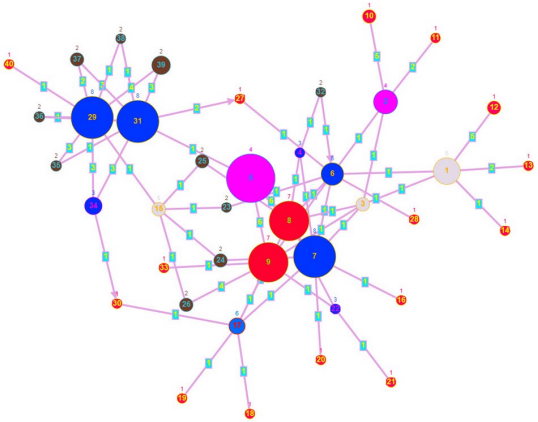


Рис. 2. Визначення максимального ступеня вершинної зв'язності графа комплексу авіоніки D-42

У структурі комплексу авіоніки D-42 (рис. 2) для 15 модулів вершинний запас ФС Z_V та реберний запас ФС Z_L рівні $Z_V = 0$ і $Z_L = 0$. Таким чином, структура комплексу авіоніки D-42 за рядом вузлів знаходиться на межі ФС. Пошкодження єдиного з'єднання для таких вузлів призведе до виникнення двокомпонентного графа та часткової несправності окремих вузлів у системі.

Імовірність зв'язності P_{ij} окремих пар вузлів структури вихідного графа $G_0(V, L)$ комплексу авіоніки D-42 не відповідає вимозі $P_{ij} \geq P_{req}$, де P_{req} було задано $P_{req} = 0{,}9$. Графіки залежності ймовірнісної зв'язності P_{ij} для найбільш важливих вузлів зв'язку окремих модулів щодо ймовірності передачі інформації p для вихідної структури $G_0(V, L)$ між будь-якою парою модулів v_i, v_j $p = 0{,}5,...0{,}95$ представлені на рис. 3.

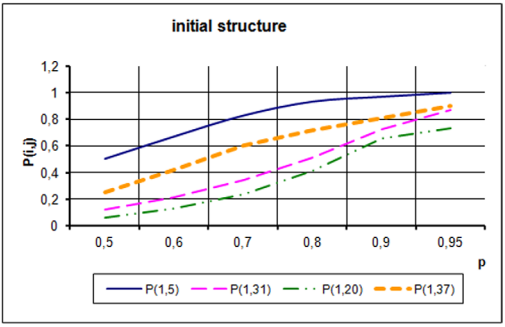


Рис. 3. Залежність ймовірностей зв'язності $P_{1,5}$, $P_{1,31}$, $P_{1,20}$, $P_{1,37}$ від ймовірності передачі інформації p для вихідної структури $G_0(V,L)$ комплексу D-42

Таким чином, для підвищення ФС комплексу авіоніки D-42 під впливом потоку дестабілізуючих факторів необхідно оптимізувати його вихідну структуру.

Визначимо умови математичного моделювання вихідної структури комплексу авіоніки D-42.

Задано. Вихідна структура D-42 представлена у вигляді графа $G_0(V,L)$, який складається з $N=40$ вершин (рис. 1). Нехай ймовірність передачі інформації між будь-якою парою модулів v_i, v_j дорівнює $p=0{,}9$.

Потрібно визначити. Оптимальну структуру комплексу авіоніки D-42, $G_\varepsilon(V,L)$, $\varepsilon=1,2,...,4$, згідно з формулою (1) з накладеними на неї обмеженнями.

$$F_{IMA\ \ AIRCRAFT} = f(P_{ij}) \to \max,\quad i,j,...,N,\quad i \neq j \quad (1)$$

з обмеженнями [7]:

$$C_\varepsilon = \sum_i \sum_j C_{ij}(l_{ij},\rho_{ij},q_{ij}) \le C_{a\ \varepsilon},$$

$$\forall \pi_{ij} \quad P_{ij} \ge P_{req},$$

$$\chi(G) \ge 2;\ \lambda(G) \ge 3,$$

$$\{\omega(G) \ge 2 \cap k > 1\} \cup \{\mu(G) \ge 2 \cap k > 1\},$$

$$G_0(V,L) \subseteq G_\varepsilon(V,L),$$

$$\rho_{ij} > q_{ij},\quad \tau_{aver} \le T_{\max},$$

Для цього необхідно попередньо виконати математичне моделювання кількох оптимізованих структур комплексу авіоніки D-42 для різних значень вартості побудови системи $C_{a\ \varepsilon}$:

для $\varepsilon=1$: визначити $G_1(V,L)$ з $C_{a\ 1}$ =10000 умовних одиниць (у.о.);

для $\varepsilon=2$: визначити $G_2(V,L)$ з $C_{a\ 2}$ = 20000 у.о.;

для $\varepsilon=3$: визначити $G_3(V,L)$ з $C_{a\ 3}$ = 50000 у.о.;

для $\varepsilon = 4$: визначити $G_4(V, L)$ з $C_{a\,4} = 100000$ у.о.
і для різних значень ймовірності передачі інформації між будь-якою парою елементів v_i, v_j з наступним вибором найбільш оптимального варіанта оптимально розподіленої структури комплексу авіоніки D-42.

Припущення задачі синтезу. Синтез комплексу авіоніки здійснюється за наступних припущень: 1) синтезовані структури комплексу авіоніки D-42 не повинні мати кратних ребер; 2) усі лінії зв'язку вихідної структури $G_0(V, L)$ повинні зберігатися в синтезованих структурах $G_\varepsilon(V, L)$; 3) синтезовані структури не повинні мати заборонених ліній зв'язку; 4) пропускна здатність одного каналу передачі інформації ρ_{ij} приймається $\rho_{ij} > q_{ij}$, де q_{ij} – інтенсивність обміну інформацією між елементами v_i, v_j.

Умови експерименту. Синтез комплексу авіоніки D-42 здійснюється при різних допустимих значеннях вартості побудови системи $C_{a\,\varepsilon}$, наведених в умовних одиницях (у.о.): 10000; 20000; 50000; 100000. Значення ймовірності передачі інформації p приймається однаковим для всіх каналів обміну інформацією і дорівнює p =0,9. За результатами експертного опитування отримано експериментальні умови та припущення для задачі синтезу структури комплексу авіоніки.

Рішення задачі синтезу. Розраховані структурні показники оптимізованих структур, обраних для комплексу авіоніки D-42, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Структурні показники вихідної та оптимізованих структур комплексу D-42

Структура $G_\varepsilon(V, L)$	$C_{a\,\varepsilon}$, у.о.	M	D	K_{centr}	K_r	C, у.о.
$G_0(V, L)$	0	220	13	0,842	4,641	1007
$G_1(V, L)$	10,000	229	13	0,711	4,872	9954
$G_2(V, L)$	20,000	245	12	0,503	5,282	19975
$G_3(V, L)$	50,000	281	12	0,417	6,205	50217
$G_4(V, L)$	100,000	395	10	0,308	9,128	117562

Примітки: $C_{a\,\varepsilon}$, у.о. – допустима вартість, M – кількість ліній зв'язку, D – діаметр графа, K_{centr} – коефіцієнт централізації, K_r – коефіцієнт надлишковості зв'язків графа, C, у.о. – розрахована вартість

Аналіз структурних показників (табл. 1) оптимізованих структур та динаміка їх змін дозволяє зробити наступні висновки: 1) при збільшенні встановленої вартості $C_{a\,\varepsilon}$ збільшується кількість ліній зв'язку M і водночас коефіцієнт надлишковості K_r пропорційно збільшується; 2) зменшення

діаметра графа оптимізованих структур не пропорційно витраченим витратам, для найбільш розгалуженої структури $G_4(V,L)$ діаметр графа досягає значення D =10; 3) коефіцієнт централізації також зменшується зі збільшенням C_a і досягає допустимого значення K_{centr} $\leq 0{,}5$ при вартості ≥20000 у.о.

Наведені на рис. 4 розраховані діаграми залежностей ймовірності зв'язності P_{ij} від ймовірності передачі інформації p для вихідної структури комплексу D-42 та синтезованих структур $G_\varepsilon(V,L)$ з вартістю 10000 у.о., 20000 у.о., 50000 у.о., 100000 у.о. дозволяють зробити висновок, що для всіх оптимізованих структур величина P_{ij} також зростає зі збільшенням параметра p . Для синтезованих структур $G_2(V,L)$, $G_3(V,L)$, і $G_4(V,L)$, діаграми залежностей ймовірності зв'язності P_{ij} від імовірності передачі інформації p мають сильний характер насичення: для вихідних $G_2(V,L)$, починаючи зі значень показника $p \geq 0{,}9$, для $G_3(V,L)$, починаючи з значення показника p ≥0,8, а для структури $G_4(V,L)$, починаючи зі значень показника p ≥0,65.

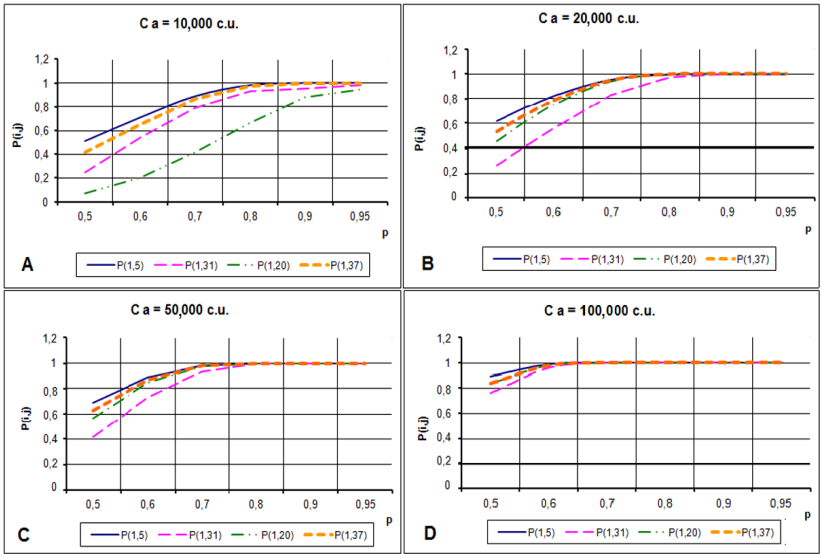


Рис. 4. Залежність ймовірностей зв'язності $P_{1,5}$, $P_{1,31}$, $P_{1,20}$, $P_{1,37}$ від ймовірності передачі інформації p для синтезованих структур $G_\varepsilon(V,L)$, ε=1,2,3,4 комплексу D-42 з обмеженнями на вартість: A – $C_{a\ 1}$=10000 у.о., B – $C_{a\ 2}$=20000 у.о., C – $C_{a\ 3}$=50000 у.о., D – $C_{a\ 4}$=100000 у.о.

Аналіз показників ефективності отриманих оптимізованих структур комплексу D-42 $G_\varepsilon(V,L)$ ε = 1,2,…,4, дозволив зробити висновок, що структуру досліджуваного комплексу авіоніки в прийнятну зону експлуатації можна вивести лише після оптимізації з розміром вартості $C_a \geq 20\ 000$ у.о. (табл. 2).

Таблиця 2

Показники ФС вихідної та оптимізованих структур комплексу авіоніки D-42

Структура $G_\varepsilon(V,L)$	$C_{a\,\varepsilon}$, у.о.	$\chi(G)$	$\lambda(G)$	Z_V	Z_L	Область функціональної стійкості (ФС)
$G_0(V,L)$	0	1	1	0	0	ФС обмежена (не прийнятно)
$G_1(V,L)$	10,000	2	3	1	0	ФС обмежена (не прийнятно)
$G_2(V,L)$	20,000	5	5	4	3	ФС (прийнятна)
$G_3(V,L)$	50,000	11	11	10	9	ФС (прийнятна)
$G_4(V,L)$	100,000	15	15	13	11	ФС (прийнятна)

Розрахункові значення узагальненого показника ФС $F_{IMA\ \ AIRCRAFT}(P_{i,j})$ представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Значення узагальненого показника ФС $F_{IMA\ \ AIRCRAFT}(P_{i,j})$

Структура $G_\varepsilon(V,L)$	$C_{a\,\varepsilon}$, у.о.	Для значень ймовірності, p					
		$p = 0,5$	$p = 0,6$	$p = 0,7$	$p = 0,8$	$p = 0,9$	$p = 0,95$
$G_0(V,L)$	0	80,1	112,7	150,2	221,3	294,2	336,5
$G_1(V,L)$	10,000	81,2	129,5	200,1	270,7	346,6	373,9
$G_2(V,L)$	20,000	176,9	277,1	348,9	383,2	384,9	385,0
$G_3(V,L)$	50,000	325,0	377,5	384,8	385,0	385,0	385,0
$G_4(V,L)$	100,000	373,4	382,7	384,9	385,0	385,0	385,0

Найбільш прийнятним для узагальненого показника ФС $F_{IMA\ \ AIRCRAFT}(P_{i,j})$ як пріоритетного (табл. 3) з додатковим врахуванням структурних показників графа (табл. 1) і структурних показників ФС (табл. 2) є оптимізація структури вибраного комплекс авіоніки D-42 на задану умовну вартість C_a =20 000 у.о. Оптимізація структури комплексу авіоніки для умови $p = 0,9$ та заданої умовної вартості C_a =20 000 у.о. дозволило отримати приріст узагальненого показника ФС $F_{IMA\ \ AIRCRAFT}(P_{i,j})$ на 30,8 % порівняно з вихідною структурою (з 294,2 до 384,9). Він є найбільш прийнятним за узагальненим показником ФС $F_{IMA\ \ AIRCRAFT}(P_{i,j})$, як критерію переваги при

заданих обмеженнях витрат та з урахуванням обмежень інших параметрів ефективної роботи комплексу.

Висновки.

Для підвищення ефективності інтегрованого комплексу авіоніки в умовах дестабілізуючих впливів синтезовано оптимальну структуру комплексу авіоніки літака D-42 за критерієм максимального показника ФС обмеженням вартості побудови системи. При розрахунках досягнуто приріст узагальненого показника ФС у порівнянні з вихідною структурою на 30,8 % (з 294,2 до 384,9) для заданої умовної вартості C_a =20 000 у.о. Подальші дослідження спрямовані на структурно-параметричний синтез інтегрованого модульного комплексу авіоніки літака, окрім встановлення факту ФС. Необхідно зосередитися на визначенні запасу стійкості за конкретною ознакою.

Список літератури

1. Калашник Г.А., Калашник-Рибалко М.А. Проблеми забезпечення функціональної стійкості комплексу бортового обладнання сучасного повітряного судна. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України*. 2021. №3(44). С.59-65. DOI: https://doi.org/10.30748/nitps.2021.44.07
2. Mashkov O., Chumakevych V., Ptashnyk V., & Puleko I. Qualitative evaluation of the process of functionally stable recovery control of the aircraft in emergencies with an algorithm based on solving inverse dynamic problems. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. 2631. P. 384–394.
3. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем : монография. К.: НАУ, 2004. 226 с.
4. Sobchuk A., Kravchenko Yu., Tyshchenko M., Gawliczek P., & Afanasyeva O. Analytical aspects of providing a feature of the functional stability according to the choice of technology for construction of wireless sensor networks. *IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*. 2019. P. 102-106.
5. Калашник Г. А., Калашник-Рибалко М. А. Ознаки та критерії функціональної стійкості інтегрованого комплексу бортового обладнання сучасного повітряного судна та перспективні напрямки його розвитку. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних сил*. 2021. №2 (42). С.7-15. https://doi.org/10.30748/zhups.2021.68.01
6. Калашник Г. А., Калашник-Рибалко М. А. Результати дослідження ефективності функціонування комплексу бортового обладнання літака DA-42 за показниками функціональної стійкості під впливом дестабілізуючих факторів. *Системи обробки інформації*. 2020. №4 (163). С.27-36.
7. Калашник-Рибалко М. А., Калашник Г. А. Удосконалення методу синтезу оптимально розподіленої структури інтегрованого комплексу бортового обладнання літального апарата за показниками функціональної стійкості. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних сил України*. 2021. №1(42). С.41-49. https://doi.org/10.30748/nitps.2021.42.05

UDC 629.762.3

A. Kovalenko, A. Klipa. PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Vertical Stabilization Systems for Student Rockets

The article examines various vertical stabilization systems for student rockets. Methods of ensuring rocket stability during flight are analyzed, and the advantages and disadvantages of passive and active stabilization systems are described.

Stabilization in the vertical plane plays an important role in rocket development, and especially for the student project, resources are limited. Proper stabilization ensures stable flight and accuracy in achieving mission objectives. This article discusses the main approaches of vertical stabilization and their application in student rockets.

Principles of Vertical Stabilization

Stabilization of a rocket is crucial to hold its orientation so that it will fly along the planned flight path. Unstabilized, a rocket easily gets deviated due to the action of an aerodynamic force, imperfect manufacture of the vehicle, or external effects—especially those of gusty wind. Effective stabilization has improved the performance, safety, and reliability in the case of a rocket. The primary methods of stabilization can be viewed in passive and active systems, each having its mechanism, advantages, and limitations.

Passive Stabilization Systems

Passive stabilization systems depend on the natural principles of aerodynamics and structural design to keep the orientation of the rocket. Advantages of passive stabilization systems are their simplicity, reliability, and low cost; thus they are highly feasible under conditions with student rocket projects owing to scarce resources and expertise.

- **Stabilizers and Fins**: These are normally located at the tail of the rocket. The fins provide aerodynamic forces sustaining a flight along a straight line. The size, shape, and number of the fins create stability in the rocket through the development of a restoring torque which aligns the rocket together with the airflow.
- **Centre of Mass Positioning**: In natural stability, the CoM is placed below the CoP. The setup is designed in such a manner that any deviation creates a restoring force, which helps in returning the rocket toward its desired orientation.

The main advantages are a very simple design, a high degree of reliability, and costs are relatively very low.

Limitations: The degree of stability is less adequate under changeable flight conditions and requires an exacting design to give the best results.

Active Stabilization Systems

Active systems utilize sensors, actuators, and control algorithms for dynamic adjustments of the orientation of the rocket. These systems are more accurate and flexible but also more complicated and expensive.

- **Gyroscopic Systems**: Gyroscopes identify any rotational deviation, and through actuators, the control surfaces or the thrust vector is adjusted to make real-time correction in orientation.
- **Reaction Control Systems (RCS)**: The small thrusters provide fine adjustment for position and attitude of the rocket. These are quite useful during the precise maneuvering and stabilization of the rocket.

Advantages: Highly precise, flexibility in response to changeable conditions, better performance.
Limitations: Greater complexity, increased cost, and more failure points.

Practical Applications in Student Rockets

Most of the student rocket projects take some form of hybrid approach, wherein passive and active stabilization balance between simplicity and performance. A typical usage would be that rockets could fly with passive fins for basic stability but incorporate microcontroller-based systems with servos making minor adjustments. Different simulation tools are put to work, such as OpenRocket and MATLAB, to model and test various stabilization strategies before physical implementation. Iterative testing and refinement ensure that the operating systems perform effectively in real-world conditions.

Conclusion

For student rockets, effective vertical stabilization is one of the most critical considerations both in design and operation, given that this contributes directly to their capability for maintaining a controlled and predictable flight path. In this respect, student teams should strive to understand and implement both passive and active systems of stabilization and thereby achieve high stability, performance, and reliability in their rockets. Passive systems are simple and reliable, making for an excellent foundation in stabilization. Coupled with active systems that allow precision and adaptability, rockets will be able to fly even in dynamic, challenging flight regimes.

The implementation of these stabilization principles is a thoughtful mixture of design, simulation, and iteration. Using tools like MATLAB and OpenRocket, students model and refine their stabilization strategies well in advance of actual physical testing, saving time and resources with improved design outcomes. Furthermore, practical exposure to the development and optimization of the

stabilization system helps in building sovereign competencies in engineering within the realms of students for better understanding of aerospace principles and computational modeling.

Finally, incorporation of effective stabilization techniques has played a major role in successful development in various high-performing rockets in the students'ozilla. It allows student teams, through the proper balance between passive and active approaches, liberal use of simulation tools, and iteration of test-refine, to reach their mission objectives, such as targeted apogees, with an invaluable experience in the design and engineering of rockets.

References

1. Sutton G.P. Rocket Propulsion Elements. John Wiley & Sons. – New York, 2017. – 784 p.

2. Barrowman J.S. The Practical Calculation of the Aerodynamic Characteristics of Slender Finned Vehicles. National Aeronautics and Space Administration. – Washington D.C., 1967. – 45 p.

3. Humble R.W., Henry G.N., Larson W.J. Space Propulsion Analysis and Design. McGraw-Hill. – New York, 1995. – 736 p.

UDC 629.76

A. Kovalenko, A. Klipa. PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Apogee Determination in Student Rocket Development

The article discusses methods for determining the apogee of a student rocket's flight. Analytical and numerical approaches are presented for calculating the maximum altitude reached by the rocket, taking into account various factors affecting the flight trajectory.

Precise determination of the apogee of a flight is important in establishing a student rocket due to safety implications and for achieving set objectives. The apogee is an instant, highest altitude point that the rocket achieves at its trajectory. Being able to predict this point with accuracy allows for optimization both in the design of the rocket and of its payload.

Theoretical Foundations

This process involves essentially the classical mechanics of determining the apogee of the rocket flight, given by the laws of motion of a body under gravity and aerodynamic action. It is very significant to predict as precisely as possible what maximum altitude or apogee the rocket will cover during the mission planning phase so that the rocket meets its objectives with safety considerations being well observed.

Basic Motion Under Gravity

If air resistance is to be neglected, as one might do in some idealization, the maximum altitude h reached by a rocket, given initial velocity and launch angle, is a function of those two: its initial velocity and its angle of launch. A formula for this can be derived from the kinematic equations of motion:

$$h = \frac{V_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

where V_0 represents the initial velocity, θ represents the launch angle, and g represents the acceleration due to gravity. This equation considers the rocket is taken in a vacuum without any other influences such as air resistance acting on it. Under these ideal conditions, apogee would be dependent on the square of the initial velocity and the square of the sine of the launch angle. It really indicates that finding an optimal combination of those two parameters mentioned is crucial for obtaining maximum altitude. However, under more realistic conditions, consideration should be given to the effect of the aerodynamic drag that decreases the apogee height.

This equation assumes a vacuum environment where no other forces, such as air resistance, act upon the rocket. Under these simplified conditions, the apogee depends directly on the square of the initial velocity and the square of the sine of the

launch angle, highlighting the importance of optimizing both parameters to maximize altitude.

However, in real conditions, it is necessary to consider aerodynamic drag, which reduces the apogee height.

Methodology for Calculating the Apogee

The numerical simulation of flight trajectories with variable air resistance is a far more precise way of calculating the apogee of the trajectory. The differential equations describing the rocket motion are solved by the fourth-order Runge-Kutta method.

$$\begin{cases} \dfrac{dv}{dt} = -g - \dfrac{C_d A v^2}{2m} \\ \dfrac{dx}{dt} = v \end{cases}$$

where v is the velocity, t describes time, Cd is the drag coefficient, ρ air density, A cross-sectional area of the rocket, and m mass of the rocket. Due to the fact that the drag force includes the v^2 term, these equations are coupled and nonlinear; for that reason, analytical solutions corresponding to most practical situations are not possible. That is why numerical methods become indispensable with respect to such equations for solving, with a view to predicting the apogee of the rocket with good accuracy.

Practical Implementation

In the student rocket design process, all necessary specifications and performance criteria were conducted with large numerical calculations using MATLAB software. The critically important parameters, such as mass, shape, cross-sectional area, and drag coefficient, were duly considered with the motive of building a more accurate simulation model. Detailed analysis of the rocket mass—structural parts and propellant—associated with total weight and its consequences in acceleration and velocity during the phases of flight. The aerodynamic shape was formulated with minimum air resistance, yet stable; a lot of special attention has been paid to the configuration of the nose cone and fuselage. Optimization of the cross-sectional area was a major compromise factor between drag reduction and accommodation of space necessary for internal systems and payload. The estimation of aerodynamic forces acting on the vehicle under conditions of desired speed and altitude was fairly precise, as this was all based on the rocket geometry and material properties which allowed determination of the drag coefficient. With the findings indicated in the simulation results, it follows that the launch conditions were not sufficient to reach the intended apogee, but forces had to be compromised. That is, it actually pointed out that better performance of the rocket requires initial thrust and better mass distribution. This kind of finding subsequently led the group to further develop the launch parameters such that the rocket would hit a stated apogee during the final set of flying tests. In consequence, making the iterative adjustments on the

model by reviewing simulation feedback made the development process quite efficient because it ensured high reliability and performance for the student rocket.

Conclusion

Precise determination of the apogee point is one of the most important issues in the successful development of a student rocket. Meeting the required apogee guarantees the mission's objectives of the rocket, which may vary from some scientific experiments on altitude attainment to the testing of some propulsion systems or even engineering principles. The precision of the prediction and attainment of the apogee directly influences the overall performance and reliability of the rocket and hence is a critical focus area during the design and testing phases. Numerical methods and simulation tools, such as MATLAB, therefore play an important role in this process. These computational techniques allow the engineer and the student to model a realistic rocket flight trajectory due to the myriad complicated factors causing effects on the nature of the rocket's ascent. Variables that can be captured during simulation range from aerodynamic drag, changing mass due to fuel consumption, changeable air density with altitude, and even variable launch angle effects. An integrated approach that enables them to catch most of the problems and optimize the design parameters before any physical test, reducing failure risks and allowing the development process to be more efficient.

References

1. Sutton G.P. *Rocket Propulsion Elements*. John Wiley & Sons. – New York, 2017. – 784 p.
2. Barrowman J.S. *The Practical Calculation of the Aerodynamic Characteristics of Slender Finned Vehicles*. National Aeronautics and Space Administration. – Washington D.C., 1967. – 45 p.
3. Humble R.W., Henry G.N., Larson W.J. *Space Propulsion Analysis and Design*. McGraw-Hill. – New York, 1995. – 736 p.

UDC 621.396.96:551.501.81

Ф.Й. Яновський, професор, д.т.н., О.А. Пітерцев, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна),
Christine Unal, Herman Russchenberg, professor, PhD
(Delft University of Technology, the Netherlands)

Калібрування хмарних радіолокаторів W-діапазону з використанням нерадіолокаційних вимірювань

Моніторинг і прогнозування метеорологічних умов є критично важливими для безпечної та регулярної роботи глобальної системи повітряного транспорту. Впровадження в практику метеорологічних спостережень нових радіолокаторів міліметрового діапазону не тільки відкриває можливості для отримання більш детальної інформації про хмарність, але й зумовлює необхідність розробки відповідних методів калібрування для забезпечення достовірних кількісних результатів. Ця робота присвячена обговоренню особливостей калібрування хмарного радіолокатора W-діапазону. Розглядаються проблеми калібрування радіолокатора міліметрового діапазону за допомогою вимірювань з кількома приладами та пропонуються рішення цих проблем. Експериментальна частина дослідження базується на вимірюваннях дощу протягом кількох років на експериментальному полігоні в Нідерландах. Дані вимірювань використовуються для порівняння та об'єднання даних 94 ГГц радіолокатора з нерадіолокаційними вимірюваннями лазерного дисдрометра, мікрохвильового радіометра та синхронними даними метеостанції. Розроблено спеціалізоване програмне забезпечення MATLAB для складної обробки багато-приладних даних і калібрування радара.

Формулювання проблеми.

Точність метеорологічних приладів має першорядне значення для отримання надійних результатів для забезпечення авіаційних, погодних, кліматичних та інших застосувань, пов'язаних із спостереженнями за атмосферою. Однак точність будь-якого приладу завжди обмежена, і це особливо очевидно, коли йдеться про непрямі вимірювання під час дистанційного зондування атмосфери. Вимірювання кількома приладами можуть зіграти вирішальну роль у підвищенні точності та повноти спостережень. Вони дають можливість отримати точнішу інформацію, навіть якщо кожен прилад окремо недостатньо точний. Для цього використовується спеціальна обробка сигналів і даних, що дає кінцевий більш надійний результат на основі злиття даних. Крім того, вимірювання кількома інструментами відкривають великі можливості для калібрування приладу, тобто допомагають підвищити точність приладу, який потім можна використовувати окремо для більш точного кількісного дистанційного зондування після калібрування.

Метеорологічний радар є типовим засобом дистанційного зондування. Розроблено багато методів абсолютного калібрування РЛС за різними параметрами, перш за все за радіолокаційною відбиваністю *Z*. Ці методи описані у багатьох публікаціях, наприклад [1-5]. Вони здебільшого стосуються калібрування радарів S-, C- та X-діапазону.

Новітні хмарні радари, що працюють на частоті 94 ГГц (W-діапазон), допомагають надавати дані високої роздільної здатності, важливі для розуміння динаміки хмар, процесів випадання опадів і атмосферних явищ. Однак проблема точного калібрування цих складних інструментів є значною перешкодою для забезпечення надійності даних.

Традиційні методи не можуть бути безпосередньо застосовані для калібрування радіолокатора міліметрового діапазону з кількох причин. Найважливішою з них є незастосовність апроксимації Релея для ефективної площі розсіяння (ЕПР) краплі, оскільки її розмір стає того ж порядку, що й довжина хвилі, і ЕПР підпорядковується теорії Мі [6].

Є декілька статей, присвячених калібруванню метеорологічних радарів, міліметрового діапазону хвиль [7-9]. В роботі [10] два основні підходи до калібрування адаптовані саме для метеорологічного радара W-діапазону: метод самоузгодженості та метод на основі дисдрометра. Перший доцільно застосовувати, коли немає додаткових інструментів, окрім радара, що підлягає калібруванню, але другий метод відповідає нашій концепції багатоінструментальних вимірювань і застосований у цьому дослідженні.

Реалізація цього методу калібрування з використанням великої кількості даних включає багато складних обчислень. Тому в нашій попередній роботі [11] була розроблена перша версія зручного програмного забезпечення як інструмент для автоматичного вибору відповідних файлів даних, записаних з різних вимірювальних пристроїв, і реалізовані основні математичні перетворення для коректного порівняння цих даних, зокрема, даних дисдрометра (розподіли крапель за розмірами і швидкостями) і радара W-діапазону (радіолокаційна відбиваність і допплерівський спектр).

У цій статті ми представляємо нове програмне забезпечення із значно розширеними функціями, а головне, результати дослідження, проведеного з його допомогою на основі багатоінструментальних вимірювань, які проводилися майже безперервно протягом трьох років у Нідерландах. Ці дані були використані для перевірки калібрування хмарного радара 94 ГГц.

Наш аналіз охоплює серію контрольованих багатоінструментальних експериментів і польових досліджень дощів різної інтенсивності, під час яких ми ретельно порівнювали показання хмарного радара 94 ГГц із відповідними вимірюваннями дисдрометра та метеостанції за різних атмосферних умов. Цей порівняльний підхід не тільки підтверджує ефективність калібрування на основі дисдрометра, але й проливає світло на обмеження пристроїв і тонкощі мікрофізики хмар/дощів, зафіксовані радарами W-діапазону.

Загальна характеристика датчиків і даних.

Обробка даних у цьому дослідженні пов’язана з вимірюваннями, які проводилися в Делфтському технологічному університеті протягом тривалого часу. У цьому дослідженні для обробки використано дані, отримані у 2021-2023 роках. Джерелами даних слугували наступні вимірювальні прилади: 1) хмарний радар, що працює в W-діапазоні; 2) оптичний лазерний дисдрометр; 3) метеостанція. Отже, такий експериментальний набір включав як прилади дистанційного зондування, так і вимірювальні прилади на місці.

Радіолокатор. Хмарний радар RPG-FMCW-94-DP компанії Radiometer Physics, Rohde & Schwarz [12] працює на центральній частоті 94 ГГц. Він забезпечує високу просторову роздільну здатність і хорошу чутливість до всіх типів гідрометеорів, включаючи хмарні краплі. Завдяки можливостям подвійної поляризації система може надавати додаткову інформацію про форму та орієнтацію гідрометеора, усередненну за обсягом роздільної здатності. Характеристики цього радара наведені в [13]. Допплерівські можливості радара дозволяють оцінювати характеристики радіальних швидкостей розсіювачів, надаючи інформацію про швидкість і напрямок вітру в межах спостережуваного стовпа атмосфери. Технологія FMCW забезпечує високу роздільну здатність, дозволяючи радару виявляти дрібномасштабні вертикальні структури в хмарах і опадах. Вузька ширина променю радара 94 ГГц зменшує завади від землі, що забезпечує точніші вимірювання атмосферних особливостей на малих висотах. Хоча ослаблення сигналу є більшим на частоті 94 ГГц, висока чутливість радара та поляриметричні вимірювання допомагають компенсувати ці ефекти у випадку слабких та помірних опадів. Крім того, система захисту від дощу/снігу/туману, заснована на потужному повітродувнику та обігрівачі, дозволяє уникнути крапель рідини та льоду на гідрофобних обтічниках антени. Це важливо для зменшення великого загасання через наявність рідкої води на антенах.

Дисдрометр. Система лазерного дисдрометра OTT Parsivel² - це лазерний дисдрометр опадів [14, 15], призначений для вимірювання різних типів та інтенсивності опадів. Використовуючи лазерну технологію, датчик фіксує детальну інформацію про розмір, швидкість і тип частинок у місці, де він встановлений. Насправді Parsivel² вимірює розподіл частинок за розміром у діапазоні від 0,3 до 25 мм і швидкість частинок від 0,2 до 20 м/с, надаючи детальну інформацію про характеристики дощові краплі, сніжинки та градини. Датчик може автоматично класифікувати опади на різні типи, такі як мряка, дощ, сніг, змішані опади та град, на основі виміряних даних про розмір частинок і швидкість. OTT Parsivel² використовує лазерну оптичну систему високої роздільної здатності для точного вимірювання параметрів опадів, забезпечуючи досить надійні дані навіть за умов низької інтенсивності або змішаних опадів. Датчик обробляє сирі дані в режимі реального часу, обчислюючи також інтенсивність опадів.

Метеостанція. Автоматична метеостанція Vaisala, яка розташована біля радіолокаційної системи, оснащена датчиками для вимірювання основних метеорологічних параметрів, а саме атмосферного тиску, температури повітря, відносної вологості, кількості опадів, швидкості та напрямку вітру. Принаймні частина цієї інформації необхідна для коректного порівняння та синтезу даних радіолокатора та дисдрометра.

Дані радара та дисдрометра були записані у форматі файлу netCDF. Дані дисдрометра зберігаються у щомісячних файлах із роздільною здатністю 1 хвилина, тоді як дані радара представлені у погодинних файлах кожні 3,07 с. Процедура відбору даних розроблена для забезпечення автоматичного порівняння даних радара та дисдрометра в один день і час.

Серед багатьох інших відомостей у файлах радіолокаційних даних ми маємо виміряну радіолокаційну відбиваність Z_{rad}, яка пропорційна отриманій

потужності та представлена в dBZ, тобто в логарифмічній шкалі. Лазерний дисдрометр опадів безпосередньо визначає розподіл крапель за розміром (РКЗ) і розподіл швидкості крапель, забезпечуючи одночасне вимірювання 32 класів розмірів і швидкостей крапель.

Розрахункова радіолокаційна відбиваність також надається дисдрометром з виміряного РКЗ у припущенні моделі Релея, яку не можна застосовувати в W-діапазоні, тобто ця оцінка є невірною. Тому однією з проблем обробки даних є розрахунок радіолокаційної відбиваності за даними дисдрометра на основі розсіювання Мі. Однак є й багато інших проблем, які слід враховувати та вирішувати шляхом обробки даних.

Розташування дисдрометра і відбивного об'єму дощу (роздільного об’єму радара) не збігаються. Ми змушені не враховувати розбіжність горизонтального положення приладів, яка становить не більше 150 м, припускаючи, що в цих межах дощ рівномірний. Однак дисдрометр розташовано на землі, а при вертикальному зондуванні висота радіолокаційної зони спостереження відповідає дальності, яка вибирається максимально близько, але в зоні перекриття приймально-передавальної антени, яка зазвичай більше 200 м. Це є джерелом невизначеності, оскільки падаючі дощові краплі, які служать розсіювачами радіолокаційних сигналів, досягнуть чутливої зони дисдрометра лише з деякою затримкою. На додаток до координації часу може знадобитися врахувати можливу зміну розмірів крапель через випаровування протягом часу, коли вони падають з висоти радіолокаційного об’єму до рівня дисдрометра.

Характеристика розробленого інструменту для обробки даних.

Охарактеризуємо подальший розвиток підходу, описаного в роботі [11]. Програмний засіб спільної обробки даних від різних вимірювальних приладів має графічний інтерфейс, написаний у середовищі MATLAB. Цей інструмент поєднує в собі велику кількість окремих утиліт і функцій, спрямованих як на попередню, так і на основну обробку даних. Оскільки файл даних дисдрометра містить інформацію про вимірювання за цілий місяць, а файл радара лише за одну годину, то для порівняння показань приладів необхідно знати, в який день і годину доцільно проводити це порівняння. Крім того, прилади не завжди працюють у режимі 24/7, іноді можуть бути відключення навіть на кілька днів для обслуговування. Тому розроблений інтерфейс містить опцію вибору папки з радарними даними за цілий місяць, яка, у свою чергу, містить папки з даними за певні дні, кожна з яких містить 24-годинні записи вимірювань.

Після вибору папки за певний місяць програма будує графік зареєстрованих інтенсивностей дощу для кожного доступного дня та години, що дозволяє зрозуміти, який файл радарних даних і який період спостереження дисдрометра доречно обрати для порівняння. Для додаткової впевненості щодо точності показань дисдрометра дисдрометри розміщують попарно в одному місці перпендикулярно один одному. Наступний етап попередньої обробки даних дозволяє вибрати показання двох дисдрометрів для одного і того ж заданого часу і розрахувати функцію взаємної кореляції цих приладів на основі зареєстрованих спектрів діаметрів і швидкостей крапель дощу. Якщо кореляція між двома дисдрометрами вище певної встановленої межі, то з великою

ймовірністю таким даним можна довіряти, і тоді виконується порівняння показань одного з дисдрометрів і радара.

Далі необроблені дані з дисдрометра та радара з певною попередньою обробкою зчитуються з вибраних файлів даних. Дані дисдрометра представлено у вигляді 3-вимірного масиву з осями діаметра, швидкості та часу, у кожній клітинці якого зазначається зареєстрована кількість крапель. Радіолокаційна відбиваність кожної краплі розраховується за формулами теорії Мі за допомогою програмного пакета pytmatrix [16]. Згодом розраховується як повна відбивна здатність, так і спектр відбивної здатності для кожної швидкості краплі [11]. Ці дані порівнюються з радіолокаційними даними, де як загальна радіолокаційна відбиваність Z_{rad} [dBZ] так і допплерівський спектр [dBZ/(m/s)] уже записані у файлі даних після деякої попередньої обробки відбитого сигналу. Крім того, розроблений інтерфейс надає можливість включати компенсацію часового зсуву зареєстрованих значень, який відбувається через різницю у висотах радіолокаційного обєму і чутливого елементу дисдрометра під час вимірювань. Для висоти близько 240-250 метрів цей часовий зсув, який розраховується за максимумом взаємної кореляційної функції значень відбивної здатності радара і дисдрометра, зазвичай становить 60-80 секунд.

Інтерфейс програмного забезпечення містить декілька вкладок, які дозволяють порівнювати показники дисдрометра та радара, зокрема графіки радіолокаційної відбиваності, інтенсивності дощу, допплерівської швидкості, ширини спектра, середнього значення допплерівської швидкості, розподілу крапель за розмірами та інші. Окремі функції передбачено для врахування або неврахування ослаблення радіолокаційного сигналу в краплях дощу і газах атмосфери, а також ефекту зменшення діаметра краплі через випаровування під час падіння з певної висоти.

Крім того, розроблений програмний засіб дозволяє переглядати на окремій вкладці дані з метеостанції, такі як графіки вологості, температури, атмосферного тиску, які також враховуються в розрахунках.

Методика експериментальних досліджень.

Розроблені математичні моделі, алгоритми обробки даних та інструмент аналізу використовуються в цьому дослідженні для першого аналізу можливостей калібрування хмарного радара, що працює на частоті 94 ГГц. У [17] за допомогою моделювання показано, що коефіцієнт відбиття крапель дощу на відстані 250 м становить у середньому 19 dBZ. Це усереднене значення є результатом комбінованих ефектів екстинкції та розсіювання за типом Мі і є дійсним в діапазоні інтенсивності дощу від 3 до 10 мм/год.

Тому методологія одного з підходів полягає у виборі значень радіолокаційної відбиваності дощу, що відповідає висоті приблизно 250 м у випадку отримання вертикальних профілів. Крім того, дані про інтенсивність дощу, надані метеостанцією, вибираються в діапазоні від 3 до 10 мм/год, забезпечуючи остаточний вибір часових інтервалів для даних радіолокатора хмарності. З таким діапазоном інтенсивності дощу дані хмарного радара ще не зазнають критичного загасання.

Щодо дисдрометра, який є наземним нерадіолокаційний приладом, що використовується як джерело «істинних» даних, такий режим інтенсивності дощу запобігає недооцінці обчисленого значення радіолокаційної відбиваності Z_{dis} через наявність багатьох дрібних крапель дощу, які не можуть бути виміряні дисдрометром.

Більше того, коли значення радіолокаційної відбиваності хмарного радіолокатора Z_{rad} показує усереднене значення близько 19 dBZ, в той час як усереднений обчислений коефіцієнт відбивності дисдрометра Z_{dis} демонструє значне відхилення від цього номінального значення 19 dBZ, ми можемо повторно перевірити дані дисдрометра та їх обробку, зокрема розподіл крапель за розмірами, щоб обчислити коефіцієнт відбиття на 94 ГГц з урахуванням усіх втрат і невідповідностей, які обговорювалися вище. Результати дослідження представляються як діаграми розсіювання між даними хмарного радара, зокрема Z_{rad} і обчисленою відбиваністю за даними дисдрометра Z_{dis} разом із супровідною статистикою.

Деякі результати.

Ми проаналізували часові профілі відбивної здатності дощу та дані допплерівського спектру, використовуючи одногодинну вибірку. Як приклад, спектрограми з 12:00 до 13:00 2 листопада 2021 року, виміряні радаром 94 ГГц та дисдрометром, представлені на рис. 1 та рис. 2 відповідно. Уздовж осі абсцис відкладено час спостережень (UTC = всесвітній координований час, фактично час за Гриневичем), уздовж осі ординат відкладено радіальну швидкість крапель у метрах за секунду, а кольорова шкала відображає відповідну радіолокаційну відбиваність у dBZ. Ці спектрограми суттєво розрізняються за детальністю у часі, що викликано різною часовою роздільною здатністю: дані дисдрометра оновлюються один раз на хвилину, в той час як радарні дані оновлюються кожні три секунди.

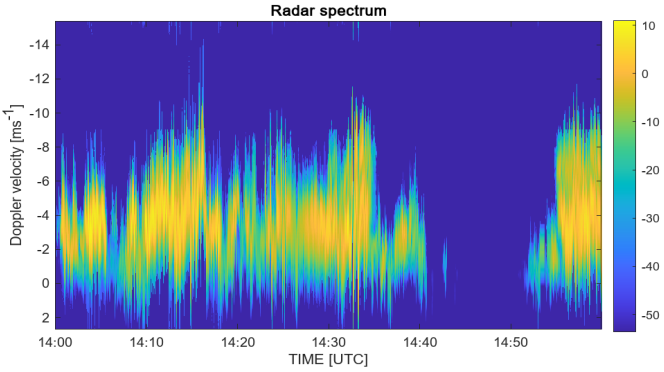


Рис. 1. Спектрограма допплерівського спектра, виміряного радаром W-діапазону.

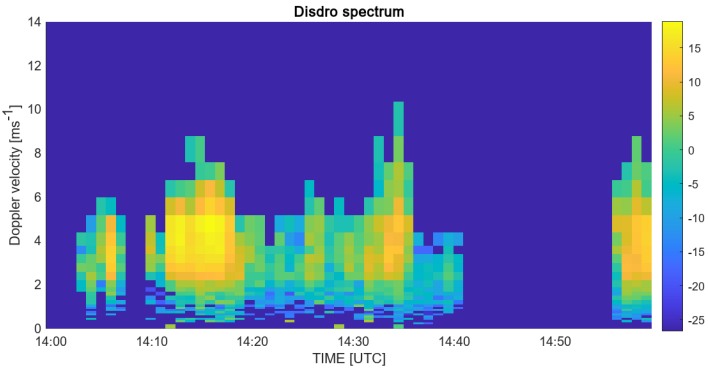


Рис. 2. Спектрограма швидкостей крапель, за даними дисдрометра.

На рис. 3 представлені діаграми розсіювання даних дисдрометра і хмарного радара, зокрема радіолокаційна відбиваність (Z_{dis} та Z_{rad}), середня допплерівська швидкість та ширина допплерівського спектру. Період аналізу становить одну годину, висота розташування об'єму роздільної здатності РЛС – близько 250 м, швидкість дощу – в інтервалі від 3 до 10 мм/год. Крім того, рис. 3 демонструє багатофункціональний дружній інтерфейс і широкі можливості аналізу великих даних, накопичених протягом тривалого періоду. Ці результати ілюструють можливість їх використання для порівняння даних, об'єднання даних і калібрування хмарного радара.

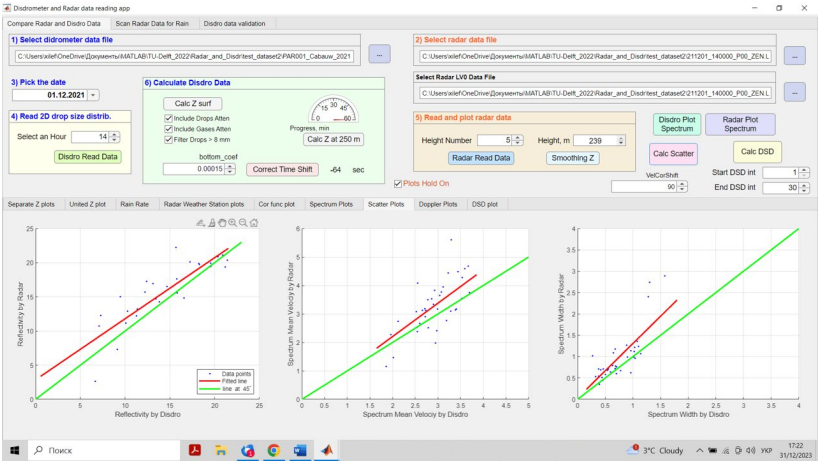


Рис. 3. Дружній інтерфейс та діаграми розсіювання вимірюваних величин «дисдрометр – радар»: радіолокаційні відбиваності, середні швидкості крапель та середньоквадратичні швидкості крапель за даними дисдрометра (вісь абсцис) і радара (вісь ординат). Зелена лінія показує ідеальну відповідність.

На рис. 4 показано послідовності радіолокаційної відбиваності виміряної радаром і обчисленої з даних дисдрометра (розподілу крапель за розмірами). Такий порівняльний підхід використовується не тільки для підтвердження ефективності калібрування, але також висвітлює обмеження пристроїв і тонкощі мікрофізики хмари/дощу, які здатні фіксувати радари W-діапазону. Дані радара зазвичай трохи більші, оскільки дисдрометр не чутливий до крапель < 0,3 мм, тоді як радар W-діапазону відчуває їх досить добре.

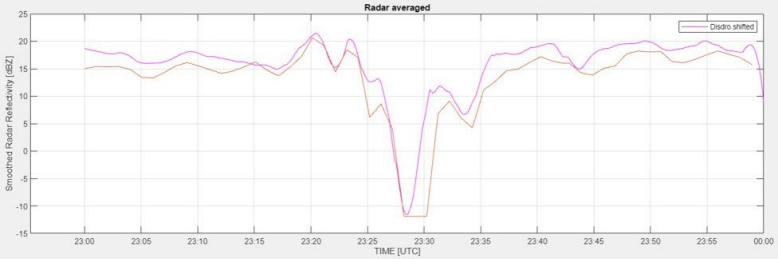


Рис. 4. Криві зміни у часі відбиваності за радаром W-діапазону (верхня крива) і розраховані з розподілу крапель з розмірами за даними дисдрометра.

Висновки.

Розроблено методику калібрування радіолокатора W-діапазону з використанням дисдрометрів, радіометрів та компактних метеорологічних станцій. Обговорено проблеми та показано шляхи їх вирішення. Розроблено зручне програмне забезпечення для порівняльного аналізу великої бази даних, яка містить дані радара W-діапазону та лазерного дисдрометра під час безперервних вимірювань характеристик дощів. Спеціалізоване програмне забезпечення використано як інструмент для коректного порівняння радіолокаційних відбиваностей, допплерівських спектрів, середніх та середньоквадратичних швидкостей крапель. Застосовуючи розроблений програмний інструмент, можна виконати статистичний аналіз з використанням доступних великих даних.

Реалізований метод Т-матриці, надає можливість обчислювати поляриметричні параметри з розподілу крапель з розмірами для порівняння їх з багатопараметричними радіолокаційними вимірюваннями. Це планується виконати протягом майбутніх досліджень, які включатимуть випадок похилого радіолокаційного зондування та доступних додаткових радіометричних даних.

References

1. J. Yin, P. Hoogeboom, C. Unal, H. Russchenberg, F. Van Der Zwan, and E. Oudejans, “UAV-aided weather radar calibration,” *IEEE Trans. GRS*, 57(12), 2019, pp. 10362-10375.

2. S. A. Baun, A. C. Bagtzoglou et al, “Progress Towards Developing a Radar Calibration Method for Improved Rainfall Estimation,” *Ninth ASCE Biennial Conference on Engineering, Construction, and Operations in Challenging Environments*, March 2004, pp. 290-298.

3. C. Merker, G. Peters, M. Clemens, K. Lengfeld, and F. Ament, “A novel approach for absolute radar calibration: formulation and theoretical validation,” *Atmos. Meas. Tech.*, 8, 2015, pp. 2521–2530.

4. E. Gorgucci, G. Scarchilli, and V. Chandrasekar, “A Procedure to Calibrate Multiparameter Weather Radar Using Properties of the Rain Medium,” *IEEE Trans. GRS*, vol. 37, No. 1, Jan. 1999, pp. 269-277.

5. G. Scarchilli, E. Gorgucci, V. Chandrasekar, and A. Dobaie, “Selfconsistency of polarization diversity measurement of rainfall,” *IEEE Trans. GRS*, vol. 34, Jan. 1996, pp. 22–26.

6. Bohren, C. F.; Huffmann, D. R. *Absorption and scattering of light by small particles*. New York: Wiley-Interscience, 2010, ISBN 978-3-527-40664-7

7. Felipe Toledo et al., “Absolute calibration method for frequency-modulated continuous wave (FMCW) cloud radars based on corner reflectors,” *Atmospheric Measurement Tech*, vol. 13, issue 12, 2020, pp. 6853-6875.

8. Ulrike Romatschke et al., “The NCAR Airborne 94-GHz Cloud Radar: Calibration and Data Processing,” *Data* 2021, 6(6), 66; https://doi.org/10.3390/data6060066

9. Lihua Li, Paul E. Racette, Gerald M. Heymsfield, and Lin Tian, Calibration of a 94 Ghz Airborne Cloud Radar Using Measurements from the Ocean Surface, *Goddard Earth Sciences and Technology Center*, https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/64142.pdf.

10. A. Myagkov, S. Kneifel, and T. Rose, “Evaluation of the reflectivity calibration of W-band radars based on observations in rain,” *Atmospheric Measurement Tech*, vol. 13, issue 11, 2020, pp. 5799–5825.

11. F. Yanovsky, A. Pitertsev, C. Unal, and H. Russchenberg, “Data fusion and processing tool for comparing rain reflectivity estimations using 94 GHz radar and laser disdrometer,” *International Conference on Microwaves, Communications, Antennas, Biomedical Engineering & Electronic Systems*, COMCAS 2024, Tel Aviv, Israel, 9-11 Jul. 2024, 6 pp.

12. N. Küchler et al, “A W-Band Radar–Radiometer System for Accurate and Continuous Monitoring of Clouds and Precipitation,” *J. Atmospheric and Oceanic Tech,* vol. 34, pp. 2375–2392, 2017.

13. https://www.radiometer-physics.de/products/microwave-remote-sensing-instruments/94-ghz-fmcw-doppler-cloud-radar/#tabs-container-5

14. A. Tokay, D. B. Wolff, and W. A. Petersen, “Evaluation of the new version of the laser-optical disdrometer, OTT parsivel^2,” *J. Atmos. and Oceanic Tech,* vol. 31, no. 6, pp. 1276–1288, 2014.

15. OTT Parsivel² - Laser Weather Sensor, ott.com/products/ meteorological-sensors-26/ott-parsivel2-laser-weather-sensor-2392/productAction/outputAsPdf/

16. JLeinonen/PyTMatrix. A Python code for computing the scattering properties of homogeneous nonspherical scatterers with the T-Matrix method. https://github.com/jleinonen/pytmatrix

17. R. J. Hogan, D. Bouniol, D. N. Ladd, E. J. O’Connor, and A. J. Illingworth, “Absolute Calibration of 94/95-GHz Radars Using Rain,” *J. Atmos. and Oceanic Tech,* vol. 20, pp. 572–580, 2003.

УДК 629.391

Д.В. Карлов, доктор технічних наук,
СНС Б.В. Сосімович, слухач кафедри 404
(Харківський Національний університет Повітряних Сил)

Дослідження та розробка шляхів підвищення завадостійкості ліній ультракороткохвильового радіозв'язку, які використовуються для управління сучасними засобами РТЗ

Розглядаються методики оцінки впливу радіозавад при забезпечені зв'язку для управління засобами радіотехнічного забезпечення, розрахунок та аналіз ліній ультракороткохвильового радіозв'язку, які використовуються для управління засобами (РТЗ) на аеродромах Повітряних Сил Збройних Сил України. Розглянуті можливі причини погіршення зв'язку та вплив на них інших засобів. А також проведення аналізу показників завадостійкості.

Зв'язок є основним засобом управління на аеродромі. Будь-яке порушення зв'язку призводить до втрати управління, що в свою чергу може привести до погіршення якості, а в деяких випадках до невиконання поставленої задачі.

На зв'язок покладені наступні задачі:

- швидка передача та прийом термінових сигналів та команд щодо приведення бойового посту (БП) РТЗ в необхідний стан готовності;
- прийом на пунктах управління інформації, необхідної для командира;
- забезпечення доведення наказів та розпоряджень командира до підлеглих та отримання від підлеглих донесень щодо виконання поставленої задачі та різної інформації;
- забезпечення обміну інформації між об'єктами для виконання спільних задач.

До засобів зв'язку відносяться пристрої, які виконують певні функції при передачі або прийомі повідомлень. За їх допомогою складаються канали зв'язку, які включають в себе фізичне середовище та лінію зв'язку, по якій рухаються сигнали від пункту передачі до пункту прийому.

Засоби зв'язку наземних пунктів управління складаються передавального або прийомного тракту каналу та приймають участь в передачі повідомлень від пункту передачі в пункт прийому.

Функціонування сигналів в каналі зв'язку може здійснюватися лише в тому випадку, якщо ємність каналу буде дорівнювати або більше об'єму сигналу.

Об'єм сигналу характеризується трьома параметрами: тривалістю, енергією та шириною спектру.

Види зв'язку та область їх застосування:

- телефона та телеграфна – застосовуються для безпосередніх переговорів між посадовими особами різних командних інстанцій,

для передачі та прийому різної інформації між наземними пунктами управління;
- телекодова – знаходить застосування в автоматизованих системах управління для обміну інформацією;
- сигнально-кодова – застосовується для передачі коротких команд та донесень;
- телевізійна – застосовується для передачі та прийому донесень, схем та карт.

Переваги системи зв'язку:
- можливість встановлення зв'язку з пунктами управління, місцезнаходження яких невідомо;
- забезпечення зв'язку через територію, яку займає противник;
- висока мобільність;
- можливість організовувати зв'язок з об'єктами які знаходяться в русі;
- одночасна передача інформації великому числу кореспондентів;
- економічність.

Недоліки системи зв'язку:
- можливість підслуховування (перехват) передач та створення радіоперешкод лініям радіозв'язку;
- визначення з допомогою радіопеленгаторів місця розташування радіостанції;
- залежність від атмосферних та місцевих завад;
-

Вимоги до систем радіозв'язку і критерії їх оцінювання

Критерій ефективності являє собою кількісну міру якості системи радіозв'язку.

Ефективність системи радіозв'язку оцінюється ступенем її технічної досконалості з урахуванням економічних показників. Складна система описується сукупністю показників.

Основним з часткових критеріїв ефективності щодо систем радіозв'язку є достовірність, оперативність, завадостійкість і надійність зв'язку.

Достовірність зв'язку полягає в здатності системи зв'язку забезпечити відтворення переданих повідомлень у точках прийому із заданою точністю. Самі критерії оцінки достовірності зв'язку визначаються видом переданих повідомлень. Достовірність передачі мовних повідомлень кількісно оцінюється показником розбірливості, що являє собою виражену у відсотках частку правильно прийнятих елементів мови від загального числа переданих. Достовірність передачі цифрових повідомлень може оцінювати ймовірністю правильного прийому кодових комбінацій первинного коду.

Оперативність (своєчасність) зв'язку визначає здатність системи зв'язку забезпечити прийом і доставку повідомлень чи ведення переговорів у терміни, обумовлені потребами керування. Оперативність зв'язку оцінюється ймовірність того, що повідомлення буде повністю доставлене адресату протягом часу не більше заданого.

Завадостійкість зв'язку – це властивість системи зв'язку виконувати поставлені завдання щодо передачі повідомлень в умовах впливу усіх видів перешкод. Щоб отримати кількісну оцінку завадостійкості, дуже часто використовують критерії достовірності передачі повідомлень.

Висновки

Таким чином, надійність зв'язку полягає у властивості системи зв'язку виконувати поставлені завдання щодо передачі повідомлень, зберігаючи протягом заданого проміжку часу значення основних характеристик в заданих межах. Найпростішими оцінками апаратурної надійності є ймовірність відмови за обговорений інтервал часу, середній час наробітку на відмову і т.п.

Список літератури

1. Системи радіозв'язку. Кн.2, ч.1. Радіолінії зв'язку / І.М Бондаренко – Навч. посібник. – Харків.: ХІ ВПС, 2003. – 162с.
2. Радіотехнічне забезпечення польотів літальних апаратів і авіаційний електрозв'язок: Навчальний посібник/Кудряков С.А., Кульчицкий В.К., Поваренкін Н.В., Пономарев В.В., Рубцов Е.А., Соболев Е.В., Сушкевіч Б.А. Під ред. Кудрякова С.А.- СПб.: Своє Видавництво, 2016.- 287 с.
3. Основи організації зв'язку та радіотехнічного забезпечення: навч. посіб. / [Ю.В. Новіков, Д.С. Комін, В.І Василишин та ін.]. – Х.: ХНУПС, 2016. – 160 с.

УДК 621.391

Д.В. Карлов, доктор технічних наук, СНС
М.Ю. Юрчук, слухач кафедри 404
(Харківський Національний університет Повітряних Сил)

Загальні відомості про світлосигнальне обладнання аеродромів

Проведено аналіз необхідності удосконалення засобів світлосигнального обладнання на аеродромі та просторово-графічну модель процесу та теоретичні роботи в галузі інженерної оптики і фотометрії як світлотехнічний параметр, що визначає технічний стан світлосигнального приладу, умови його видимості за різних погодних факторів, рекомендовано взяти яскравість світлового отвору.

Світлотехнічні засоби застосовуються для забезпечення зльоту та посадки літака, а також руху їх по льотному полю. По своєму призначенню засоби світлосигнального обладнання (ССО) складаються з світлосигнальних вогнів, посадочних прожекторів та світлосигнальних маяків.

Світлосигнальні засоби (вогні) розміщуються на аеродромі і найближчих підходах до них таким чином, щоб забезпечити пілоту літака, який виконує посадку, вказання напрямку осі злітно - посадкової смуги, лінії горизонту та відстані до точки приземлення.

Ця система позначає межі злітно-посадкової смуги та горизонту. За допомогою світлосигнальної системи пілоти повітряних суден підтримують зоровий контакт із злітно-посадковою смугою за складних метеоумов (видимість) та вночі.

Організація класифікація світлосигнального обладнання

Організація світлосигнального обладнання передбачає виконання наступних заходів:

розгортання та допуск до забезпечення польотів відповідних світлотехнічних засобів;

підготовку та допуск персоналу до технічної експлуатації відповідних світлотехнічних засобів;

планування технічної експлуатації світлотехнічних засобів та виконання комплексу заходів для підтримання їх в постійній готовності до застосування (технічне обслуговування, ремонт, наземні та льотні перевірки тощо);

облік та аналіз відмов і несправностей засобів, розробка та впровадження заходів щодо їх удосконалення, модернізації та покращення надійності світлотехнічних засобів.

Виходячи із призначення, основними завданнями світлотехнічного забезпечення є:

позначення аеродрому або визначених точок місцевості з метою забезпечення виведення на них повітряних суден;

Вимоги, щодо структури побудови системи контролю

Наявність систем контролю технічного стану елементів дозволяє вирішити проблему відсутності достовірної картини, що створюється ССО, та вжити необхідних заходів щодо відновлення працездатного стану ССО. Це дає змогу збільшити час між плановими візуальними перевірками і проводити обслуговування цілеспрямовано.

Для забезпечення нормованого рівня безпеки польотів на етапі візуального пілотування потрібно, щоб всі вогні перебували в працездатному стані, а контроль технічного стану вогнів обов'язково має бути автоматизованим.

Сучасні системи автоматичного контролю ССО можна поділити на три групи:

– контроль кількості аеродромних вогнів (елементів);

– контроль місця розташування вогнів, що відмовили;

– контроль і керування кожним джерелом світла в аеродромному вогні (АВ).

Системи автоматичного керування та контролю кожним вогнем підсистеми ССО.

Компанія Honeywell розробила систему автоматичного керування та контролю кожним вогнем, яка дозволяє включати і відключати окремі вогні та групи вогнів. Таким чином, виконується вимога стандарту ІСАО про заборону двох суміжних вогнів, що відмовили, при цьому підвищується безпека та регулярність польотів.

Лампи контролюються адресними комутаційними блоками ASD (Addressable Switch Device), що вмикаються між ізолювальними трансформаторами (ІТ) і аеродромними вогнями та керуються сигналами, які передаються по високовольтному кабелю. Для керування двома лампами, електропостачання яких здійснюється від одного ІТ, застосовують двійні спеціалізовані ASD, за допомогою яких можна керувати і контролювати кожну з ламп окремо.

Конструктивно система складається з чотирьох основних компонентів:

– комп'ютера керування станцією (SMC);

– блоку керування (LCM);

– пристрою зв'язку (SCC);

– комутаційного блоку (ASD).

Час, необхідний для вмикання АВ не перевищує 1 с з моменту подачі команди на диспетчерському пункті з увімкненим регулятором яскравості (РЯ).

Таким чином, система повністю задовольняє чинні вимоги щодо часу перемикання світлосигнального обладнання, а надійний зв'язок забезпечує швидке перемикання і обробку даних про стан АВ.

Пропозиції щодо структури побудови системи контролю та діагностування технічного стану наземних засобів світлосигнального обладнання аеродромів.

Використання засобів автоматичного контролю джерел світла у вогнях нових ССО є більше не засобом забезпечення надійності ССО, а підвищенням ефективності її технічного обслуговування. Наявність засобів автоматичного

контролю вогнів ССО дозволяє збільшити час між плановими візуальними перевірками і виконувати обслуговування цілеспрямовано, тобто тих підсистем, що його потребують, а тому відкривають перспективи переходу на стратегію технічного обслуговування ССО за станом з контролем параметрів.

Деякі виробники світлосигнального обладнання пропонують системи автоматичного діагностування вогнів у кабельних лініях ССО з індикацією місця розташування ламп, що відмовили. Такі системи автоматичного діагностування вогнів мають високу ціну.

На аеродромах ПС ЗС України почався активний процес технічного переоснащення обладнання ССО старого парку на новий. Виникало питання якої глибини повинний бути рівень автоматизації контролю і діагностування технічного стану аеродромних вогнів.

Висновки

Результати моделювання етапу візуального пілотування свідчать про те, що використання в сучасних світлосигнальних системах автоматизованого контролю за визначенням місця розташування вогнів, що відмовили, як засобів забезпечення їх надійності є неефективним, оскільки майже не впливає на рівень безпеки польотів на етапі візуального пілотування.

Ефективним засобом підвищення надійності світлосигнальне обладнання, що перебувають в експлуатації, і сучасне світлосигнальне обладнання є засобом автоматичного контролю стану вогнів з індикацією тільки кількості непрацездатних вогнів у кабельній лінії і системою імовірнісної констатації відмови підсистеми за топологічною ознакою.

Список літератури

1. Наказ Міністерства інфраструктури від 01 грудня 2004 року № 204 “Про затвердження Інструкції з продовження терміну дії посвідчення придатності до експлуатації, продовження терміну служби обладнання світлосигнальних систем аеродромів цивільної авіації та аеродромів сумісного базування” https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1632-04/print [Електронний ресурс] 15.12.2020р.

2. ІСАО. Міжнародні стандарти і рекомендаційна практика. Додаток 14 до конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Аеродроми. Том 1 проектування та експлуатація аеродромів. Видання четверте , липень 2004р.

3. ІСАО. Керівництво по проектуванні аеродромів. Частина четверта. Візуальні засоби. Видання четверте , липень 2004р.

4. С. А. Макаров, В. М. Славіхін, В. П. Манаєнков, Л. П. Лупол, О. В. Висоцький, В. О. Лєбєдєв, О. О. Сокол. Світлотехнічне забезпечення польотів авіації: Засоби світлотехнічного забезпечення польотів та перспективи їх розвитку: навч. посіб. С. А. Макаров, В. М. Славіхін, В. П. Манаєнков та ін. – Х. : ХНУПС, 2020р. – 210 с.

5. Г.О. Павлюк Аналіз сучасних методів та засобів автоматичного контролю технічного стану елементів світлосигнального обладнання аеродромів issn. Електроніка та системи управління. 2009р. №2.

УДК 621.391

Д.В. Карлов, доктор технічних наук, СНС
В.М. Плотніков, слухач кафедри 404.
(Харківський Національний університет
Повітряних Сил. Україна)

Аналіз основних тактично-технічних вимог до радіотехнічної системи ближньої навігації

Розглядаються тактичні характеристики обумовлені тактичними вимогами, що висуваються до розроблювальної апаратури. Тактичні вимоги висуваються на основі сучасних вимог ведення бою авіацією ПС, умов проведення бойових операцій, а також загального стану розвитку техніки й озброєння ПС.

Тактичні характеристики обумовлюються, з одного боку, тактичними вимогами, що висуваються до апаратури, з іншого боку, можливістю технічної реалізації цих вимог. Технічна реалізація апаратури, у свою чергу, залежить від стану теоретичних досліджень, рівня розвитку елементної бази, вартості розробки й виготовлення апаратури. До основних технічних характеристик РСБН належать: потужність випромінювання, діапазон робочих частот, формат сигналів, чутливість приймальних пристроїв, стабільність частоти, споживана потужність. Технічні характеристики розраховуються при проектуванні РСБН таким чином, щоб вони відповідали тактичним вимогам.

Як відомо, дальність дії радіотехнічних систем, працюючих у діапазоні ультракоротких хвиль визначається дальністю прямого бачення, яка в свою чергу залежить від висоти польоту літака.

Авіація ПС України в основному вирішує задачі в тактичний (50-80км) та оперативній (250-300км) глибині. При цьому політ здійснюється на різних висотах. Над своєю територією висота польоту може бути великою. При прольоті переднього краю оборони, політ здійснюється на висотах, найменш небезпечних з точки зору подолання системи ППО. Як показує аналіз до 60% засобів ППО знаходяться в тактичній глибині оборони противника. З урахуванням тактичного радіусу дії літаків та віддалення аеродромів базування авіації від переднього краю оборони дальність дії РСБН повинна бути не менш 300км.

У випадку системи, що проектується, дальність дії визначається зменшенням рівню сигналу з ростом відстані літака від радіомаяку та дальністю прямого бачення.

Зменшення рівня сигналу приводить до зменшення відношення сигнал/завада та, як слід, до зменшення точності вимірювання навігаційного параметру.

Дальність дії, пов’язана зі зменшенням рівню сигналу та ростом відстані визначається виразом:

$$R_{\max} = \frac{\lambda h_1 h_2}{4\pi q}\sqrt{\frac{P_1 G_1 G_2}{K_ш K T_\Delta f}}, \qquad (1)$$

де: -λ=2,6м – середня довжина хвилі роботи радіомаяку; h_1=h_2=0,7 – коефіцієнт корисної дії антенно-фідерного тракту (по напрузі) згідно для передавача радіомаяка та приймача літака; q_0=3 – потрібне відношення сигнал/завада по напрузі на виході приймача літака; P_1=100Вт – середня випромінююча потужність передавача радіомаяку; G_1=G_2=1 – коефіцієнт підсилення антен по потужності у напрямку max діаграми спрямованості згідно для передавача та приймача літаку; $K_ш$=100 – коефіцієнт шуму; K=1,38·10^{-23} $\frac{Вт \cdot с}{град}$ – постійна Больцмана; T=290^o – температура навколишнього середовища по шкалі Кельвіна; $_\Delta f$=30кГц – смуга перепустки бортового приймача.

Підставляючи всі ці значення у формулу 1. ми отримуємо, що дальність дії визначена зменшенням рівню сигналу від росту відстані літака від радіомаяку дорівнює R_{max}=517км.

Дальність прямого бачення – фактор природний, пов'язаний з квазістатичним характером розповсюдження радіохвиль. Стійкий радіозв'язок в діапазоні УКХ має місто тільки в межах дальності прямого бачення $D_{пб}$(км), яка залежить від висоти підйому передавальній (h_1,м) та приймальній антен (h_2,м) та знаходиться з виразу:

$$D_{пб} = 4{,}12\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right). \qquad (2)$$

Виходячи з того, що передавальна антена знаходиться на висоті h_1=8м, отримуємо наступні результати, які приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність $D_{пб}$ від висоти польоту

Висота польоту ЛА, м	1000	3000	5000	10000
Дальність дії, км	130,2	225,6	293,1	412,1

Таким чином можна казати, що система, яка проектується, в змозі забезпечувати радіонавігаційною інформацією літаки, діючи у тактичній та ближній глибіні, тобто на відстанях понад 300км за переднім краєм оборони.

Зоною дії радіонавігаційних систем називають обмежену область простору в межах якої погрішність визначення навігаційного параметру не перевищує заданого значення з обраною імовірністю. Для різних типів радіонавігаційних систем зони дії мають різні розміри та форму, які визначаються дальністю дії системи, діаграмою спрямованості у вертикальній та горизонтальній площині, а також погрішністю визначення місцезнаходження літака. Для системи, що розробляється, її зона дії має вигляд представлений на рис. 1.

Зона дії РСБН обмежена двома конусними поверхнями з вершинами в

точці розміщення радіомаяка і максимальною дальністю дії у вертикальній і горизонтальній площинах.

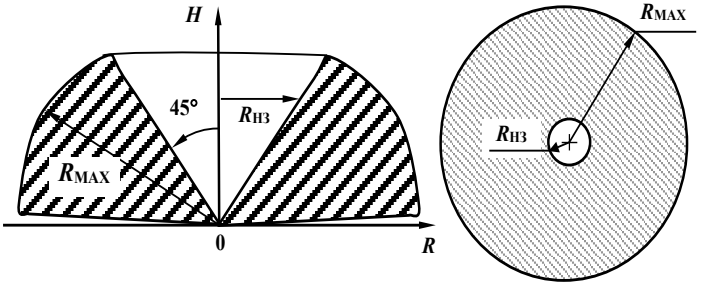


Рисунок 1. Зона дії РСБН у вертикальній і горизонтальній площинах

Причому утворююча внутрішнього конуса, що складає неробочу зону над радіомаяком, розташована під кутом 45° відносно горизонту, а утворююча зовнішнього конуса збігається з лінією прямої видимості ЛА.

Над наземним радіомаяком знаходиться неробоча зона у вигляді перевернутого конусу. Радіус основи конусної поверхні тілесного кута з висотою пов'язаний співвідношенням $R_{\text{НЗ}} = H_{\text{ЛА}}$, де $R_{\text{НЗ}}$ – радіус воронки над радіомаяком; $H_{ЛА}$ – висота польоту ЛА над РСБН. При чому радіус цієї неробочої зони повинен бути згідно вимогам ІСАО, не більш 10,4км при висоті польоту 6000м.

Пропускною здатністю радіонавігаційної системи називають її здатність забезпечити радіонавігаційною інформацією одночасно визначену кількість літальних апаратів, маючих відповідне бортове обладнання. Пропускна здатність системи, що проектується, необмежена, що пов'язано з принципом вимірювання азимуту на борту літального апарату, про що буде сказано нижче.

Завадозахищеність РНС характеризує здатність її роботи в умовах дії та організованих завад. Завадозахищеність залежить від завадостійкості та скритності. Під скритністю розуміють здатність системи поваж чувати виявлення її роботи та параметрів її сигналів з боку противника. Скритність визначається інтервалом часу в межах якого випромінюються та розпізнаються противником сигнали РНС та мірами протидії радіорозвідці. Для кількісної оцінки завадостійкості використовують відношення сигнал/завада по потужності або по напрузі при якому погрішність визначення навігаційного параметру не перевищує заданого значення з вимагаємою точністю та імовірністю. Підвищення завадостійкості супроводжується ускладненням схемних рішень, підвищенням енергетичного потенціалу РНС та додатковими витратами часу на вимірювання навігаційного параметру.

Кількісним показником завадозахищеності є імовірність того, що РНС виконує свої задачі в умовах ведення противником електронної протидії.

$$P_{\text{ур}} = P_{\text{доз}}\, P_{\text{уропз}}\, (1\text{-}P_{\text{доз}})\, P_{\text{уроз}}, \qquad (1.3)$$

де: $P_{\text{уропз}}$ – імовірність успішного рішення РНС своїх задач при дії організованих та природних завад; $P_{\text{доз}}$ – імовірність дії на РНС організованих завад; $P_{\text{уроз}}$ – імовірність рішення РНС своїх задач при дії організованих завад.

Імовірність $P_{\text{доз}}$ характеризує скритність роботи РНС та ефективність роботи розвідки противника. Імовірність $P_{\text{уропз}}$ та $P_{\text{уроз}}$ характеризує завадостійкість РНС. Конкретний захист цих ймовірностей визначається призначенням РНС та складає 0,2÷0,5.

Висновки

РСБН призначена для визначення навігаційних параметрів, які характеризують положення ЛА у полярній системі координат (азимут, дальність) відносно радіонавігаційної точки (радіомаяка РСБН), положення якої на місцевості точно відомо. Таким чином тактичні вимоги висуваються на основі сучасних вимог ведення бою авіацією ПС, умов проведення бойових операцій, а також загального стану розвитку техніки й озброєння ПС.

Список літератури

1. Частотно-фазові модеми / Г.Ф. Витер, Л.Д. Кравченко, М.Н. Маргієв, В.В. Бистрий – К.: Техніка, 1983р. –118 с.
2. Бєляєвскій А.С., Новиков В.С., Оленюк П.В. Основи радіонавігації: Підручник для вузів цивільної авіації. – М.: Транспорт, 1982р. – 288 с.
3. Трояновский А.Д., Клуга А.М., Цилькер Б.Я. Бортове обладнання Радіосистем ближньої навігації. –М.: Транспорт, 1990р. –140с.
4. Нікітін О.В., Сиващенко С.І., Василишин В.І., Хмуров М.М. Військова техніка радіотехнічного забезпечення авіації Повітряних Сил. Харків: ХУПС, 2011р.

УДК 621.396

П.Ю. Костенко д.т,н., С.М. Барсуков к.т.н, О.Ю. Суханов к.т.н.,
Х.І. Мозолевська, А.С. Козюберда.
(Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна)

Визначення виду взаємодії сигналу та завади з використанням індексу передбачуваності

Запропоновано нову чисельну міру, яка дозволяє визначати вид взаємодії сигналу з завадою. Міра заснована на розрахунку індексу передбачуваності процесу. Застосований підхід до визначення виду взаємодії сигналу с завадами не припускає задання моделі сигналу.

Основні принципові труднощі, що виникають при практичній реалізації інформаційно-вимірювальних РТС полягають у тому, що завади, які завжди наявні при спостережені сигналу, суттєво ускладнюють, а іноді й унеможливлюють відтворення інформації на приймальному боці. Статистична теорія РТС здебільшого займається вирішенням комплексу питань, пов'язаних із подоланням цих труднощів.

Задача статистичної теорії рішень, якщо її подати у вигляді термінів РТС, у простішому випадку полягає в такому.

Заданими вважають: детерміновані функції $s(t, \alpha)$ часу t та параметру α; щільність імовірності несуттєвого параметра $p(\alpha)$, $\alpha \in A$, статистику завади, тобто функціонал ЩІ завади. Крім того вважають, що спостереження $u(t)$ є відомою функцією $u(t) = F(s(t,\alpha),\xi(t),n(t))$ сигналу $s(t,\alpha)$, стаціонарних адитивної $n(t)$ та мультиплікативної $\xi(t)$ завадами з апріорі відомими розподілами. У випадку коли інформація про закони розподілів завад відсутня в даний час в теорії та практиці створення складних радіотехнічних систем, насамперед радіолокаційних, починають ширше застосовуватися методи вирішення статистичних завдань, вільні від розподілів [1], [2]. Слід зазначити, що теоретичні аспекти створення таких систем, що функціонують на засадах непараметричних статистик, перебувають у стані інтенсивних досліджень. Частіше функцію $F(s(t,\alpha),\xi(t),n(t))$ обирають у вигляді

$$u(t) = \xi(t)s(t,\alpha) + n(t) \qquad (1)$$

адитивної та мультиплікативної *взаємодії* з сигналом. Така модель спостереження при стаціонарних завадах призводить до не стаціонарності спостереження яке визначається залежними від часу його статистичними характеристиками. В простішому випадку це будуть математичне очікування та дисперсії спостереження. На практиці нестаціонарна поведінка реальної системи може бути комбінацією всіх або деяких із зазначених вище видів.

Принциповим обмеженням вказаних підходів є необхідність апріорного завдання виду взаємодії сигналу з завадами, який впливає на статистичні властивості спостереження, які, в свою чергу, обумовлюють його

статистичну обробку. Більшість теоретичних та практичних результатів отримано в припущенні, що взаємодія сигналу з завадами відома. Виникає питання: Чи можна по спостереженню визначити вид взаємодії сигналу з завадами? Відомо, що у разі спотворення сигналу адитивною завадою спостереження

$$u_n(t) = s(t,\alpha) + n(t) \tag{2}$$

буде нестаціонарним процесом з залежним від часу його математичним очікуванням. Відповідно, якщо сигнал спотворюється мультиплікативною завадою

$$u_\xi(t) = \xi(t)s(t,\alpha) \tag{3}$$

його дисперсія буде змінюватися з часом. Таким чином різним видам взаємодії сигналу з завадою відповідають різні види нестаціонарності. Тобто, питання полягає в наступному: Чи є такі ознаки процесів які дозволять розрізняти різні види нестаціонарності спостереження обумовлені різними видами взаємодії сигналу з завадою?

Є ряд робіт з дослідження нестаціонарної нелінійної динаміки, але поки що не вироблено єдиної думки про типи нестаціонарної поведінки, які можуть виникнути в реальній системі, та рекомендацій щодо створення їх досить загальної класифікації.

Метою докладу є дослідження можливості аналітичної перевірки виду не стаціонарності спостереження за єдиною реалізацією з використанням індексу передбачуваності широкосмугового часового ряду який є непараметричною статистикою запропонованою Робертом Савітом та Метью Гріном (Robert Savit and Matthew Green) [1].

Значна більшість непараметричних критеріїв реагують на зміну оцінки математичного очікування. Таким чином, більшість непараметричних критеріїв без попередньої обробки спостережуваного ряду не дозволяють розрізнювати два класи процесів "з нестаціонарним математичним очікуванням" та "з нестаціонарною дисперсією". За значенням індексу передбачуваності можна судити як про вид нестаціонарності процесу.

Результати класифікації нестаціонарних процесів з використанням індексу передбачуваності

Індекс передбачуваності SG, розроблений Робертом Савітом та Метью Гріном (Robert Savit and Matthew Green) [1] є методом аналізу часових рядів, який дозволяє розрізнити певні види шуму та певні детерміновані процеси. Він базується на побудові умовних ймовірностей повторення коротких послідовних патернів значень у часовому ряді. Умовні ймовірності виражаються через кореляційну суму і містять інформацію з усього ряду. Кореляційна сума визначає частоту влучення довільної пари точок псевдофазового простору в гіперсфери радіуса ε :

$$C_{m,N}(\varepsilon) = \frac{2}{(N-m+1)(N-m)} \sum_{s=m}^{N} \sum_{t=s+1}^{N} \prod_{j=0}^{m-1} I_\varepsilon(\mathbf{x}_{s-j}^m, \mathbf{x}_{t-j}^m), \tag{4}$$

$$I_\varepsilon(\mathbf{x}_i^m,\mathbf{x}_j^m)=\begin{cases}1, & \left\|\mathbf{x}_i^m-\mathbf{x}_j^m\right\|\le\varepsilon\\ 0, & \left\|\mathbf{x}_i^m-\mathbf{x}_j^m\right\|>\varepsilon\end{cases},$$

у якому $I_\varepsilon(\mathbf{x}_i^m,\mathbf{x}_j^m)$ – функція Хевісайда безлічі пар точок $\mathbf{x}_n^m=(x_n,x_{n+1},\ ...,x_{n+m})$ та $\mathbf{x}_t^m=(x_t x_{t+1},\ ...x_{t+m})$, що покриваються гіперсферою радіуса ε для всіх пар значень i і j, де $0\le i\le N$ й $0\le j\le N$; m – розмірність псевдофазового простору у який занурений часовий ряд $\{x_i\}_{i=1}^N$; N – число елементів часового ряду.

Кореляційний інтеграл і його емпіричний аналог кореляційна сума – це усереднена ймовірність того, що стани системи у різні моменти часу будуть близькими один до одного. Для обчислення $C_{m,N}(\mathbf{x}^m,\varepsilon)$ $(m>1)$ потрібно реалізувати "вкладення" часового ряду $\mathbf{x}$ в m-мірний псевдофазовий простір. Згідно з теоремою Такенса (Takens), елементами такого ряду є точки $\mathbf{x}_i^m=(x_i,x_{i+1},...,x_{i+m})$ з координатами $\{x_{i+k}\}_{k=1}^m$ заданими m послідовними значеннями вихідного часового ряду . Множина точок $\mathbf{x}_i^m$ є образом часового ряду.

Особливість методу аналізу часових рядів полягає у тому, що для процесів IID виконується властивість $C_m(\varepsilon)\cong C_1{}^m(\varepsilon)$.

Якщо позначити h_m випадок:

$$\left\|\mathbf{x}_i^m-\mathbf{x}_j^m\right\|\le\varepsilon \tag{5}$$

то $C_m(\varepsilon)=P(h_m(\varepsilon),...,h_1(\varepsilon))$ - сумісна імовірність таких випадків.

Згідно з теоремою Байєса

$$\begin{aligned}&C_m=P(h_m,...,h_1)=P(h_m\mid h_{p-1},...,h_1)\times\\&\times P(h_{m-1},...,h_1)=P(h_m\mid h_{m-1},...,h_1)C_{m-1}.\end{aligned} \tag{6}$$

тоді

$$C_m=P(h_m(\varepsilon),...,h_1(\varepsilon)) \tag{7}$$

і відповідно

$$C_2=P(h_1\mid h_2)C_1 \tag{8}$$

Якщо $x(t)$ та відповідно його відліки є імовірнісним процесом IID (незалежні тотожно розподілені змінні), то

$$P(h_1 \mid h_2) = P(h_2) = P(h_1), \tag{9}$$

$$P(h_1) = C_1.$$

За тією самою логікою можна визначити відповідний індикатор δ_m ступеню додаткової залежності $x(i)$ від $x(i\text{-}m)$, яка може захопити явну залежність m-го кроку в послідовності з фазового p-мірного фазового простору

$$\delta_m^p = 1 - \left(\frac{C_m}{C_{m-1}}\right)^{p-m} \frac{C_m}{C_p}. \tag{10}$$

При $p = m+1$

$$\delta_m = \delta_m^{m+1} = 1 - \frac{C_m^2}{C_{m-1}C_{m+1}}. \tag{11}$$

Легко довести наступне загальне відношення між δ_m^p і δ_m

$$\delta_m^p = 1 - \prod_{\nu=m}^{p-1} \left(1 - \delta_\nu\right)^{p-\nu}. \tag{12}$$

Розрахунок індексу передбачуваності SG виконується шляхом визначення індексу $\delta_1(\varepsilon)$ на множині значень ε:

$$\delta_1(\varepsilon) \cong \frac{C_2(\varepsilon) - C_1^2(\varepsilon)}{C_2(\varepsilon)} = 1 - \frac{C_1^2(\varepsilon)}{C_2(\varepsilon)} \tag{13}$$

Для m>2 індекс $\delta_m(\varepsilon)$ визначається як:

$$\delta_m = \delta_m^{m+1} = 1 - \frac{C_m^{\,2}}{C_{m-1}C_{m+1}} \tag{14}$$

Остаточно індекс SG розраховується відповідно до виразу:

$$\mathrm{SG} = \frac{C_1}{\prod_{j=1}^{J}(1-\delta_j)}, \tag{15}$$

та показує наскільки значення дискретної послідовності передбачувані враховуючи значення попередніх елементів цієї послідовності.

У таблиці наведено значення індексу передбачуваності SG для мультиплікативної та адитивної завад які вважають “білими” випадковими

процесами, що мають Гаусівський розподіл імовірності. При розрахунку індексу SG кореляційна сума визначає з використанням статистики Дейчерта [2,3].

Для зручності аналізу у таблиці результати індексу SG показані у вигляді: для завади “noise” з властивостями IID, хаотичного часового ряду “chaotic”, який сформований логістичним відображенням, та для гармонічного коливання “garmonica”. Також у таблиці подані результати розрахунку індексу SG для мультиплікативної взаємодії сигналу з завадою “Mul” та адитивної взаємодії “Ad”. Слід звернути увагу на результати обчислення індексів SG для логарифмічної міри спостереження у випадку адитивної та мультиплікативної взаємодії завад з гармонічним коливанням. Індекси SG розраховані для параметру *m* який змінюється в межах 1…4.

Таблиця 1

Чисельні результати індексу передбачуваності SG для досліджуваних процесів та завад.

	SG(1)	SG(2)	SG(3)	SG(4)
noise	0,026	0,2229	0,2242	0,2258
chaotic	0,205	0,413	0,456	0,577
garmonica	0,37	0,86	0,86	0,858
Ad	0,041	0,272	0,277	0,285
ln(Ad)	0,1	0,368	0,399	0,481
Mul	0,032	0,239	0,243	0,253
ln(Mul)	0,202	0,637	0,662	0,615

Легко побачити, що індекс SG при будь якому рівні мультиплікативної завади низький SG=0,253. В той же час при логарифмуванні даних спостереження спостерігається суттєве його збільшення SG=0,615. Щоб бути впевненим у достовірності результату можна розрахувати індекс передбачуваності для логарифму шуму та побачити, що він суттєво не змінюється. Тобто мультиплікативна взаємодія шуму (завади) та регулярного сигналу (у випадку гармонічного коливання) при визначенні логарифмічної міри спостереження може бути використана для визначення виду взаємодії сигналу з завадою.

Список літератури

1. Robert Savit, Matthew Green, Time series and dependent variables, Physica D: Nonlinear Phenomena, Volume 50, Issue 1, 1991, Pages 95-116, ISSN 0167-2789, https://doi.org/10.1016/0167-2789(91)90083-L.

2. W. A. Broock, J. A. Scheinkman, W. D. Dechert & B. LeBaron (1996) A test for independence based on the correlation dimension, Econometric Reviews, 15:3, 197-235, DOI: 10.1080/07474939608800353.

3. An Application of Chaos Theory to Stochastic and Deterministic Observations by W. Davis Dechert1 University of Houston November 1995

УДК 621.396

О.В. Висоцький, к.т.н., В.П. Поздняк, Д.А. Ложечка, В.Ю. Комаров
(Харківський національний університет Повітряних Сил
імені Івана Кожедуба, Україна)

Алгоритм формування сигналів траєкторного управління посадкою повітряного судна у просторі станів різницевих параметрів

Запропонований алгоритм формування сигналів траєкторного управління посадкою повітряних суден у просторі станів різнщевих параметрів по методу пропорційних збільшень. Просторові параметри (кутові координати та похилі дальності повітряного судна) перетворюють таким чином, щоб отримати поверхні положення з вертикальною твірною.

Одним з основних напрямків з реалізації стійкого та безперервного автоматичного керування рухом повітряних суден є використання нових методів обробки координатної (радіолокаційної) інформації, пов'язаних із застосуванням особливого класу поверхонь положення, що визначають вектор простору станів об'єкта управління. При цьому просторові параметри (кутові координати та похилі дальності) необхідно перетворити таким чином, щоб отримати поверхні положення з вертикальною твірною (ППВТ). Подібні поверхні називаються також циліндричними і докладно розглянуті у [1].

При вирішенні задачі керування рухом ПвС з використанням циліндричних поверхонь положення (ЦПП), можна здійснити перехід від просторово вимірюваних параметрів до плоских. Це значно спрощує синтез системи траєкторного управління рухом ПвС на основі алгоритмів управління в просторі ЦПП, і дозволяє при цьому отримати стійку і керовану систему управління, що фізично реалізується, з високою точністю управління за заданим критерієм якості.

Алгоритм формування сигналів траєкторного управління посадкою ПвС у просторі станів різницевих параметрів по методу пропорційних збільшень наведений на рис. 1, де позначено:

- $R_1(k), R_2(k), R_3(k)$ - похилі дальності ПвС;
- $R_{1\mathrm{N}}(k), R_{2\mathrm{N}}(k), R_{3\mathrm{N}}(k)$ - похилі дальності програмної точки;
- $P_1(k) = R_1^2(k) - R_2^2(k)$, $P_2(k) = R_2^2(k) - R_3^2(k)$, $P_{1\mathrm{N}}(k) = R_{1\mathrm{N}}^2(k) - R_{2\mathrm{N}}^2(k)$, $P_{2\mathrm{N}}(k) = R_{2\mathrm{N}}^2(k) - R_{3\mathrm{N}}^2(k)$ - різницеві параметри;
- $\Delta P_1(k) = P_{1\mathrm{N}}(k) - P_1(k)$, $\Delta P_2(k) = P_{2\mathrm{N}}(k) - P_2(k)$ - значення "великих" різностей;
- $\delta P_1(k) = P_1(k) - P_1(k-1)$, $\delta P_2(k) = P_2(k) - P_2(k-1)$ - значення "малих" різностей;
- $n(k) = \dfrac{\delta P_1(k)}{\delta P_1(k)}$ - відносини збільшень по каналах різницевих параметрів P_1 і P_2 :

– $n_{\text{н}}(k) = \dfrac{\Delta P_1(k)}{\Delta P_2(k)} = \dfrac{\delta P_1(k+1)}{\delta P_2(k+1)}$ - необхідне (апріорне) значення відносини збільшень по каналах різницевих параметрів P_1 і P_2 ;

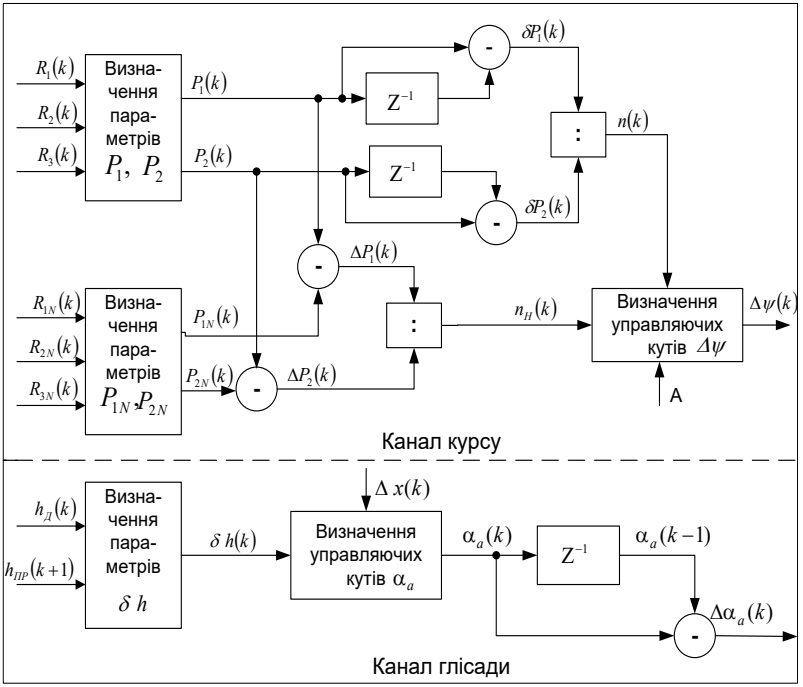


Рис. 1. Алгоритм формування сигналів траєкторного управління посадкою ПвС у просторі станів різницевих параметрів

– $\Delta\psi(k)$ - збільшення по курсу;

– $h_{Д}(k), h_{ПР}(k)$ - дійсна висота ПвС та висота програмної точки глісади;

– $\delta h(k) = h_{Д}(k) - h_{ПР}(k+1)$ - поточні значення різниці висот;

– $\alpha_a(k) = arctg\dfrac{\delta h(k-1)}{\Delta x_k}$ - кут нахилу траєкторії руху ПвС;

– $\Delta\alpha_a(k)$ - збільшення по глісаді;

– Δx_k - відстань між програмними точками глісади.

Сутність методу пропорційного зближення полягає в тому, що в процесі управління кутова швидкість обертання вектору швидкості ПвС підтримується

пропорційною до кутової швидкості обертання лінії візування ПвС - програмна точка [2]. Застосування методу пропорційних збільшень доцільно за умови, коли швидкість об'єкту управління значно перевищує швидкість зміни програмних точок. Тому його застосування є ефективним для реалізації алгоритмів траєкторного управління посадкою ПвС у просторі станів різницевих параметрів.

Для реалізації запропонованого алгоритму траєкторія посадки ПвС розбивається на k програмних точок, кожна з яких являє собою вертикаль у просторі із заданою висотою. Управління по курсу здійснюється за проекціями програмних точок на площину курсу, управління по глісаді - за проекціями програмних точок на площину глісади. При цьому здійснюється перехід від просторово-виміряних координат ПвС до координат на площині.

Таким чином, алгоритми управління у просторі ППВТ за висотою польоту (глісадою планерування) та за боковим рухом (курсом) ПвС (рис. 1) при формуванні сигналів управління відповідно до законів функціонування системи автоматичного управління ПвС забезпечують формування законів управління в дискретній системі траєкторного управління посадкою ПвС, яка створена у просторі станів різницевих параметрів на основі використання координатної інформації від бортової радіолокаційної станції (вимірювання похилої дальності) та радіовисотомірів малих висот ПвС (вимірювання дійсної висоти). Слід зазначити, що управління по каналах курсу і глісади в даній системі є незалежним та здійснюється одночасно у дискретні моменти часу шляхом виводу ПвС на лінію магнітного курсу посадки з подальшим зниженням по глісаді до точки прийняття рішення.

Список літератури

1. Барышев И. В. Формирование поверхностей положения с вертикальной образующей радиотехническими системами измерений / И. В. Барышев, О. А. Горбуненко, В. И. Барышев // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. - 2015. - № 2. - С. 121–126. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2015_2_19.

2. Дорофєєв М. В. Аналіз методів та систем наведення сучасних артилерійських боєприпасів / М. В. Дорофєєв, В. М. Семененко // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України. – 2019. - № 1 (65). - С. 104–111. URL: http://znp-cvsd.nuou.org.ua/article/view/179078.

УДК 612.233+612.176:577.151.6

О.О. Гончар, PhD
(Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, Україна)
О.М. Ключко,PhD
(Національний авіаційний університет, Україна)

Інтервальні гіпоксичні тренування посилюють захисну антиоксидантну систему міокарду щурів за умов стресорного впливу

У даному дослідженні автори показують, що дозована помірна переривчаста гіпоксія у сеансах інтервальних нормобаричних гіпоксичних тренувань обмежує надмірне посилення вільно-радикальних процесів за рахунок активації власних захисних систем організму, котре здатне запобігти ушкоджуючому впливу екстремального чинника, яким є гострий психоемоційний стрес. Наші дослідження дають підставу розглядати адаптаційні гіпоксичні тренування як один із засобів підготовки осіб, чия професійна діяльність пов'язана з ризиком для життя та психоемоційними навантаженнями.

Незважаючи на численні дослідження, проблема підвищення резистентності організму до дії надзвичайних подразників залишається актуальною. В наш час перспективними є різні види адаптаційних тренувань, до яких відносяться інтервальні нормобаричні гіпоксичні тренування (ІГТ). Вважається, що вплив на організм короткотривалих гіпоксичних стимулів, що чергуються з нормоксичними періодами у процесі ІГТ зіставний з феноменом «гіпоксичного прекондиціонування» [1]. Протекторний ефект даного феномену відмічався рядом авторів у людей та тварин і вважався однією з форм адаптації організму до дії екстремальних факторів – тяжкої гіпоксії, фізичного навантаження, стресу [2-6].

Відомо, що будь яка стресорна реакція супроводжується збільшенням активних форм кисню (АФК). Це зумовлено реакцією адаптації організму до надзвичайних умов, за яких АФК відіграють роль вторинних месенжерів і беруть участь у процесах природної сигнальної трансдукції в тканинах [7]. За вказаних умов, перш за все, відбувається активація факторів транскрипції (HIFs, NF-kB, Nrf2, AP-1 тощо) і відповідних генів, котрі здатні кодувати ферменти-антиоксиданти, зокрема СОД, ферменти системи глутатіону, каталазу [8]. На сьогодні вважають, що вільно-радикальні процеси можуть займати одну з ключових позицій в регуляторних механізмах, які визначають можливість виживання клітини, її загибель або трансформацію у стресорних ситуаціях [7,8].

Стан, при якому внаслідок дії будь-яких чинників генерація вільно-радикальних процесів зростає більше, ніж потужність антиоксидантної системи (АОС), дослідники визначають як оксидативний стрес [9]. При дії стресора достатньої сили оксидативний стрес виступає як серйозна небезпека для функціонування організму, тому в усіх клітинних компонентах існує складна багаторівнева система захисту від надмірного утворення продуктів вільно-радикальних перетворень. Ланка антиоксидантних реакцій у механізмі захисних процесів є провідною і найбільш потужною, оскільки вона не тільки запобігає розвитку вільно радикальних реакцій, нагромадженню супероксид-

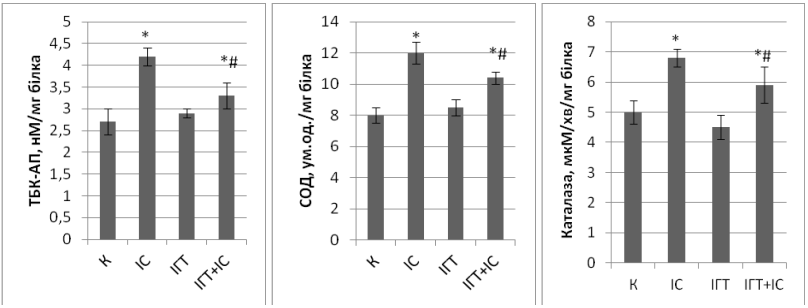
аніонів, перекисів, але й підтримує високу активність окисно-відновних процесів, забезпечує елімінацію кінцевих кисневих метаболітів із залученням їх в енергетичний обмін, сприяє активації процесів синтезу, у тому числі ферментів супероксиддисмутази, каталази, глутатіонпероксидази, які відповідно формують перший та другий ступені захисту [10,11].

Метою дослідження стало вивчення про- та антиоксидантного балансу у міокарді щурів за умов дії гострого стресу після застосування інтервальних нормобаричних гіпоксичних тренувань.

Дослідження проводили на щурах-самцях лінії Вістар з масою тіла 200-220г, які були розділені на групи (по 6 у кожній). 1- контроль (К). Цю групу складали тварини, які знаходились у звичайних нормоксичних умовах; 2- тварини, які піддавались дії гострого іммобілізаційного стресу (ІС), який вважається порушує психоемоційний стан. Щурів іммобілізували у пластикових пеналах з жорсткою фіксацією протягом 6 годин; 3- тварини, які піддавалися дії переривчастої гіпоксії (ІГТ). Щури дихали гіпоксичною газовою сумішшю, що містила 12%O_2 в азоті протягом 5 хв з 15 хвилинними нормоксичними інтервалами (реоксигенація). Чергування періодів гіпоксія/реоксигенація тривали 65 хв кожен день протягом 3 тижнів; 4- тварини, які піддавались дії 6- годинного іммобілізаційного стресу на першу добу після 3 тижневих гіпоксичних тренувань (ІГТ+ІС). Сеанси интервальних гіпоксичних тренувань відбувалися у герметичних нормобаричних камерах, де підтримувалась постійна кімнатна температура. З метою поглинання виділеного тваринами вуглекислого газу і водяних парів у камерах використовували адсорбент. Ефективність стресу контролювали за змінами маси надниркової залози і тімуса щурів, а також концентрації кортикостерону у плазмі крові. Тварин декапітували під легким ефірним наркозом відразу після експерименту. Гомогенати з тканин міокарда готували на 0.025М Трис-буфері, що містив 0.175М KCl та 1мМ ЕДТА (рН 7.8; 1:9) з наступним центрифугуванням (15 000g 20хв). В роботу брали постмітохондріальну фракцію супернатанта. Інтенсивність прооксидантних процесів досліджували за змінами у кількості вторинних продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ). Для цього вивчали вміст продуктів, що реагують з тіобарбітуровою кислотою - ТБК-активні продукти (ТБК-АП). Стан антиоксидантної системи досліджували за змінами у активності антиоксидантних ферментів – супероксиддисмутази та каталази. Стан глутатіонової системи вивчали за вмістом відновленого глутатіону та активності глутатіон редуктази і глутатіон пероксидази. Результати досліджень обробляли статистично за допомогою програми “Origine, 7.0”. Вірогідність розходжень між групами порівняння була визначена методом дисперсійного аналізу (ANOVA) з наступним тестом Bonferroni (post-hoc test).

При використанні в сеансах ІГТ гіпоксичної складової помірної сили (дихання газовою сумішшю з 12% O_2) в клітинах міокарду відмічалася лише тенденція до підвищення вмісту вторинних продуктів ПОЛ. Активність антиоксидантних, а також GSH-залежних ферментів залишалась у межах контролю. При цьому, рівень GSH в тканинах серця мав тенденцію до підвищення (рис.1 та 2). Відомо, що збереженню глутатіонового пулу за умов

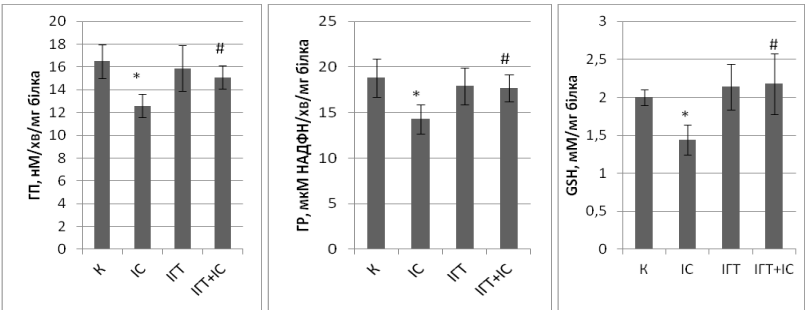
гіпоксичного тренування сприяє узгоджена дія в глутатіоновому редокс-циклі ГП з ГР, яка регенерує GSH з його окисленої форми і, таким чином, забезпечує збереження відновленого потенціалу глутатіону [12, 13].



А Б В

Рисунок 1. Вміст ТБК-АП (А), активність СОД (Б) та каталази (В) у міокарді щурів за умов застосування інтервальних гіпоксичних тренувань (ІГТ) та іммобілізаційного стресу (ІС). * P<0,05- відносно контролю; # P<0,05-відносно іммобілізаційного стресу (ІС).

6-ти годинна іммобілізація призводила до інволюції надниркової залози і тімуса у щурів, а також зростанню концентрації кортикостерону у плазмі крові в 4 рази на відміну від контролю (P<0,05), що свідчать про розвиток стрес- реакції у цих тварин. Як показали результати досліджень, гострий стрес впливав як на стан ферментної, так і неферментної частини антиоксидантного захисту міокарда: зростала активність СОД і каталази (на 50 та 36%, P<0.05), в той час як активність ГП і ГР знижувалася (рис.1 та 2), що свідчить про дисбаланс у антиоксидантній системі. Висока спорідненість анти радикального ферменту СОД і антипероксидного ферменту каталази до супероксид аніон- радикалу і H_2O_2, відповідно, і значна доступність цих субстратів за умов оксидації, ймовірно, і обумовили ріст активності цих ферментів у порівнянні з контролем. Значне зниження вмісту GSH (на 28 %, P<0,05), а також активності глутатіон-залежних ферментів ГР та ГП (на 24 та 25%, відповідно) за умов стресу у порівнянні з контролем (P<0,05) додатково підтверджує наявність оксидативного стресу у міокарді щурів. Ці зміни відбувалися на фоні зростання ПОЛ у серці. Так, концентрація ТБК-АП зростала на 56% (P<0,05) у порівнянні з контролем (рис. 1А). Значні зміни у про- та антиоксидантному балансі тканин щурів за умов дії різних стресорних чинників також відмічалися рядом інших авторів і були характерні як для міокарду, так і інших тканин - печінки, легень, скелетних м'язів тощо[2, 3, 5,13,14].



А Б В

Рисунок 2. Активність ферментів глутатіон пероксидази (ГП) (А), глутатіон редуктази (ГР) (Б) та вміст відновленого глутатіону (GSH) (В) у міокарді щурів за умов застосування інтервальних гіпоксичних тренувань (ІГТ) та іммобілізаційного стресу (ІС). * P<0,05- відносно контролю; # P<0,05-відносно іммобілізаційного стресу (ІС).

При дії надзвичайного подразника у тварин, адаптованих до гіпоксії в процесі довготривалих помірної сили сеансів ІГТ, відмічалося зниження вмісту вторинних продуктів ПОЛ на 22% (P<0,05), зниження гіперактивації СОД і каталази, а також підвищення кількості GSH та активності ГП (на 51 та 20%, відповідно) відносно таких показників у щурів 2-ї групи (P<0,05) (рис.1 та 2). Відомо, що поповнення внутрішньоклітинного пулу GSH залежить від швидкості відновлення утворюваного окисненого глутатіону, яке здійснюється у глутатіонредуктазних реакціях [12,13]. Ріст активності ГР (на 24%, P<0.05) у тварин 4-ї групи у порівнянні з 2-ю групою, ймовірно, був обумовлений достатньою кількістю внутрішньоклітинних запасів НАДФН, які забезпечують підтримку глутатіону у відновленому стані і тим самим впливають на стан глутатіонового редокс-циклу [15]. Про ефективність процесів адаптації свідчить той факт, що у плазмі крові тварин 4-ї групи рівень стрес-гормону кортикостерону знизився на 28% у порівнянні з тваринами 2-ї групи (P<0,05).

Отримані результати узгоджуються з думкою ряда авторів відносно позитивних ефектів адаптації до гіпоксичної гіпоксії при дії стресорних факторів [2,5,16,17], однак механізми такого ефекту ще знаходяться на стадії дослідження. Вважається, що циклічні переходи гіпоксія – реоксигенація свій стимулюючий вплив на обмінні процеси в основному реалізують через активацію вільнорадикальних процесів, які ініціюються надлишком донорів електронів відновлених еквівалентів, що накопичуються при гіпоксії та, в результаті зростання кисню як акцептора електронів, при оксигенації [7]. АФК виконують роль тригера, який здатен запускати каскад внутрішньоклітинної сигналізації з наступною активацією редокс-чутливих факторів транскрипції та генів, що в свою чергу призводить до синтезу захисних білків, серед яких антиоксидантні ферменти займають вагоме місце

[18,19]. Багаторазова низькоінтенсивна індукція АФК за умов ІГТ викликає підвищення резистентності клітин до дії стресорного чинника і сприяє довгостроковій адаптації [7,18].

Висновки. Таким чином, довготривала періодична помірна гіпоксія у сеансах ІГТ знижувала інтенсивність процесів ПОЛ та підвищувала стійкість ендогенної антиоксидантної системи міокарду до стресорних впливів. Отримані дані, а також результати наших попередніх досліджень дають підставу рекомендувати використання даного режиму ІГТ в практиці підготовки спеціалістів у якості адаптогену, що підвищує стійкість організму до кисневої недостатності та стресорної напруги.

Список літератури

1. Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. М.: Наука. 2003. 408с.
2. Gonchar O. Effect of intermittent hypoxia different regimes on mitochondrial lipid peroxidation and glutathione-redox balance in stressed rats. Cent Europ J Biol. 2008; 3: 233-242.
3. Gonchar O., Mankovska I. Hypoxia/reoxygenation modulates oxidative stress level and antioxidative potential in lung mitochondria: possible participation of p53 and NF-kB target proteins. Arch Pulmonol Respir Care.2017; 3(2): 35-43.
4. Quintero M., Gonzalez-Martin M., Vega-Agapito V., Gonzalez C.,Obeso A, Farré R., Agapito T., Yubero S. The effects of intermittent hypoxia on redox status, NF-κB activation, and plasma lipid levels are dependent on the lowest oxygen saturation. Free Radic Biol Med. 2013; 65:1143–1154.
5. Dong JW, Zhu HF, Zhu WZ, Ding HL, Ma TM, Zhou ZN. Intermittent hypoxia attenuates ischemia/reperfusion induced apoptosis in cardiac myocytes via regulating Bcl-2/Bax expression. Cell Research. 2003; 13: 385–391.
6. Gonchar O., Mankovska I. Activity and Expression of the Antioxidant Enzyme MnSOD in the Mitochondria during Prolonged Hypoxia/hyperoxia Exposure. Int J Biol Chem. 2011; 5: 342-351.
7. Li C, Jackson RM. Reactive species mechanisms of cellular hypoxia-reoxygenation injury. Am J Physiol Cell Physiol. 2002;282: C227-C241.
8. Ma Q. Transcriptional responses to oxidative stress: Pathological and toxicological implications. Pharmacol Ther. 2010; 125:376–393.
9. Sies H. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. Redox Biology. 2015; 4 : 180–183.
10. Limon-Pacheco J., Gonsebatt M. The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. Mutat Res.2009; 674:137-147.
11. Gonchar O., Mankovskaya I. Antioxidant system in adaptation to intermittent hypoxia. J Biol Sci. 2010; 10 (6):545-554.
12. Gonchar O., Maznychenko A., Klyuchko O.,Mankovska I., Butowska K.,Borowik A., Piosik J. C60 Fullerene Reduces 3-Nitropropionic Acid-Induced Oxidative Stress Disorders and Mitochondrial Dysfunction in Rats by Modulation of

p53, Bcl-2 and Nrf2Targeted Proteins. Int J Mol Sci. 2021, 22, 5444. https://doi.org/10.3390/ijms22115444

13. Gonchar O., Maznychenko A., Bulgakova N., Vereshchaka V. Tomiak T., Ritter U., Prylutskyy Y., Mankovska I.,Kostyukov A. C60 Fullerene Prevents Restraint Stress-Induced Oxidative Disorders in Rat Tissues: Possible Involvement of the Nrf2/ARE-Antioxidant Pathway. Oxid Med Cell Longev. 2018, 2018, 2518676

14. Gonchar O.A., I.N.Mankovska. Time-dependent effect of severe hypoxia/reoxygenation on oxidative stress level, antioxidant capacity and p53 accumulation in heart mitochondria. Ukr Biochem J. 2017; 89(6): 41-49.

15. Lee S. M., Koh H. J., Park D. C. et al. Cytosolic NADP+-dependent isocitrate dehyrogenase status modulates oxidative damage to cells. Free Radic Biol Med. 2002; 32: 1185-1196.

16. Gonchar O., Mankovskaya I. Effect of moderate hypoxia/reoxygenation on mitochondrial adaptation to acute severe hypoxia . Acta Biologica Hungarica. 2009; 60(2): 185–194.

17. Gonchar O. Effect of intermittent hypoxia on pro- and antioxidant balance in rat heart during high-intensity chronic exercise. Acta Physiol Hung. 2005; 92: 211-220.

18. Wenger R. H. Cellular adaptation to hypoxia: O_2-sensing protein hydroxylases, hypoxia-inducible transcription factors, and O_2-regulated gene expression. FASEB J.2002; 16:1151-1162.

19. Bartosz G. Reactive oxygen species: destroyers or messengers? Biochem Pharmacol . 2009; 77: 1303-1315.

UDC 57:61]-047.37(234.9)

O.M. Klyuchko, PhD
(National Aviation University, Ukraine)
P.V. Biloshitsky, Dr.Sci, PhD
(Uman P Tychyna State Pedagogical University, Ukraine)

Investigations of higher nervous activity, personal psycho-physiological functions in extreme conditions for pilots' professional selection

In present report some methods and results of higher nervous activity and psycho-physiological human functions in extreme high mountain conditions will be described. These results were put in base of development of the theory and practice of professional selection for professionals like pilots, rescuers, alpinists, operators, persons from special contingents and others for the work in extreme conditions.

The formulation of the problem of professional selection reflects the social needs of contemporary society in increasing of work intensifying, ensuring the reliability of organism's functioning, life safety, injury prevention, saving finances, material and technical means, preserving health as well as extending labor longevity. The professional suitability of candidates to work in this or that industry is estimated basing on medical indicators, educational level, physical fitness, and etc. The type of higher nervous activity (HNA), its mode of functioning, its characteristics are crucially important for this too.

The ***purposes of*** presented report are to demonstrate some results of investigations of changes in human higher nervous activity (HNA) that occur at high mountain altitudes, the influence of hypoxia on HNA. In continuation to show the results of investigation of human brain psychophysiological functions; their changes in extreme highlands conditions, as well as to present some methods of professional selection that were developed at Ukrainian research center - EMBS. The brief information will be given too about the applying of these results for professional selection of the people for the work as operators in extreme conditions.

Traditions of the investigations. Improving the system of training, distribution and placement of personnel in various branches of the economy is an important task today. One of the main directions of this problem solution is the further improvement and development of new methods and criteria for evaluating of the successes of person's professional activity, or, in other words, the further development of a system of professional selection. Especially those ones who work in extreme conditions linked with the contemporary war in Ukraine and necessity of different tasks fulfillment in this reality. Ukrainian scientists have the experience and knowledge for such tasks solution. In previous decades the great volume of the works for studying of HNA functioning in extreme conditions and these results applying for some groups of persons, their professional selection Ukrainian scientists had done in high mountain regions of the Caucasus, at the Elbrus Medical and Biological Station (EMBS) of the National Academy of Sciences of Ukraine (situated at Elbrus slopes in Kabardino-Balkar Republic of RF). Works on the study of the influences of high-altitude factors on organisms were initiated by academician

M. M. Syrotynin in 1929. Further they were continued by Professor, Dr. Med. Sci Biloshitsky P.V., his student and collaborator for many years, other colleagues from the laboratory of space physiology at EMBS [1-5]. Researchers Yu.L. Maidykov, M.V. Makarenko, A.O. Navatikian, V.A. Buzunov, A.V. Karpenko, V.V. Kalnysh [6] devoted long years of investigations to these problems studying. Their findings convince that, from a practical point of view, the problem of predicting the success in professional activity depends on two main aspects:

- determination of the requirements offered to a person by this or that activity;

- estimation of the state of his(her) respective abilities that limit this activity.

Studies by Ukrainian scientists of the higher nervous activity in extreme conditions. Ukrainian pathophysiologists paid their attention to the studies of HNA during long years along with professionals in the whole world [1-6]. Special attention was attracted to the phenomena of HNA functioning in extreme conditions, when human organism is "between life and death". Such reality one can find in high mountains, in environment "conditionally suitable for life". In these conditions all living forces of organism are concentrated usually on the saving of human's life, and functions of body's organs and systems demonstrate relative reactions. Oxygen deficiency (hypoxia) plays an important role in such stress states development. A person's stay in highlands, in mountainous conditions, consequently is the prerequisite for the development of changed states of HNA, the organism in whole [6-7]. Such states were studied by our scientists using modern technical equipment, devices that were elaborated by engineers especially for these purposes [2, 3, 7- 10] and ones in continuation of classic traditions [8, 11]. Novel original experimental and laboratory techniques were developed for these purposes as well as a set of computer programs, mathematical models [3, 4, 7, 8, 12, 13]. Such studies contribute to the understanding of human brain functioning in extreme conditions, in stressful situations, in cases of hypothermia, oxygen deficiency, overloads. They are extremely important for training of the work of pilots, rescuers, climbers, operators, representatives of other special forces and groups. Such experience is really valuable too for the Ukraine today, in war reality.

Psychophysiological selection as integral part of professional selection. Psychophysiological selection as integral part of professional selection, is directed on identifying of persons who, by professional abilities and individual psychophysiological qualities, meet the requirements of specific specialties. Such people are the most suitable for training in the prescribed period and for the next successful professional activity [1-3, 7, 14]. Many professions are combined not only with the performance of a set of specific work operations, but also with the mode of work and rest. For example, there are can be shift works with periodic work at night, duties work at the control panel, etc.). Other professions are linked with specific environmental features (work in conditions of noise, vibration, acceleration, hypoxia, limit time, etc.), with extreme factors (nervous-emotional overloads). Such professions were chosen by pilots, cosmonauts, drivers, machinists-operators of block equipment, persons whose labor activity takes place in the conditions of service area expanding, increasing the power of units, engines, etc. Basing on the results of investigations at EMBS, it can be stated that the use in operator positions

of persons who do not have appropriate level of development of professionally important psychophysiological qualities leads not only to the appearance of errors in their work (sometimes fatal ones), occurrence of emergency situations; this also cause adversely effects on their health. Such workers demonstrate more often the cases of development of diseases of central nervous systems (CNS) and cardiovascular systems.

The success of professional psychodiagnostics largely depends on the choice of methodical principles and techniques adequate to the goals and objectives of research. This work presents some basic research methods and scales for the estimation of the state of professionally significant psychophysiological functions (neurodynamic and neuropsychological levels, as well as personal specificity) and their relationship with the success of the work of testers, rescuers, and operators of various modern high-responsibility complexes. More than 300 people were examined and studied at EMBS - testers, climbers, candidates to astronauts, drivers, and power unit operators who mainly control technological process, remotely identify and eliminate violations in the equipment's operating mode. The item of this report continues the topic of human HNA research at EMBS (namely, publications [1-4, 7, 14].

Conclusions. The basis of the reliability and success of the professional activity of a person-operator is a whole complex of physiological and psychophysiological systems that organize a functional system aimed at obtaining the final result. The success of the operators is largely determined by the individual and typological features of the HNA of the neurodynamic apparatus and vegetative sphere, the function of attention, memory, and perception. operational thinking, personal characteristics of a person. All these functions are directly related to the formation and use of professional skills of the personnel of operators of modern technical means. It has been established that adaptation to the conditions of the mountain climate (climate therapy belongs to informational methods of treatment, prevention, rehabilitation. increasing work capacity, improving sports results and reliability of the body's functioning in extreme conditions) increases the mental and physical capacity of operators, increases the efficiency and reliability of their work after fatigue and various stressful conditions. Theoretically, up to the some extends such works today can be continued in the highlands of Ukrainian Carpathians.

References

1. Sirotinin N.N. Pathophysiological school in science. In: “Scientists Of Ukraine Are The Elite Of The State”. – K.: "Logos Ukraine". – 2020. – V.6. – p.180-181 (In Ukrainian).

2. Beloshitsky P.V. Annals of medical and biological research in the Elbrus region (1929 - 2006).Ukrainian Academy of Sciences. – K.:Publ. УАН НВІП ВІП, Sofia, 2014. – 550 p. (In Russian).

3. Biloshitsky PV, Klyuchko OM, Onopchuk Yu.M. The results of medical and biological research of Ukrainian scientists on Elbrus. Bulletin of NAU. – 2007. – №2. – p.10-16 (In Ukrainian).

4. Biloshitsky PV, Klyuchko OM, Onopchuk Yu.M. Results The results of the study of hypoxia problems by Ukrainian scientists in the area of Elbrus. Bulletin of NAU. – 2007. – №3-4. – p.44-50 (In Ukrainian).

5. Beloshitsky P.V., Baraboy V.A., Krasyuk A.N., Korkach V.I., Torbin V.F. Postradiation rehabilitation in mountain conditions. Kyiv: “VIPOL”, 1996. 230 p.

6. Biloshitsky P.V., Klyuchko O.M., Onopchuk Yu.M. Radiation damages of organism and their corrections in conditions of adaptation to high-altitude meteorological factors. Bull. of NAU. 2010, 1, 224-231.

7. Biloshitsky P. V., Klyuchko O.M., Onopchuk Yu. M., Makarenko M. V. Estimation of psycho-physiological functions of a person and operator work in extreme conditions. Bulletin of NAU. 2009, 3, 96-104 (In Ukrainian)

8. Klyuchko O. M. Information and computer technologies in biology and medicine. Kyiv: NAU-druck, 2008, 252 p.

9. Klyuchko O. M., Biletsky A. Ya., Navrotskyi D. O. Method of biosensor test system application. Patent UA 129923 U, G01N33/00, G01N33/50. November 26, 2018, Bull. 22. (In Ukrainian).

10. Klyuchko O. M., Biletsky A. Ya., Navrotskyi D. O. Method of application of biotechnical monitoring system with biosensor (biosensor test system). Patent UA 132245 U; G01N33/00. February 25, 2019, Bull. 4. (In Ukrainian).

11. Klyuchko O.M., Tsal-Tsalko V. I. Device and software for testing and training of human visual memory on the base of ATmega32 microcontroller. Electronics and Control Systems. 2013, 36 (2), 75–83.

12. Klyuchko O.M., Pashkivsky A.O., Sheremet D.Yu. Computer modelling of some nanoelements for radiotechnic and television systems. Electr. Contr. Syst. 2012, 3 3 (3), 102-107

13. Klyuchko O.M., Hayrutdinov R.R. Modeling of electrical signals propagation in neurons and its nanostructures. Electr. Contr. Syst. 2011, 28 (2), 120-124.

14. Klyuchko O.M., Gonchar O.O., Lizunov G.V. Pilots’ organisms: effects of radiation, hypoxia and possible prospects of their pharmacological corrections. Mater. XVI International Congress "AVIA-23", 18-20.04.2023, Kyiv, Ukraine, 7.46-7.52.

UDC 004:591.5:612

O.M. Klyuchko, PhD, N.S. Fomenko
(National Aviation University, Ukraine)

Some possibilities of biomedical personal data protection in 3G, 4G information networks in Ukraine

In present report the authors described a number of means and methods that they have tested and recommend for the use for protection of medical and biological information in networks of medical, sanitary and recreational facilities. They are suitable too in the networks of objects of environmental protection and agricultural activity at the territory of Ukraine. The purpose of the work done was the development of methods and means of ensuring information security in case of the use of modern mobile 3G, 4G communications between subjects of biomedical information systems in Ukraine.

Information technologies for the creation of biomedical network systems are developing rapidly in contemporary world [1-9]. Data transmission in such information networks is the subject of special attention in many countries of the world due to a number of reasons, and great practical value is one of the main ones [9-15]. Significant number of modern publications are devoted to this topic and overcoming the problems that arise [16-21]. The authors of the report also devoted a significant number of their works in recent years to this topic, works in in this sphere in Ukraine [22-27] and related problems solution [28-31].

The *purpose* of the work done was the development of the methods and means of ensuring of information security in cases of the modern mobile 3G, 4G communication use in biomedical information systems in Ukraine.

Fourth-generation 4G LTE communications were realized in Ukraine in the last years. During this time, operators have significantly expanded the coverage area of their LTE networks; for today, they are also available in small settlements located in rural areas across the large areas of Ukraine. However, many users in remote areas are still having technical problems with connections. This situation is not positive, since some branches of economy and science in Ukraine already have extensive networks of objects that must be connected by mobile communication. For example, numerous biological stations connected in a network were organized in Ukraine in the second half of the 20th century. They performed their functions very well for their time, providing the economy with the necessary biological and medical information [22, 23, 25, 32]. Currently, there is a need to create appropriate communication capabilities in such networks, especially telecommunications. We have already written about previously [25-27]. The topic of this publication is a description of some attempts to provide the network system developed by us with 3G, 4G mobile communication, taking into account the need for security of data exchange both in peacetime and in wartime. In our previous publications, the authors have already described the work done for the organization of mobile communications between institutions and centers whose activities are linked with medical and biological information transmission in rural areas of Ukraine [26, 27].

The set of works carried out by the authors and described below is aimed more at medical, agricultural and nature protection structures that form networks, being at the same time spread over significant territories of Ukraine. We would like to note that such network information systems were formed episodically, chaotically. But the data exchange using 3G, 4G mobile communication requires all elements of such networks at different locations in Ukraine now.

Separate previous works of the authors were devoted to the protection of personal data of patients in medical systems [22, 23, 28]. However, until now, when performing such works, the authors "behind the scenes" remained such important problems as data transmission security (DTS) in biomedical information networks. However, the importance of DTS problems solution in networks is growing rapidly, especially in the conditions of large-scale military operations at the territory of Ukraine [25]. We will cite several examples that demonstrate the urgency of such problems solution in Ukraine and the need for appropriate DTS measures and technologies.

Medical network information systems. The development of medical information systems (MIS) in Ukraine took place in its modern form at first sporadically during the last approximately 15 years [22, 23]. MIS always needed the protection of personal data they operated. First of all, personal data of patients needed protection, especially data on congenital pathologies, surgical procedures, etc. interventions, kinetics of deterioration or improvement of the patient's health, etc. Of particular importance is the protection of personal medical data of persons - representatives of the highest levels of the country's administrative or power hierarchy; those data that may be of interest in relation to business competition or in connection with military operations conductions, etc. Important information that should not be disclosed is also individual details of the texts of medical protocols for interventions, the course of treatment and recovery of patients' health (especially if such protocols contain the so-called "know-how" of new treatment methods). A special category of information that is not subject to disclosure is often data on the use of individual pharmaceutical agents, especially newer ones, and the results of their trials. This list can be continued.

Information network systems with biological information. The information transmitted in such systems may also be non-disclosure - especially if it relates to the country's food security. This can be information that comes from agricultural enterprises and companies, farms and fish farms. This information may relate to monitoring of the state of environment, especially in wartime, as well as the activities of nature reserves, and the recording of damage caused to the natural environment by military activity [22, 23, 25, 32].

Ensuring of security in LTE networks basing on traditional approaches. Ensuring of security in LTE networks can be realized using few possible methods that can be subdivided to: 1) ones, organized according to classic approaches; and 2) ones, based on some other novel methods. In this sub-paragraph we will outlined briefly the first pool of methods that will be characterized orally during our report. So, currently, security in LTE networks is realized in the following forms:

- subscriber protection (protection of subscriber is ensured in such a way, that in the process of service he is hidden by temporary identifiers);
- protection of transmitted messages;
- messages encryption;
- subscriber and network authentication.

Among other methods the generation of authentication vectors can be mentioned and some other methods; they are described well in the set of manuals [5-12]. The LTE security architecture defines the security mechanism of different levels.

Ensuring of security of biomedical data transmission in some specialized networks. Ensuring of security of biomedical data transmission in specialized networks that serve for spheres of medicine, ecological monitoring, other spheres of life linked with medicine, biology, chemistry can be organized according to "non-traditional" approaches. Necessity of the use of such approaches were grounded and substantiated in early 2000th years. For the work with such types of information it is naturally to use such messages encryptions that are based on known regularities from biophysics and biology. Some of the methods of these pools had been substantiated and suggested in classic cybernetics and information protection courses [22, 23]. Other such original methods were invented and developed by Dr. O. M. Klyuchko (method of biosensor use for chemical information coding, using of genetic codes for coding of personal information and etc. [28, 32]. Few such methods and their possibilities will be demonstrated by the authors in conference oral report.

Conclusion. In present report the main attention is focused on network information structures spread in the rural areas of Ukraine. We have demonstrated the practical results of our own experience in providing of high-quality mobile communications in separate locations at the territory of Ukraine and possibility of ensuring of data security using various methods. The choice of technologies and equipment was defined greatly by the presence on the market of just such models and versions - available, reliable, inexpensive ones. On their basis it was possible to perform satisfactorily and reliably the tasks of information protection in the networks. This report described the means and methods that can be successfully used to protect messages, medical and biological information in general in networks of medical, treatment and recreational facilities, as well as in networks of nature protection activities spread across the territory of Ukraine. Some of such original methods that were invented and developed by Dr. O. M. Klyuchko (method of biosensor use for chemical information coding, using of genetic codes for coding of personal information and etc. will be demonstrated during the oral report. These tools and methods that were developed and tested in other fields for which the protection of personal data is important - they can be successfully and accepted and used in medical and biological information networks in Ukraine, other countries.

References

[1] A. F. Molisch, "Wireless Communications: From Fundamentals to Beyond 5G," 3rd Edition. Wiley-IEEE Press. 2022, 1008 p. ISBN: 978-1-119-11721-6.

[2] E. Koivusalo, “Converged Communications: Evolution from Telephony to 5G Mobile Internet,” Wiley-IEEE Press., 2022, 480 p. ISBN: 978-1-119-86752-4.

[3] M. Sauter, “From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband,” 4th Edition, 2021, 624 p. ISBN: 978-1-119-71469-9. https://doi.org/10.1002/9781119714712

[4] Yi Huang, Antennas: From Theory to Practice, 2nd Edition, 2021, 544 p. ISBN: 978-1-119-09234-6.

[5] Shaikhul Arefin Khan, Md. Mokarram Hossain Chowdhury and Uthso Nandy, “LTE/LTE-A Based Advanced Wireless Networks,” Journal of Engineering Research and Reports, 25(10), pp. 195–199, November 2023, https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v25i101012

[6] Designing Energy-Efficient Wireless Access Networks: LTE and LTE-Advanced. Conference of Cairo University. October 2023.

[7] Yuliarman Saragih, Ridwan Satrio Hadikusuma, and Agatha Elisabet S, “Evaluation of cellular network performance involving the LTE 1800 band and LTE 2100 band using the drive test method,” Journal INFOTEL, 14(4), November 2022. https://doi.org/10.20895/infotel.v14i4.833

[8] Stela Todorova, “LTE terms and technology,” June 2022. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22167.24480

[9] Timo Hussa, “LTE Carrier Aggregation Deployment – From Standardization to Deployment,” International Journal of Professional Business Review, 7(2):e0354. August 2022. https://doi.org/10.26668/businessreview/2022.v7i2.354

[10] Atul Khuntia, Divya Dharshini R, Mythri R, Kumar Aditya, and Devasis Pradhan, “Energy-Efficiency for 5G Networks with MIMO System,” Journal of Network Security Computer Networks, 9(3):26–38, December 2023, https://doi.org/10.46610/JONSCN.2023.v09i03.004

[11] Kuldeep Pandey and Ritesh Sadiwala, “Dual-Port MIMO antenna design for IoT: Analysis and implementation,” Journal of Integrated Science and Technology, vol. 12, No. 3, (2024). https://doi.org/10.62110/sciencein.jist.2024.v12.768.

[12] Mla Vilakazi, Thomas O. Olwal, Luzango P. Mfupe, and Albert Lysko, “Open Air Interface for 4G Core Network and 4G/5G Base Stations,” 3rd International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET 2023), Cape Town, South Africa. November 2023. https://doi.org/10.1109/ICECET58911.2023.10389282

[13] Vipin Mittal, and Ajay Kumar Yadav, “4G Wireless Networks,” International Journal of Scientific Research in Engineering and Management, vol. 08, Issue 01, 2023. https://doi.org/10.55041/IJSREM17764

[14] Yunman Hao, “Investigation and Technological Comparison of 4G and 5G Networks,” Journal of Computer and Communications, 09(01):36–43. January 2021. https://doi.org/10.4236/jcc.2021.91004.

[15] S. Gopal et al., “5G NR-LTE coexistence: opportunities, challenges, and solutions,” 2022. [Online]. Available: arXiv:2210.03906 [cs.NI]

[16] Rihai Wu, Xun Yang, Xia Zhou, and Yibo Wang, Enterprise Wireless Local Area Network Architectures and Technologies, 446 p., March 2021. ISBN: 9781003143659. https://doi.org/10.1201/9781003143659

[17] Paulo Henrique, and Ramjee Prasad, 6G The Road to the Future Wireless Technologies, 2030. Publisher: River Publisher ISBN: 9788770224390. 132 p., March 2021. https://doi.org/10.1201/9781003336884

[18] Wireless and Mobile Networking. Publ on August 1, 2022 by CRC Press. 282 p. SBN 9780367487355

[19] 6 G Wireless Communications and Mobile Networking, Ed. By Xianzhong Xie, Bo Rong, Michel Kadoch, 2021, eISBN: 978-1-68108-796-2, ISBN: 978-1-68108-797-9. https://doi.org10.2174/97816810879621210101

[20] How to translate LTE – evolution in the long term, [Electronic resource] / www.mforum – forum about 4G // URL: http://www.mforum.ru/analit/LTE.htm (accessed May 2, 2016)

[21] Official website of the Huawei company [Electronic resource] / Huawei.com LTE equipment // URL: http://www.huawei.com

[22] O. M. Klyuchko, Information and computer technologies in biology and medicine. Kyiv: NAU-druck, 2008, 252 p.

[23] O. M. Klyuchko, “Medical information system for monitoring of the health state of population with personal data protection,” Medical Informatics and Engineering, 49(1), pp. 17–28, 2020. [In Ukrainian] https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.1.11126

[24] O. M. Klyuchko and P. V. Beloshitsky, “Telecommunication and Digital Technologies for Extreme Conditions in Ukraine: Continuation of EMBS Traditions,” International Conference on Telemedicine & Digital Health, Great Britain, September 21, 2021 (Internet publication)

[25] O. M. Klyuchko and K.M. Tulin. “Monitoring of harmful chemicals in environment in war conditions: “EcoIS” information system,” Global Tech Summit-2023. Get Connected And Transform The Future Of Technology. Toronto, Canada, (7-8)August 2023 (I-net publication)

[26] V. N. Shutko, N.S. Fomenko, and O.M. Klyuchko “Implementation of 3G, 4G mobile connections technologies in urban and rural regions,” Electronics and

Control Systems, 78(4), pp. 62–68, 2023. https://doi.org/10.18372/1990-5548.78.18277

[27] V. N. Shutko, N.S. Fomenko, O.M. Klyuchko, and O. O. Kolganova, “Implementation of 3G, 4G mobile connections technologies in urban and rural regions,” Electronics and Control Systems, 78(4), pp. 62–68, 2023. https://doi.org/10.18372/1990-5548.78.18277

[28] O.M. Klyuchko, A.Ya. Beletsky, O.A. Gonchar, and O.V. Melezhyk. “Bioinformation systems with detectors and signal coding capabilities,” Science and Innovation, 18(2) pp. 73–84, 2022. https://doi.org/10.15407/scine18.02.073

[29] O. M. Klyuchko, A. Ya. Biletsky, and D. Navrotskyi, “Method of biosensor test-system application,” Patent UA 129923 U; G01N33/00, G01N33/50, C12Q 1/02. Priority: 22.03.18, u201802896, Issued: 26.11.2018, Bull. 22. [in Ukrainian].

[30] O. M. Klyuchko, and R. R. Hairutdinov. “Modeling of electrical signals transmission along the neuron and its nanostructures,” Electronics and Control Systems, 28(2), pp. 120–124, 2011. https://doi.org/10.18372/1990-5548.28.870 [in Ukrainian]

[31] O. M. Klyuchko, A. O. Pashkivsky, and D. Yu. Sheremet, “Computer modelling of some nanoelements for radiotechnic and television systems,” Electronics and Control Systems, 33(3), pp. 102–107, 2012. https://doi.org/10.18372/1990-5548.33.5589 [in Ukrainian]

[32] O. M. Klyuchko, A.Ya. Biletsky, A.G. Lizunova. “Method of application of information monitoring system with databases and keys in symbolic records of genetic codes of biological organisms,” Patent UA 155203 U, G01N 33/00, G01N 33/50, G06F 16/00. Applied: 13.03.2023, u202301016, Issued: 31.01.2024, Rights from: 1.02.2024, Bull. 5 [In Ukrainian].

UDC 629.7.083.017.1:543.275

O.E. Volkov, Cand. Sc. (Technology), V.M. Zemlyanskyi, Dr. Sc. (Phys.-Math.), M.O. Gusev, D.O. Volosheniuk, Cand. Sc. (Technology)
(International Research and Training Center for Information Technologies and Systems under NAS and MES of Ukraine, Ukraine)

Laser method for dual-wavelength diagnosis and observation of spontaneous conversion of H_2O microparticles to H_2O_2

Mass spectrometry, fluorescence microscopy, and NMR methods are used to study the transformation of aerosol microparticles. A laser dual-wavelength method for microparticle diagnostics has been developed [1], which makes it possible to study in real time the spontaneous transformation of microparticles, for example, H_2O (in the size range from 1 to 20 μm and more) into H_2O_2 particles.

Recently, studies have been published [2, 3, 4], in which the effect of spontaneous conversion of H_2O microparticles into H_2O_2 microparticles by atomizing bulk water has been experimentally studied. Moreover, H_2O_2 production increases with decreasing diameter of H_2O, microdroplets generated in the range of 1 μm to 20 μm. In work [5], an experimental setup was created, including a mass spectrometer, with the help of which it was observed when spraying microdroplets of H_2O spontaneous formation of anion pyridine $C_5H_5N^-$ from a pre-prepared solution of pyridine: water. Moreover, this is the result of the experiment on spraying and formation $C_5H_5N^-$ was confirmed at both Nanjing University and Stanford University. The easy formation of $C_5H_5N^-$ in water microdroplets provides a direct route for green chemistry to synthesize chemicals. It can be noted that the chemistry of aqueous microdroplets is at the stage of active development. Let us give some examples that confirm this: the reduction of chlorogold acid ($H[AuCl_4]$) to gold nanoparticles [6], the reduction of a number of different carboxylic acids and the formation of hydrogen peroxide [2, 7]. No unambiguous theoretical explanation for such a phenomenon exists yet, but certainly points to the unique chemistry of aerosols occurring at the air-water interface.

In this paper discusses a new laser method for two-wave diagnostics of moving aerosol microparticles, which allows observing their spontaneous transformations in real time, for example, H_2O into H_2O_2.

A variant of construction of the sensing scheme of a laser dual-wavelength microparticle analyzer (LDAM) with symmetric reception of forward or backward scattered radiation with respect to two planes: the plane of two sensing beams *OXZ* and the plane *OYZ* located perpendicular to the plane *OXZ* and passing through the scheme axis *OZ* is considered. In this so-called axisymmetric two-frequency LDAM scheme, in which the frequency difference of the two probing beams is Ω_m, receiving optics axis OZ_3 coincides with the optical axis of the circuit *OZ*, and the scattered radiation is received in the spatial region of reception limited by the aperture of the diaphragm having two axes of symmetry OX_3 and OY_3 (see Fig. 1, where the OY_3Z_3 plane coincides with the *OXZ* plane and the OY_3Z_3 plane coincides with the *OYZ* plane) [8]. One of the variants of the design of the receiving diaphragm, providing axisymmetric reception, is, for example, a diaphragm with a cross-shaped opening,

located in such a way that one of the slit-shaped openings of this diaphragm is oriented along the axis OX_3, and the other slit-shaped hole - along the axis OY_3. If the LDA sounding and reception scheme uses beams of equal intensity, having linearly matched polarizations with the direction of oscillation of the electric vectors in the OYZ plane, then, for example, when receiving forward-scattered radiation within a slit-shaped diaphragm oriented along the OY_3 axis, a high level of amplitude and phase matching is observed, and when receiving radiation within another slit-shaped opening of the diaphragm oriented along the OX_3 axis, a high level of polarization matching of the mixed scattered beams is observed. Depending on the conditions of microparticle flow diagnostics, it is always possible to select such cross-shaped diaphragm sizes that ensure a high level of photocurrent modulation depth and signal-to-noise ratio.

A theoretical model of an axisymmetric LDAM design is considered, which uses a diaphragm with a circular opening located at a distance r_0 from the center of measurement. When receiving forward scattered radiation, the position of the center of symmetry of the diaphragm O_p determined by angles $\theta = \gamma/2$, $\varphi_0 = 0$, and when receiving backscattered radiation – by angles $\theta_0 = 180° + \frac{\gamma}{2}$, $\varphi_0 = 180°$ (Fig. 1).

It should be noted that in the considered scheme of LDAM probing at symmetric reception of backscattered radiation the function of focusing and collecting lenses is performed by one lens, which allows to simplify considerably the layout of LDAM optical block and its alignment. Previously, in [8], the symmetry properties of the spatial structure of the Doppler signal relative to the OXZ and OYZ planes were considered for different polarization states of the probing beams. These symmetry properties should also be taken into account when analyzing the high-frequency signal parameters of the axisymmetric LDAM circuit. In addition, the following properties of the symmetry of the spatial structure of the high-frequency LDAM scheme should also be taken into account, when two probing beams of equal intensity have elliptical polarizations with the same azimuths and ellipticity, or the probing beams have right-handed (left-handed) polarizations, or two beams are linearly polarized and have equal azimuths. In this case, for two arbitrary directions of reception of axisymmetrical relative to the OZ axis of the scheme, the elementary high-frequency signals are phase-conjugate and have equal amplitudes, as well as equal values of the polarization and amplitude matching coefficients. This is the so-called second type of symmetrical reception of scattered radiation [9].

The noted properties of the symmetry of the spatial structure of the useful high-frequency signal allow, when calculating the parameters of this signal for the LDAM scheme with axisymmetric reception of scattered radiation, in a finite angular aperture, to neglect the interference terms of the low-frequency component of the signal, as well as the high-frequency components of the signal formed from mutually orthogonal components of the corresponding probing beams, since they are equal to zero [12]. As for the remaining high-frequency components of the signal, arising respectively from "x" and "y" – the components of two probing beams, then when determining them in this case it is sufficient to calculate the integrals within one quarter of the diaphragm, i.e. the integration boundaries for ε are taken within the range from $\varepsilon = 0$ to $\varepsilon = \frac{\pi}{2}$, followed by multiplying the resulting signal value by four.

The parameters of the high-frequency LDAM signal for the four-wave optical shift mode are analyzed [12]. If the LDAM scheme uses probing beams that have elliptical polarizations with equal azimuths and ellipticity, or circular polarizations - right-circular or left-circular, or linear polarizations whose azimuths lie within the limits $0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$, $0 < \alpha_2 < \frac{\pi}{2}$, or within $-\frac{\pi}{2} < \alpha_2 < 0$, $-\frac{\pi}{2} < \alpha_1 < 0$, at axisymmetric reception of scattered radiation (the second type of symmetric reception).

The questions of calculation of the amplitude of the high-frequency signal and the depth of modulation of the photocurrent of axisymmetric scheme of sounding and reception taking into account their symmetry for some special cases of polarization of sounding beams were also considered in the works of [10, 11].

We have developed a method for calculating the parameters of the high-frequency signal of LDAM with axisymmetric reception of forward or backward scattered radiation, in which the determination of the high-frequency component of the signal is carried out within one quarter of the circular aperture of the receiving aperture. In this case for any states of polarization of the probing beams mutual compensation of the high-frequency component of the useful signal from linear mutually orthogonal components of the beams is observed and the high-frequency signal is formed only from linearly polarized components of two beams oriented in the plane or perpendicular to the plane of the probing beams.

Conclusions

The developed laser dual-wave microparticle analyzer (LDAM) allows for unambiguous and highly accurate measurement of the concentration of two types of particles with different values of the complex refractive index: $\dot{m}_1$ and $\dot{m}_2$, as well as their speed of movement in the case where the second type of symmetric reception of scattered radiation is implemented, and the probing beams have circular polarizations. LDAM can also operate in the mode of axisymmetric reception of backscattered radiation and diagnose the process of conversion of H2O to H2O2, as well as other processes of spontaneous conversion of microparticles.

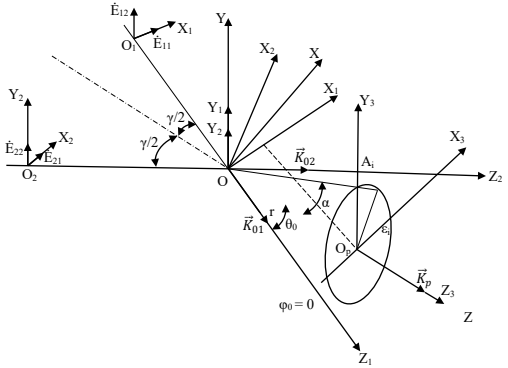


Figure 1 - Symmetrical reception of scattered radiation relative to the *OXZ* and *OYZ* planes

References

1. Laser two-wave method for diagnostics of a two-phase particle flow: patent a202403816 Ukraine. No. 479433; declared 25.07.2024. 9 p.
2. Jae Kyoo Lee, Hyun Soo Han, Settasit Chaikasetsin, Daniel P. Marron, Robert M. Waymouth, Fritz B. Prinz and Richard N. Zare. Condensing water vapor to droplets generates hydrogen peroxide. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2020. Vol. 117, no. 49. P. 30934-30941.
3. Chongqin Zhu and Joseph S. Francisco. Production of hydrogen peroxide enabled by microdroplets. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2019. Vol. 116, no. 39. P. 19222-19224.
4. Adair Gallo Jr., Nayara H. Musskopf, Xinlei Liu, Ziqiang Yang, Jeferson Petry, Peng Zhang, Sigurdur Thoroddsen, Hong Im and Himanshu Mishra. On the formation of hydrogen peroxide in water microdroplets. *Chemical Science*. 2022. Issue 9. P. 2574-2583.
5. Lingling Zhao, Xiaowei Song, Chu Gong, Dongmei Zhang, Ruijing Wang, Richard N. Zare. Sprayed water microdroplets containing dissolved pyridine spontaneously generate pyridyl anions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2022. Vol. 119, no. 12.
6. Jae Kyoo Lee, Devleena Samanta, Hong Gil Nam, Richard N. Zare. Spontaneous formation of gold nanostructures in aqueous microdroplets. *Nature Communications.* 2018. Vol. 9.
7. Jae Kyoo Lee, Katherine L. Walker, Hyun Soo Han, Jooyoun Kang, Fritz B. Prinz, Robert M. Waymouth, Hong Gil Nam and Richard N. Zare. Spontaneous generation of hydrogen peroxide from aqueous microdroplets. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 2019. Vol.116, no. 39. P. 19294-19298.
8. Zemlyansky V. M. Calculation of parameters of the Doppler signal of the LDA taking into account the polarization-phase effects of scattering. Kyiv: Vishcha school. Main publishing house, 1987. 177 p.
9. Zemlianskii V. M. A new phase method of measuring particle`s size with laser Doppler system. *Journal of Aerosol Science*. 1996. Vol. 27, suppl. 1. P. S325–S326.
10. C. R. Negus and L. E. Drain. Mie calculations of the scattered light from a spherical particle traversing a fringe pattern produced by two intersecting laser beams. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 1982. Vol. 15. P. 375–402.
11. J. D. Pendleton. Mie and refraction theory comparison for particle sizing with the laser velocimeter. *Applied Optics*. 1982. Vol. 21, issue 4. P. 684–688.
12. Volkov O. E., Zemlianskyi V. M., Gusev M. O. Two-wave coherent-optical method for diagnostics of two-phase aerosol flow. *Materials, Methods & Technologies*. 2024. Vol. 18.

УДК 541.18:541.183

Р.С. Акчурін, В.В. Єфименко, к.т.н
(Національний авіаційний університет, Україна)

Регенерація відпрацьованих моторних олив у присутності карбаміду

Досліджено процес хімічної регенерації використаних моторних олив з використанням карбаміду. Визначено вплив типу відпрацьованих олив, кількості реагенту та тривалості процесу на техніко-експлуатаційні характеристики відновлених моторних олив.

Вплив кількості карбаміду та тривалості процесу регенерації ВМО на експлуатаційні показники регенерованої моторної оливи

Наразі серед численних відомих методів регенерації ВМО без використання агресивних середовищ особливу увагу привертають методи з використанням карбаміду [1,3]. Цей метод передбачає змішування відпрацьованої оливи, що працює в ДВЗ та нагрітої до робочої температури, з певною кількістю водного розчину карбаміду і витримування в таких умовах протягом певного часу.

Карбамід, перебуваючи в оливі, проявляє адсорбційні властивості та поглинає деякі продукти старіння оливи. Однак це також може призвести до додавання додаткової кількості води в оливу, утворення оливної емульсії, закупорки фільтруючих елементів системи оливи ДВЗ і формування осадів на дні картера двигуна [2]. Відпрацьована моторна олива: MOTUL 8100 X-cess gen2 SAE 5W-40.

Таблиця 1.

Вплив кількості карбаміду на експлуатаційні показники регенерованої моторної оливи

Кількість карбаміду, %, мас.	Кислотне число, мг КОН/г	В'язкість, мм^2/с		Індекс в'язкості
		ν_{50}	ν_{100}	
0	2,26	62,54	12,05	108
1	1,14	62,80	12,37	112
3	0,46	63,20	12,60	113
5	0,29	63,50	12,84	114
7	0,29	63,80	12,84	114
9	0,29	64,10	12,84	115
12	0,29	64,40	13,09	116

Таблиця 2.

Вплив тривалості процесу регенерації ВМО карбамідом на експлуатаційні показники регенерованої моторної оливи

Тривалість регенерації, хв.	Кислотне число, мг КОН/г	В'язкість, мм^2/с		Індекс в'язкості
		ν_{50}	ν_{100}	
0	2,26	62,54	12,05	108
30	0,79	62,80	12,40	113
60	0,57	63,30	12,60	114
80	0,29	63,60	12,86	115
100	0,28	63,70	12,84	115
120	0,29	63,70	12,90	116

Відомо, що карбамід успішно використовують у багатьох промислових процесах, зокрема під час вилучення твердих парафінових вуглеводнів з нафтових фракцій. За температури 140 °С і вищої карбамід розкладається з утворенням біорету та аміаку за рівнянням: 2NH2–CO–NH2 → NH2–CO–NH–CO–NH2 + NH3. Продукти термічного розкладу карбаміду здатні взаємодіяти із органічними кислотами та речовинами, що мають кислу основу. В результаті такої взаємодії утворюються нейтральні сполуки з вищою молекулярною масою [2]. Важливим фактором у процесі регенерації є контроль температури та концентрації карбаміду. Надмірна кількість карбаміду або надто тривалий час витримування можуть призвести до зниження ефективності регенерації через утворення вторинних продуктів, що не сприяють очищенню оливи. Тому оптимізація цих параметрів є ключовим завданням для досягнення максимальної ефективності та мінімізації побічних ефектів.

Ще одним аспектом є аналіз екологічності процесу. Використання карбаміду, хоча й менш агресивне порівняно з іншими методами, може створювати певні труднощі в утилізації побічних продуктів. Тому подальші дослідження мають бути спрямовані на удосконалення методу, наприклад, шляхом використання додаткових адсорбентів або каталітичних агентів, які зможуть зменшити кількість відходів і підвищити екологічну безпеку процесу.

Висновки

Зі збільшенням часу та кількості карбаміду, що подається на регенерацію ВМО, зменшується кислотне число (КЧ) та зростають кінематична в'язкість та індекс в'язкості олив. Мінімального значення КЧ досягають протягом 30 хвилин у разі використання 5 % мас. карбаміду. Водночас із подальшим збільшенням кількості реагента від 5 % мас. до 12 % мас. значення КЧ залишається незмінним. А максимальна ефективність орієнтовано досягається за 80 хви

Список літератури

1. Rezk, M. Y.; Allam, N. K. Impact of nanotechnology on enhanced oil recovery: A mini-review. Ind. Eng. Chem. Res. 2019, 58.
2. Bin Dahbag, M. S.; Hassanzadeh, H.; AlQuraishi, A. A.; Benzagouta, M. S. Suitability of ionic solutions as a chemical substance for chemical enhanced oil recovery–A simulation study. Fuel 2019, 242.
3. Onyekachi Ogbonnaya, Fnu Suriamin, Benjamin Shiau, Jeffrey H. Harwell. Enhanced oil recovery formulations for liquid-rich shale reservoirs. Fuel 2024, 368.

UDC 656.71:504.05

M.M. Radomska, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Environmental aspects of resuming civil airport functioning in Ukraine

The analysis of potential environmental issues of restarting civil airports operations was conducted. A disproportionally high effect on local biota and population is an expected problem, calling for the development of preparatory action plans.

Introduction.

The onset of the full-scale war in Ukraine led to decline in many branches of economy, including transport. However, this negative effect was not the same for all modes of transportation and on a timescale it demonstrated dramatic changes.

According to the data from official reports of the Ministry of Infrastructure before 2020 Ukrainian aviation had demonstrated stable increase by 7-10% in all sectors, both domestic and international. The Covid-19 crisis led to major changes in the face of the Ukrainian aviation industry. In particular, market shares and major players on the market have changed and the pan-European trend of the low-cost companies' expansion has progressed to Ukraine as well. This expansion is achieved through the increased frequencies on many routes inside the European continent and by taking over the assets of companies that have gone bankrupt or downsized.

After banning civil aviation flights railroads have picked up cargo and passenger traffic from the air transportation. These have also resulted in shifting environmental effects from civil aviation to rail and road transportation. This, however, wasn't symmetrical change.

From one side, aviation is among the major polluters of the environment and cutting its operation would bring multiple benefits to the environment. From the other side, the general tendency of aviation development over the last 20 years was growing concerns about the need to reduce environmental impacts. Considerable achievements were demonstrated towards the reduction of greenhouse emissions and noise levels mitigation. Rail and road transportation weren't so successful in cutting emissions and other negative environmental externalities. Thus, we observe disproportional increase of the pressure on the environment from railway and road transport, which is higher than the volume produced by the same units of air transportation.

So, the question is what to expect in terms of the effects on the environment if civil air transportation is to resume.

Environmental effects of airports.

In a broad perspective, volumes of transportation, number of flights, type of aircrafts and airport/airlines characteristics will define the intensity of environmental pressure (Greer et al., 2020). But in case of restoring the whole branch the effects are hard to count and predict, since the exact characteristics of airlines are not known and aggregated or expected instead of site specific.

Grampella et al. (2020) have conducted the analysis of the Italian airports and concluded that total airport activities, and fleet characteristics, in particular size and age, are directly related to environmental effects from an airport activity:

- A +1% in movements yields a +1.05% in total environmental effects.
- A +1% in aircraft size gives rise to a +1.8% in total environmental effects.
- A +1% in aircraft age generates a +0.69% in total environmental effects.

Thus, the complete reestablishment of airport operations would definitely lead to a wide range of effects, many of which are predictable. Increasing emissions from aircrafts and ground operations will add to the ambient air pollution, but this will be coupled with the reduction of pollution generated by other modes of transport. At the same time, aviation is a known contributor to greenhouse emissions, calling for revision of the country limitations to meet the state obligations in the field.

Field operations will be re-established and many additional work and renovation are to be conducted to compensate for ageing, wearing and degradation of equipment. The budget and labour investments in renovation and will, in turn, depend on the overall financial situation in post-war country and thus define the fleet structure: lack of budget potential might set restrictions on the type and age of aircrafts, thus, potentially open the way for aged aircrafts, which have high specific emission characteristics. Apart from ground air pollution such old equipment is prone to leakages and other forms of losses, turning into soil and natural water bodies.

Operation of airports is characterized by intensive externalities and population living in close proximity to these facilities have adapted to the levels of their technogenic pressure. As a result, after resuming flight will initiate stress reaction among local population and a period of adaptation to basically new aspects of living environment will follow.

Physical pollution from the airport area is not limited to noise, since electromagnetic fields from civil aviation facilities are among the most serious impacts on the environment. Regulations of this factor cover mostly working area and thus do not account local residents. This should be accounted among the drivers of medical situation at the impact area of airports.

Potential interactions between avian fauna and airports after the restart of operations.

A separate field of concern, often omitted in airport impacts assessment, is biota of the area, in particular, avian fauna.

Birds typically use airfields and neighbouring zones as their forage areas. With the pace and patterns of urbanisation birds are forced to adapt to various artificial facilities, going through the process of synanthropization. Having left their natural habitat they are not able to settle back due to occupation of their niches by competitors in wild. Various researches show that many species seem to be especially drawn to airports and surrounding areas in terms of nesting, foraging, resting and breeding, for reasons that remain understudied and largely speculative (Chen et al., 2021; Castro-Vásquez et al., 2022). For these reasons both birds and aircraft suffer the consequences of additional competition in the airspace, leading not only to potentially negative environmental outcomes, but also economic ones. This problem is mostly considered from the perspective of flights safety and is still poorly covered by both airport management and ornithologists (Cheng et al., 2022; Hu et al., 2020).

Considering the perspectives of flights resume in Ukrainian airports, a more serious problems is raised. The thing is that over the last few years the Ukrainian airfields and adjoining territories were literally free from aircrafts and their noise, thus

turning into attractive and relatively safe habitat. As such they are inhabited now by numerous species, even those which are not usually present at man-made landscapes. So, aircrafts on flight will definitely encounter much bigger density of birds, which increases the risk of collisions and fatalities among birds and damage to passengers and equipment. Moreover, the period of limited illumination, minimal noise and movement at night created favourable conditions for growing density and diversity of urban fauna in general and at the airports area in particular. With such background re-launch of civil aviation will be a serious threat for avian and other population, which have adapted to stable and relatively safe areas of aviation enterprises. If this is combined with environmental pollution from activated airport activity, we expect dramatic decline in number and composition of airport communities to the extent that may threaten their survival.

Conclusions. Bringing civil aviation back to Ukrainian airports is a positive and awaited event. However, it needs careful considerations and assessment of potential environmental issue to be risen. Management of airports must invest efforts in developing preparatory actions to mitigate possible detrimental effects on local population and animal communities.

References

1. Grampella, M., Martini, G., Scotti, D., Tassan, F., & Zambon, G. (2017). Determinants of airports' environmental effects. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 50, 327-344.
2. Greer, F., Rakas, J., & Horvath, A. (2020). Airports and environmental sustainability: a comprehensive review. *Environmental Research Letters*, *15*(10), 103007.
3. Chen, W., Huang, Y., Lu, X., et al. (2021). Estimating number of birds around airport based on avian radar. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 47(8), 1533-1542.
4. Castro-Vásquez, L., Dominguez-Haydar, Y., & Castro-Escobar, E. (2022). Avifauna associated with two fragments of tropical dry forest located near airports in La Guajira – Colombia. International Journal of Life Science Research Archive, 2(2), 106-116.
5. Cheng, L., Wang, X., Xu, Y., Cai, X., Xue., W., Wan, X. (2020). Characteristics of avian diversity and birdstrike prevention and control at Taiyuan Wusu International Airport. Chinese Journal of Ecology, 39(6), 2014-2023.
6. Hu, Y., Xing, P., Yang, F., et. al. (2020). A birdstrike risk assessment model and its application at Ordos Airport, China. Scientific Reports, 10(1), 19627.

УДК 534

Ю.О. Лагода
(Національний авіаційний університет, Україна)

Акустичний вплив безпілотних літальних апаратів на навколишнє середовище

Розвиток технології безпілотних літальних апаратів (БПЛА) спричиняє занепокоєння щодо підвищеного рівня шуму та його впливу на довкілля. Однією з ключових проблем є компроміс між близькістю БПЛА до цілі для отримання точних даних і необхідністю залишатися непомітним через зниження рівня шуму. Рівень шуму сучасних БПЛА варіюється залежно від моделі, а зменшення акустичного сліду стало першочерговим завданням для виробників.

Поява технології БПЛА і перспектива неба, наповненого кружлянням гвинтокрилів, викликали занепокоєння щодо зростання рівня шуму та його впливу на навколишнє середовище, змушуючи виробників БПЛА шукати способи зменшення шумових (акустичних) слідів своїх літальних апаратів.

Так, найдорожчим елементом БПЛА є датчик корисного навантаження [1], що призводить до дилеми, що, хоча БПЛА повинен пролетіти якомога ближче до своєї цілі, щоб отримати якомога більше деталей, у той же час БПЛА повинен бути досить далеко, щоб залишатись непомітним. Тоді постає питання, **наскільки високо повинен пролетіти БПЛА**, щоб його не почули і при цьому дозволити зафіксувати мінімальний рівень деталізації для отримання актуальних даних.

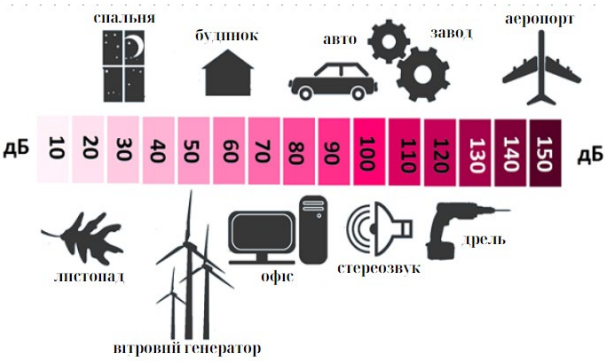


Рис 1. Повсякденні приклади рівнів шуму [2].

Хоча існують обмежені нормативні акти щодо прийнятного рівня шуму, надмірні рівні шуму зазвичай прив’язані до **85 дБ** [3].

БПЛА виробництва DJI мають наступний діапазон акустичних слідів (близький до надмірного рівня шуму 85 дБА).

Таблиця 1.

Моделі DJI	Шум
Mavic Platinum	70 дБ
Spark	74 дБ
Phantom 4 Pro 2.0	76,5 дБ
Mavic Air	76 дБ
Mavic Pro	79 дБ
Phantom 4 Pro	81 дБ

Рівень шуму від цивільних БПЛА [4].

Таблиця 2.

Приклади літальних засобів	На висоті 100 м	Шум
Невеликий дрон із фіксованим крилом	100 м	50 дБ
Великий квадрокоптер	100 м	55 дБ
Літак з нерухомим крилом	100 м	75 дБ
Пілотований вертоліт	100 м	95 дБ

Рівень шуму БПЛА порівняно з пілотованими літками [5].

Однак, шум від БПЛА доречний лише в тій мірі, в якій він **не перевищує** рівнів навколишнього (фонового**)** шуму, щоб уникнути виявлення об'єктами (людьми/тваринами), що цікавлять.

Шум навколишнього середовища, очевидно, відрізняється від **центрального ділового району** до **передмістя** та **сільської** чи **дикої** місцевості, а також від денного до нічного часу. Здатність бути непомітним у будь-якій місцевості є найвищим рівнем пріоритетності.

Розуміння того, на якій відстані має бути БПЛА від цілі, щоб мінімізувати виявлення, вимагає розуміння швидкості, з якою звук зменшується (згасає) з відстанню. Емпіричне правило полягає в тому, що звук зменшується на 6 дБ за кожне подвоєння відстані [6].

БПЛА, наведені в Таблиці 1, в основному спеціалізуються на безшумних конструкціях, використовуючи спеціальні двигуни, гвинт і конструкції корпусу БПЛА, щоб досягти значного зниження шуму до 10 дБ [7].

Водночас, зниження шуму гвинта можна досягти шляхом збільшення діаметра гвинта при зменшенні його швидкості обертання, тим самим зменшуючи швидкість його кінчика лопаті, зберігаючи заданий рівень статичної тяги [8].

Висновки

Зменшення рівня шуму безпілотних літальних апаратів є критично важливим для забезпечення їхньої непомітності, особливо в умовах низького фонового шуму. Сучасні технології дозволяють знизити акустичний слід БПЛА до 10 дБ завдяки використанню спеціальних двигунів, гвинтів і конструкцій корпусу. Збільшення діаметра гвинтів та зменшення швидкості їх обертання також є ефективним способом зниження шуму без втрати тяги.

Список літератури

1. https://www.researchgate.net/publication/362040971_DRONE_POSITIONING_SYSTEMS_THAT_USE_DIGITAL_CAMERAS.
2. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4685462/.
3. https://ec.europa.eu/health/opinions/en/hearing-loss-personal-music-player-mp3/l-3/3-hearing-protection-limits.htm.
4. https://forum.dji.com/thread-308022-1-1.html.
5. https://nextech.online/drone-noise-levels/.
6. https://www.jtc.org/6-db-rule/.
7. https://www.quietdrones.org/files/quiet_drones_2022.pdf.
8. https://www.researchgate.net/publication/335308628_The_reduction_of_quadcopter_propeller_noise.

UDC 531.53:517.938

V. Kovalchuk, PhD
(State University of Infrastructure and Technologies, Ukraine)

Two-dimensional numerical simulations of Hopf bifurcations for pendulum systems

This article examines the approach to predicting the dynamic behavior of pendulum systems when essential parameters change. Analytical and numerical methods are used to study flutter bifurcations of an inverted pendulum with a follower force. The proposed method demonstrates higher accuracy when calculating the limit cycle.

Mathematical modeling of the pendulum system with a follower force

Pendulum systems are classic models of theoretical mechanics and nonlinear theory of oscillations, the study of which allows us to identify many important nonlinear dynamic effects. In various modern branches of applied mechanics, such systems are used as an effective models for various processes and structural elements. We observe the practical use of pendulum systems in many technical and transport vehicles. In particular, in the technique for solving problems related to stability of movement and unwanted oscillations, pendulum extinguishers are used.

In the current transport industry, a lot of attention is paid to the design and research of high-speed vehicles. In particular, the demand for faster vertical-lift air vehicles is growing [1]. Accordingly, the development and improvement of propeller-driven aircraft require additional research into the features of dynamic instability, which may arise as a result of the interaction between additional inertial, elastic, and aerodynamic loads.

It was found experimentally that when the variable (control) parameters of the relevant systems exceed the critical values that determine the limit of stability, such an undesirable phenomenon as vortex flutter may occur. As a result of this phenomenon, aeroelastic systems recover more slowly to equilibrium after disturbances [1].

Modeling and prediction of the boundary of the stability region corresponding to flutter bifurcations is of great importance for rational design and improvement of the object being studied (a structural element of a vehicle, for example).

Analytical and numerical simulations are important for the study of flutter and other features of the behavior of dynamic systems and, in particular, for global bifurcation studies of the influence of essential parameters of these systems [2].

This work is devoted to the study of Hopf bifurcations in the phase space of an inverted double pendulum with a follower force. This force can be considered imperfect in the sense that the direction of its action does not coincide with the axis of the second (upper) link of the pendulum. This approach is considered in [3], where the influence of the system parameters on the value of the critical load is analyzed and it is shown that near the boundary of the domain of flutter instability, the value of the critical load can be increased by reducing the stiffness of the hinge at the point of attachment of the pendulum.

This study uses Hopf's theory of bifurcations, which is an important tool for studying the dynamics of nonlinear systems. The application of this theory makes it

possible to analyze in detail the stability of solutions differential equations and system behaviour with successive changes in the values of essential parameters.

The investigated pendulum has two degrees of freedom. The differential equations of the perturbed motion of the pendulum in the normal Cauchy form can be written in the form:

$$x_1' = x_2,$$
$$x_2' = F_2\left(x_1, x_2, x_3, x_4\right),$$
$$x_3' = x_4,$$
$$x_4' = F_4\left(x_1, x_2, x_3, x_4\right).$$

Here $x_1 = \varphi_1$, $x_2 = \varphi_1'$, $x_3 = \varphi_2$, $x_4 = \varphi_2'$ – the state variables of the studied mechanical system.

Numerical analysis of the domain of stability of a double pendulum

Integration of the indicated equations can be carried out using the Maple application package. Numerical modeling of phase portraits in the MATLAB environment shows that qualitative changes in the dynamic behavior of the system occur when the essential parameters of the pendulum change. In particular, Hopf bifurcations are observed when crossing the boundary of the stability region, which corresponds to a pair of purely imaginary roots of the characteristic equation.

It is shown that in the critical case of one pair of purely imaginary roots of the characteristic level, the boundary of the stability region can be described by the equation:

$$A \cdot P^2 + 2B \cdot P \cdot c + C \cdot c^2 + 2D \cdot P + 2E \cdot c + F = 0. \quad (1)$$

Here P and c – system parameters that we consider essential. At the same time, P is the module of the follower force applied to the upper end of the investigated inverted pendulum. The second parameter is c – the stiffness coefficient of the elastic fastening of the upper end of the pendulum.

When carrying out numerical calculations, the transition to dimensionless quantities was made. To do this, we take the parameters of the lower link of the pendulum as basic parameters: m_1 (mass, kg), l_1 (length, m), c_1 (rigidity of elastic fastening, N·m). All other system parameters are related to the specified ones. In particular, for essential parameters we have:

$$\overline{P} = P \cdot \frac{l_1}{c_1}, \quad \overline{c} = c \cdot \frac{l_1^2}{c_1}.$$

The character of the line described by equation (1) is determined by the discriminant of the senior terms of the equation, i.e., the value of δ:

$$\delta = \begin{vmatrix} A & B \\ B & C \end{vmatrix}.$$

Numerical simulations of the division of the first quadrant of the plane of essential parameters ($c > 0$, $P > 0$) into domains with different characteristics of stability of the vertical equilibrium position of the pendulum were carried out. It is shown that at different values of the tracking force asymmetry parameters, the boundaries of the stability region are elliptical and hyperbolic lines. When the imaging point of the system passes through these lines, Hopf bifurcations occur. The corresponding stable and unstable limit cycles can be constructed using MATLAB tools. During the research, the influence of the orientation parameters of the follower force on the configuration and stability of the limit cycles was analyzed.

Conclusions

Hopf bifurcations occurring in the phase space of a dynamic system simulating an inverted double pendulum with a tracking force are considered. Numerical modeling by means of Maple and MATLAB application programs was used to study areas of system stability. Qualitative changes observed in the dynamic behavior of the system after Hopf bifurcations are analyzed.

References

1. Gali, S. V., Goehmann, T. G., & Riso, C. (2023). Fundamental investigation into output-based prediction of whirl flutter bifurcations. *Journal of Fluids and Structures*, *123*, 103986.
2. Wu, X., Li, G., & Yue, Y. (2024). Effect of Hopf-Hopf bifurcation on the post-flutter behavior of a three-degree-of-freedom airfoil. *Aerospace Science and Technology*, 109525.
3. Puzyrov, V., Awrejcewicz, J., Losyeva, N., & Savchenko, N. (2022). On the stability of the equilibrium of the double pendulum with follower force: Some new results. *Journal of Sound and Vibration*, *523*, 116699.

UDC 629.73.064

O.S. Kobtsev, A.S. Seleznova, K.V. Maiorova
(National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Ukraine)

Prospects for orbital and interorbital development UAV

Perspectives and use of orbital and inter-orbital are considered unmanned aircraft for military, environmental and research development purposes.

I suggest to your attention the method of launching orbital and inter-orbital drones, which is carried out at the expense of the Falcon Heavy reusable rocket, which launches two UAVs into the orbit of the planet.

A useful model of the launch method belongs to the field of rocket and space technology, namely to space transport systems and the main blocks of the rocket, designed to launch various space objects into working orbits - UAVs.

The launch of the UAV takes place at the expense of the reusable Falcon rocket Heavy, which launches two UAVs into the orbit of the planet. In the middle of the main block of the rocket, a beam-truss structure is installed for hanging the joint assembly on which two UAVs will be fixed. After that, the stage compartment of the rocket opens, and the UAV with complex interchangeable boom-like wings takes off and unfolds its wings, which will have built-in solar panels, radio antennas and batteries for additional backup power for photo and video equipment. After that, the Falcon missile carrier Heavy on the third turn of the planet flies to the airstrip. Thanks to the satellite network control, the UAV will be able to quickly and efficiently transmit information to NASA's Central Command Center, video and photo materials, as well as receive tasks and a route for independent work.

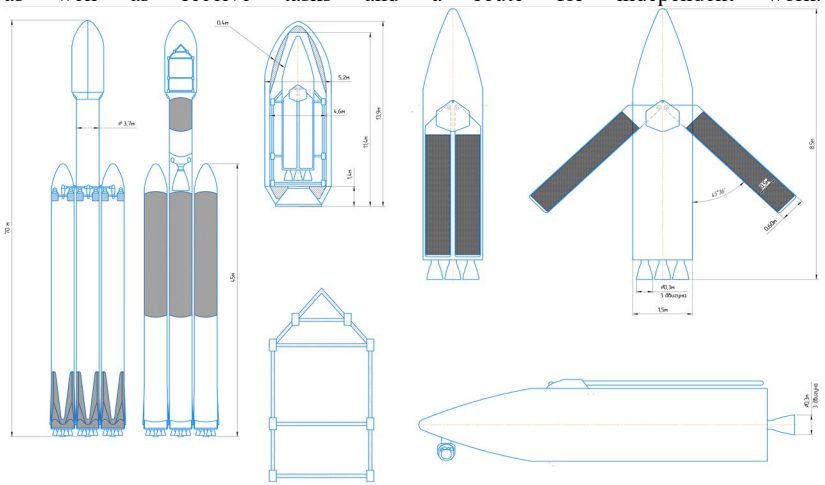


Fig.1. Method of launching orbital and interorbital drones

Orbital strike-combat UAVs are designed and used to strike enemy satellites to destroy communication and data transmission to Earth, and strike-combat UAVs can also be used to destroy or change the flight course of medium and small asteroids.

Thanks to the missile carrier, which will release the second stage of the missile and subsequently the main fairing, it will be opened and separated from the main unit in the middle, which will be fixed and placed two strike -combat UAVs. Which in the future will be separated from the docking station and launched due to gas rudders and three liquid-fuel jet engines to target and destroy enemy satellites or asteroids flying to the Earth's orbit.

The estimated worldwide total number of asteroids currently exceeds 1 million large and small asteroids that are flying chaotically throughout the galaxies. Astronomers of the planet, following the outer space, report the NASA Planetary Defense Coordination Office. About new asteroid threats to our planet. If there is a risk of collision with the planet, NASA warns all the countries of the planet about it.

The main asteroid threat to our planet is the asteroid Apophis, the approximate length of which is (325 - 450 meters), the shape of the asteroid resembles a peanut. When Apophis enters our Earth's gravitational field in 2029 and passes near our orbit and satellites, strong seismic shocks may occur on the asteroid, and what they will lead to is not known. The repeated maximum approach to our planet by the asteroid Apophis will take place in 2036. What can lead to the situation when Apophis will be attracted by the Earth's gravitational field to the dense layers of the atmosphere. Oriented square Apophis fall, the Pacific Ocean between California and Hawaii, this fall will produce a 100-foot (30 m) tsunami and blast wave that will destroy the west coast of North America and Hawaii. Such a fall can lead to a shift of tectonic plates. This can be prevented, thanks to strike -combat orbital drones, which can place nuclear charges inside themselves, for the complete destruction of large asteroids.

Thanks to the conical nose part of the UAV, a shrapnel-Torpex or shrapnel-Torpex charge with a contact detonator was placed for accurate and complete destruction of the space object. For backup detonation, a radio electrodetonator is installed, which will detonate the warhead by a radio signal from the Earth or a satellite that is at the closest distance to the UAV.

This implementation of the arrangement of strike -combat orbital drones increases the productivity of destruction of space objects and reduces the cost of flying UAVs in orbit, as well as the possibility of creating orbital protection of the Earth from space objects of the UFO type.

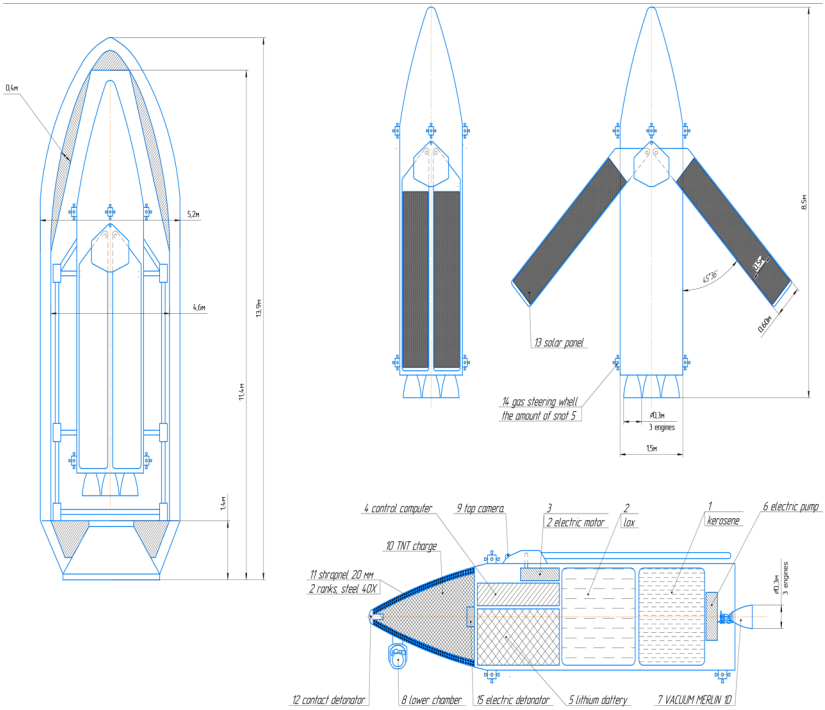


Fig.2. Layout of a combat UAV

It is also possible to configure interorbital UAVs on atomic pulse engines, which will be equipped with an atomic solid-phase pulse engine with a nuclear reactor on board, which will provide enormous energy to reach a speed of 2-3 thousand meters per second, as reported by NASA. Interorbital UAVs will explore and scan the orbits of the Earth, Mars, Venus and many other planets of the Solar System. Due to its low cost and ease of start-up, this project will be commercially cheap and quickly implemented. The power plant is one of the most important systems of spacecraft. The energy produced by the power plant is used to power the spacecraft motion control system, propulsion system automation, spacecraft orientation and stabilization engines, radio communication and telemetry systems, instrument compartments, life support systems, etc. The technologies for obtaining electricity in space vehicles have developed successively from a conventional battery, solar batteries, radioisotope generators to electrochemical generators with hydrogen-oxygen fuel cells.

The space perspective of the development of unmanned orbital cleaners (UNROS) consists in placing x-shaped telescopic masts with fine-mesh fishing nets for catching small space debris. It is also possible to arrange and place spring-pneumatic harpoons with kapron ropes and winches for capturing satellites.

After catching space, orbital debris, the UAV is directed along a special trajectory to the east from the orbit, for the combustion of the UAV with space debris in the dense layers of the atmosphere.

Thanks to these structural arrangements, it is possible to completely clean the orbit from space debris to improve the environmental situation in space.

References

1. COSMOS/M: Finite Element Analysis System. COSMOS/M Basic System User's Guide. USA, CA, LA, SRAC, 2002. 222 p.
2. Pogudin, A. V. Overview of characteristics and methods of creating a group of small space apparatuses [Text] / A. V. Pogudin, C. N. Gubin // Open information and computer integrated technologies: coll. science tr. / Ministry of Education and Science of Ukraine, National aerospace University named after N. E. Zhukovsky "HAI". – Kharkov, 2017. – Issue 75. – pp. 57–66.
3. Daniev, Yu. F. Spacecraft. Purpose, structure and basic stages of creation: учеб. a manual for engineering students. special University [Text] / Yu. F. Daniev [and others] ; Under the municipality ed. A. N. Petrenko.– Dnipropetrovsk: Sistemnye tehnologii, 2005.– 124 p.
4. Lev, DR Heated Gas Propulsion System Conceptual Design for the SAMSON Nano-Satellite (Propulsion) [Text] / DR Lev, J. Herscovitz, D. Kariv, I. Mizrachi //J. Small Satellites. - 2017. - Vol. 6, No. 1. - P. 551-564.
5. Parker, KI State-of-the-Art for Small Satellite Propulsion Systems [Electronic resource] / KI Parker. – Access mode: https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160010571.pdf. - 1.06. 2018 .
6. Rhodes, Brandie L. Satellite Fuel Estimation Algorithm and Application to the Defense Satellite Communication System III (DSCS III) [Electronic resource] / Brandie L. Rhodes, Mark J. Mueller. - Access mode: https://doi.org/10.2514/6.2015-4150 - June 1, 2018.
7. Mukund R. Patel, Spacecraft power systems / R. Patel Mukund - New York, Washington DC: CRC Press, Boca Raton. -2008. - 734 p.

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

К. І. Кажан, к.т.н.,
М. І. Шишова,
(Національний авіаційний університет, Україна)

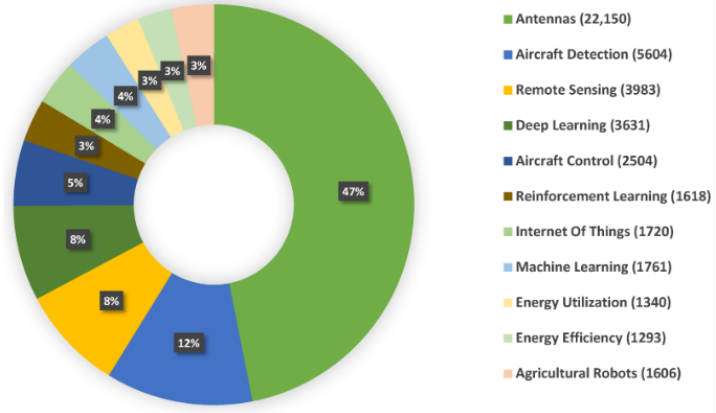
Інновації в безпілотних авіаційних перевезеннях

Пропонується оцінити, як за останні роки, сучасні інноваційні технології сприймаються суспільством. Проведений аналіз поширення безпілотних авіаперевезень враховуючи різні компоненти систем та їх вплив на екологічну систему.

Все частіше можна спостерігати інтерес та нові тенденції безпілотників. В теперішні дрони впроваджують не лише автономні функції, а й додають нові алгоритми штучного інтелекту (ШІ), що роблять їх все більш незалежними від людського втручання. Це привертає увагу та дозволяє пришвидшити прогрес в багатьох секторах, змінюючи інструменти в бізнес-процесах та розкриття зовсім інших можливостей/рішень.

Які тенденції у сфері безпілотних літальних апаратів (БПЛА) за період з 2020 – 2023 рік, використовуючи базу даних Scopus, можна побачити на малюнку 1. Цей всебічний аналіз дозволяє отримати зведену інформацію про актуальний стан досліджень БПЛА і підкреслює найперспективніші напрями для майбутніх розробок [1].

Малюнок 1. Поширення напрямків досліджень БПЛА привернуло значну увагу протягом останніх трьох років.



Як можемо спостерігати БПЛА мають широкий спектр застосування і це має свій вплив на екологічну систему. А саме: зниження викидів вуглекисного газу, за рахунок меншого споживання пального. Тобто це говорить про те, що можна зменшити негативний вплив на екологію суттєво

інтегруючи в існуючі системи, а найголовніше, що можливе суттєве покращення для екологічної безпеки. Згідно з даними IBM, до 2025 року 77% компаній, які прагнуть до стійкої трансформації, використовуватимуть автоматизацію на основі штучного інтелекту у своїх процесах.

Кілька ключових ідей, де можуть бути використані технології БПЛА, що покращують управління в аспекті навколишнього середовища [2]:

- скорочують час на обстеження для наземного моніторингу;
- швидка передача даних та її аналіз у реальному часі, що дає можливість безперешкодно реагувати на зміни в екосистемах;
- мінімізують вплив на довкілля, завдяки отриманню інфорації без втручання в середовище флори та фауни чи у інших важкодоступних місцях, для різноманітних питань, в порівнянні з традиційними підходами;
- дрони відкривають нові горизонти для наукових досліджень і впровадження сталих рішень у сфері управління природними ресурсами.

Інновації в безпілотних авіаційних перевезеннях, розширюють можливості охорони природи, роблячи ці процеси доступнішими й дієвішими для всіх.

Розглянемо приклад з Філіпін [3]. У квітні 2019 року острів Лусон на Філіппінах зазнав землетрусу магнітудою 6,1, внаслідок чого більше 200 людей отримали травми, а 18 загинули.

Філіппіни розташовані уздовж «Вогняного поясу», великої області в Тихому океані, відомої своєю сейсмічною активністю. У такі моменти телекомунікаційні мережі країни стають нестабільними і, разом зі складним рельєфом, ускладнюють розгортання ресурсів для реагування на надзвичайні ситуації. Однак інноваційні технології, зокрема безпілотні літальні апарати (БПЛА), можуть стати потужним інструментом для пришвидшення оцінки наслідків стихійних лих.

БПЛА можуть допомагати у моніторингу дорожніх умов, участі в пошуково-рятувальних операціях, а також виступати як альтернативний засіб транспортування різних корисних вантажів, включаючи сенсорні системи для збору інформації. Зокрема, проект «Безпілотні літальні апарати для подолання наслідків стихійних лих» під керівництвом Товариства Інтернету Філіппін демонструє, як дрони можуть бути використані для координації пошуково-рятувальних робіт та оперативного реагування.

Цей проект, підтриманий Фондом Товариства Інтернету та його програмою Beyond Clean Grants, розробляє нові можливості та методи використання дронів для моніторингу навколишнього середовища і реагування на стихійні лиха. Використання БПЛА в таких критичних ситуаціях свідчить про те, що технологічні інновації в безпілотних авіаційних перевезеннях можуть значно полегшити процеси реагування на надзвичайні ситуації та покращити захист населення.

Висновок: безпілотні авіаційні перевезення стрімко набирають за останній час інтерес та попит, надаючи нові рішення та можливості в різних секторах. Безпілотники активно використовуються не лише в логістиці для доставки вантажів, моніторингу інфраструктури, аграрному секторі, а також в медичних перевезеннях. Наприклад, дрони можуть забезпечувати швидку доставку медикаментів у віддалені та важкодоступні райони, що є особливо важливим під час надзвичайних ситуацій. Це й зниження викидів у атмосферу $CO2$ у порівнянні з традиційними вантажними автомобілями або літаками, мінімізуючи негативний вплив; проведення екологічних оцінок, як моніторинг. Отже, інновації в безпілотних авіаційних перевезеннях є дійсно важливими аспектом.

Список літератури

1. Singh, Manjeet, Liu Han, and Sayan Sen. "Complex Systems Modelling: A Framework for Ecological Risk Assessment." *Systems* 11, no. 8 (2023): 400. https://doi.org/10.3390/systems11080400
2. "How Drone Technology Can Improve Environmental Management and What Role Do Drones Play in Protecting the Environment." *ResearchGate*. Accessed September 9, 2024. https://www.researchgate.net/post/How_drone_technology_can_improve_environmental_management_and_what_role_do_drones_play_in_protecting_the_environment
3. Internet Society Foundation. "Testing Drones for Post-Disaster Operations in the Philippines." *Internet Society Foundation*, 2023. https://www.isocfoundation.org/story/testing-drones-for-post-disaster-operations-in-the-philippines/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwufq2BhAmEiwAnZqw8gXJi9ffW1s51Y3CmEjX0G3kHF-qmaA1cNLZSdgrelB779vjyVdtshoCCHcQAvD_BwE.

UDC 656.71: 504.75 (043.2)

K.I. Kazhan[1], PhD, V.M. Makarenko[1], PhD, V.I. Tokarev[1], DSc,
O.I. Zaporozhets[2], DSc, A Chyla[3], PhD
[1](National Aviation University, Ukraine)
[2](Warsaw Institute of Aviation, Poland)
[3](NOISE, Poland)

Aviation Noise Prediction during Hybrid Aircraft Operations: Developing Scenarios

This paper presents a methodology for the development of operational scenarios for hybrid aircraft with a focus on noise prediction. The methodology provides three levels of research for overall analysis: aircraft level, airport level, and fleet level.

Introduction

Introducing hybrid aircraft offers new opportunities for sustainable aviation development [1]. To meet the ambitious emission reduction targets at European and global levels, developing novel types of aircraft – especially hybrid aircraft – could be the key to minimize aviation's footprint [2]. Targeted at reducing emissions, new H&E aircraft must comply with the latest ICAO noise certification standards and follow the trend of lowering the noise of conventional aircraft. Even with reduced noise from single aircraft operations, increasing air traffic poses additional challenges for noise management, especially in populated areas around airports. This paper presents a methodology for developing operational scenarios for hybrid aircraft with a focus on noise prediction. The goal is to understand how new technologies and increasing traffic will impact the quality of life for people living around airports.

Methodology

The goal is to understand how new technologies and increasing traffic will impact the quality of life for people living around airports. This goal could be achieved in a complex way only because of its range of input parameters and interdependencies. To assess the acoustic efficiency of the new hybrid aircraft, a three-level logic for scenario development is proposed (see Fig. 1):

1) the individual aircraft level (take-off and landing operations);

2) the airport level (analysis for a typical/generic airport scenario), and…

3) the contribution to global environmental impact reduction. For each of these levels, it is necessary to select evaluation criteria, define the level of detail of the input data, and assess potential interdependencies with aircraft engine emissions.

At this stage, work on developing the optimal hybrid aircraft continues. However, basic scenarios for noise pollution prediction have been completed.

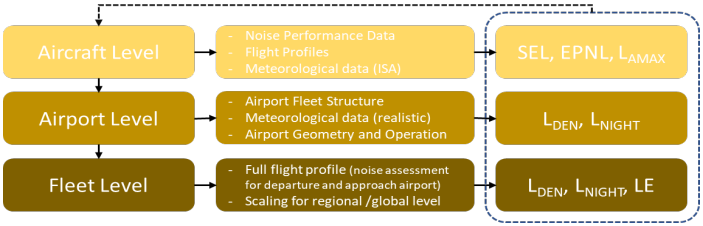


Fig. 1. Tree-level approach for noise forecasting of the novel aircraft

Baseline scarious for aircraft level

At the aircraft level, modeling of a typical flight profile of a hybrid aircraft was performed, and a comparison was shown with a conventional aircraft using a flight profile generated according to the same algorithm. Additionally, a comparison was included with conventional aircraft and standard flight profiles from the ANP database. The ATR76 was selected as the representative aircraft type, as it is the closest in terms of flight performance characteristics to the hybrid aircraft being developed in the ECAFA project. To assess acoustic performance at the aircraft level, the following criteria were selected in addition to SEL and L_{AMAX}: EPNL noise levels and equal noise contours of EPNL (Fig.1). Thus, the following flight profiles were investigated:

1) Standard ANP Approach and Departure (STANDARD),
2) User Conventional Aircraft Approach and Departure (UCON), and
3) User Hybrid Aircraft Approach and Departure (UHYBRID).

The approach for modeling user profiles was implemented as described in the paper [3]. The calculated profiles with a 1-second time step were filtered using the Douglas-Peucker algorithm with altitude and thrust filters for more complex segments (fig.2). The differences among the main profiles are illustrated in figure 3: (a) for departure and (b) for approach.

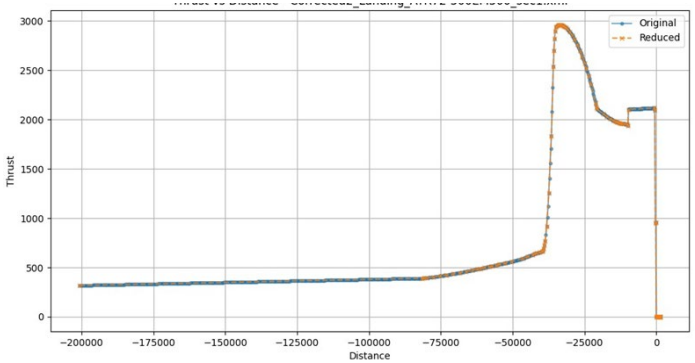
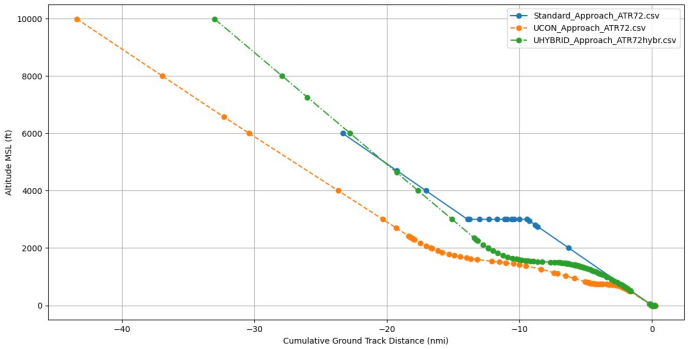
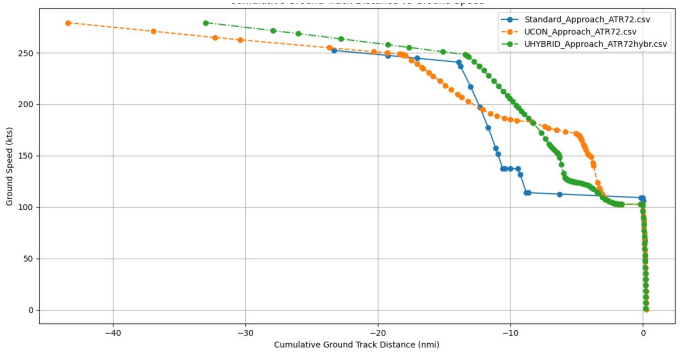


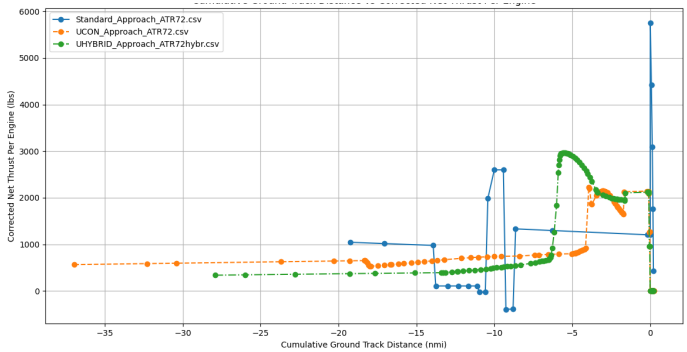
Fig. 2. Comparison of filtered (orange) and non-filtered (blue) flight profile data: Thrust vs Distance for user profile (UCON)



a)



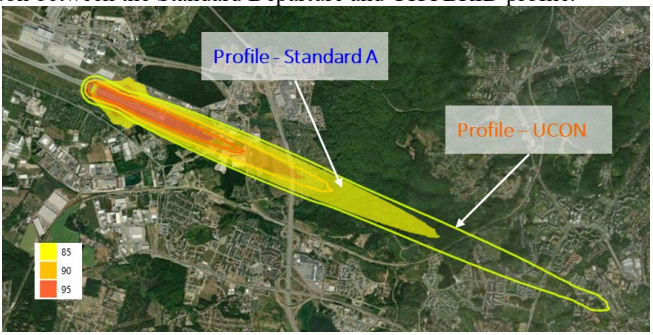
b)



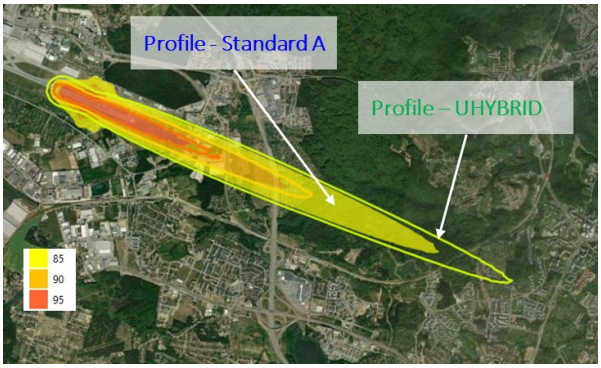
c)

Fig. 3. Comparison of Approach Profiles: a) altitude; b) ground speed; c) corrected net thrust per engine: STANDARD (blue); UCON (orange) and UHYBRID (green)

The results of noise modeling obtained using the AEDT 3e model for EPNL noise contours are shown in Fig. 4: (a) comparison of noise contours for the Standard Approach and UCON profile, (b) comparison for the Standard Approach and UHYBRID profile. The noise modeling results for EPNL noise contours during the departure phase are presented in Fig. 5: (a) shows the comparison of noise contours between the Standard Departure and UCON profile, and (b) illustrates the comparison between the Standard Departure and UHYBRID profile.



a)



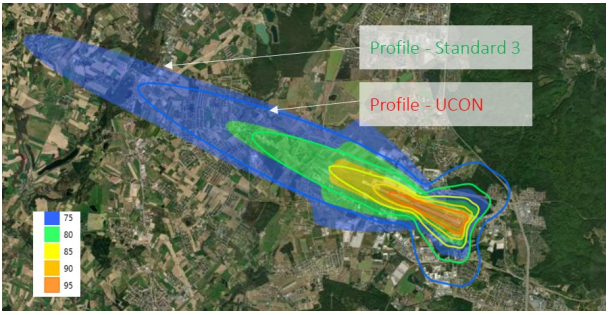
b)

Fig. 4. Comparison of noise contours for a single approach: a) STANDARD and UCON approaches; b) STANDARD and UHYBRID approaches

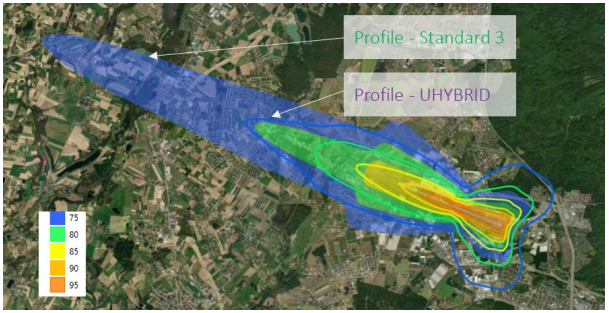
Conclusions

This study presents a comprehensive approach for evaluating the acoustic performance of hybrid aircraft through scenario-based noise prediction methodologies. By applying a three-level analysis—individual aircraft operations, airport level, and global environmental impact—the study highlights the acoustic characteristics of hybrid aircraft compared to conventional aircraft. At the aircraft level, noise modeling results indicate that hybrid aircraft perform favorably during takeoff compared to standard takeoff profiles of conventional aircraft, showing

reduced noise levels. However, the results for the landing phase are less clear-cut: the noise contours for hybrid aircraft in the 85-95 EPNLdB range are larger in area compared to those of conventional aircraft (both standard and user profiles). This suggests that while hybrid aircraft offer significant noise reduction benefits during takeoff, the landing stage requires further optimization to achieve comparable or better acoustic performance.



a)



b)

Fig. 5. Comparison of noise contours for a single departure: a) STANDARD and UCON departures; b) STANDARD and UHYBRID departures

References

1. Pretto M., Giannattasio P., De Gennaro M., Zanon A., Kuehnelt H. Forecasts of future scenarios for airport noise based on collection and processing of web data. European Transport Research Review, 2020. – 12:4. – 14 p.

2. De Gennaro M., Pretto M., Kuehnelt H., Zanon A. Predicting the effect of electric and hybrid-electric powertrains on airport noise. Journal of Sustainable Aviation, 2020. – 4:1. – 18 p.

3. Zaporozhets, O., Makarenko, V., Tokarev, V., Kazhan, K., Synylo, K. (2023). Modelling the noise characteristics of a regional turboprop hybrid-electric aircraft. International Symposium on Electric Aviation and Autonomous Systems. Warsaw. Available at: https://2023.iseasci.org

УДК 504

Л.М. Черняк[1], к.т.н., Томаш Манєцкі[2], д.х.н.,
О.М. Міхєєв[1], д.б.н., Т.І. Дмитруха[1], к.т.н.,
О.В. Лапань[1], PhD з біології
([1]Національний авіаційний університет, Україна,
[2]Лодзинських технічний університет, Польща)

Оцінка впливу діяльності аеропортів на стан ґрунту

Авторами розглянуто проблему впливу діяльності аеропортів на екологічний стан ґрунту. Досліджено залежність індексу фітотоксичності ґрунту в зоні впливу аеропорту від відстані до аеропорту

Aerodynamic diagnostics system

На сучасному етапі розвитку цивільної авіації питання забезпечення екологічної безпеки авіапідприємств, зокрема аеропортів, є актуальними і такими, що потребують пошуку сучасних методів та засобів контролю за станом довкілля на територіях даних підприємств. Законом України „Про охорону навколишнього природного середовища" (ст.20, 22) передбачено створення державної системи моніторингу довкілля та проведення спостережень за рівнем забруднення навколишнього природного середовища та його станом. Виконання функцій щодо моніторингу покладено на Міндовкілля та інші центральні органи виконавчої влади, що є суб'єктами державної системи моніторингу довкілля, а також установи, підприємства та організації, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану довкілля [1]. Аеропорти належать до таких підприємств і на сьогодні на даних підприємствах здійснюється моніторинг впливу діяльності даних підприємств на атмосферне повітря та якісні показники стічних вод. Але, не є поширеною практика здійснюється моніторинг екологічного стану ґрунту на території аеропортів та на прилеглих територіях. Що, у свою чергу негативно впливає на рівень екологічної безпеки даних підприємств цивільної авіації. Оскільки для аеропортів є характерним хімічний вплив на усі компоненти довкілля. Серед інших компонентів довкілля ґрунти є менш динамічною системою та мають здатність до накопичення хімічних забруднень, що негативно впливає на їх екологічний стан та здатність до самовідновлення.

З метою визначення впливу діяльності аеропорту на екологічний стан ґрунту нами було відібрано проби на різній відстані від злітно-посадкової смуги (50 м, 500 м, 1000 м, 1500 м, 2000 м та контрольний зразок ґрунту) «конверту» і визначено за стандартною методикою фітотоксичний ефект (рис. 1-2).

Дослідження передбачали розміщення відповідної кількості в чашках Петрі на фільтрувальному папері, полив відстояною водою та пророщування за температури 22 °С. На третю добу пророщування було виміряно морфологічні характеристики проростків рослин та розраховано фітотоксичний ефект.

Для розрахунку фітотоксичного ефекту було використано результати вимірювання морфологічних характеристики рослин *Allium cepa* (довжина

кореня проростків та довжина стебла, у % по відношенню до контролю) при біотестуванні відібраних проб ґрунту за ростовим тестом.

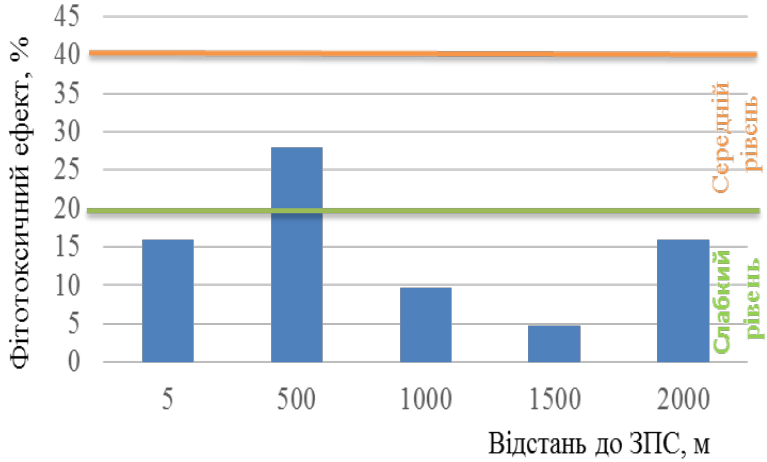


Рис. 1. Залежність фітотоксичного ефекту (за довжиною кореня *Allium cepa)* від відстані до ЗПС

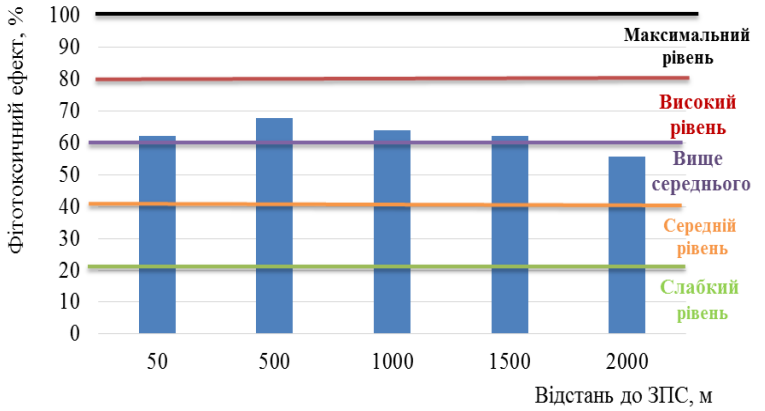


Рис. 2. Залежність фітотоксичного ефекту (за довжиною стебла *Allium cepa)* від відстані до ЗПС

Порівнянням отриманих даних зі стандартною шкалою табл. 1 рівнів фітотоксичного ефекту [2] встановлено високий рівень фіто токсичності для чотирьох проб ґрунту, відібраних на відстані 50 м, 500 м, 1000 м та 1500 м за довжиною стебла тест-рослини.

Таблиця 1

Шкала оцінювання рівнів токсичності ґрунту

Рівень пригнічення ростових процесів, ФЕ, %	Рівень токсичності
0–20	токсичність відсутня або її рівень слабкий
20,1–40	середній
40,1–60	вищий за середній
60,1–80	високий
80,1–100	максимальний

Висновок. У результаті аналізу отриманих даних із визначення фітотоксичного ефекту для проб ґрунту відібраних на різній відстані від злітно-посадкової смуги аеропорту ми можемо зробити висновок про необхідність впровадження системи екологічного моніторингу для ґрунту у зоні впливу даних авіапідприємств.

Список літератури

1. https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichnyj-monitoryng-dovkillya/ [електронний ресурс].
2. Олена Стаднічук. Біоіндикаційне оцінювання токсичності ґрунтів у зоні впливу військової діяльності. Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Хімічні науки. 24 (273), 2013. – 37-42 С.

UDC 504.054

K.V. Synylo, A.I.Krupko
(National Aviation University, Ukraine)

Local air quality studies at Dallas International Airport for Seneca project

*The primary goal of SENECA (LTO noi**S**e and **E**missio**N**s of sup**E**rsoni**C** **A**ircraft) project is to provide a basis for decision making of environmentally friendly supersonic aircraft design taken into account the detailed modelling of the emissions, the LTO noise and the local/global environmental impacts. One of the task of SeNeCa project to perform local air quality tasks for designed SST aircraft. For this purpose, the results of Environment Impact Assessment at Dulles International Airport (DIA) for Concorde were used as reference case.*

Concorde Air Quality Monitoring and Analysis Program at US Airports

The experimental investigation was organized at DIA by FAA to test supersonic airplane CONCORD for compliance to air quality requirements as part of Environment Impact Assessment. The air quality monitoring program at DIA to aim the comparisons of ambient concentration with those predicted from published emission indices and model estimates of area of Concorde operations influence based on these results. A two-phase program was used to determine the effect of Concorde emissions on populated areas at and near the Dulles Airport. The first phase was concerned with establishing the impact of the airport (and Concorde) emissions on the surrounding vicinity. The second phase was designed to detect the emissions from single aircraft (started, taxied and took off) before they were diluted sufficiently to become lost in the ambient background.

Six air quality stations and three vertical towers were employed for background and single - event measurements. Background measurements were performed at two main stations; one measuring the airport background and the other measuring the community background. All major pollutants (carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO), nitrogen dioxide (NO2), ozone (O3) and particulates), as well as wind direction and speed were measured continuously at these locations. The distance from the taxiing aircraft source at which these emissions blend into the background outlines the "area of influence" of Concorde emissions (conceptually indicated in Fig. 1) [1, 2].

Single-event measurements were used to define the Concorde influence area referred to in Fig.1, and to provide the detailed data for background - pollution analysis. The measurement procedure was to place the monitoring stations downwind of the Concorde movement path and measure the dispersion of the emission plume as it was transported by the wind over these stations. Major emphasis was placed upon monitoring the jet exhaust emissions from a taxiing or taking off aircraft. *Carbon monoxide (CO)* was the "tracer" measured for taxi and engine start idle emissions. *Nitrogen oxides* (*NOx)* was the "tracer" for take-off emissions. Vertical pollution measurements were made at five elevations on three vertical towers. The air quality data consists of the following data sets [3, 4]:

• “Single Event” aircraft CO emissions during taxi (*St.№4, St.№5, St.№10, St.№11*)

• “Single Event” aircraft NOx emissions during take-off (*St.№12, St.№13, St.№14*)

• Multipoint three-tower measurements of CO emissions for taxi (*St.№20T, St.№21T, St.№22T, St.№27T, St.№28TT, St.№29TT, St.№30TT, St.№31TT*).

The locations of the monitoring sites at the airport are shown in Fig. 1.

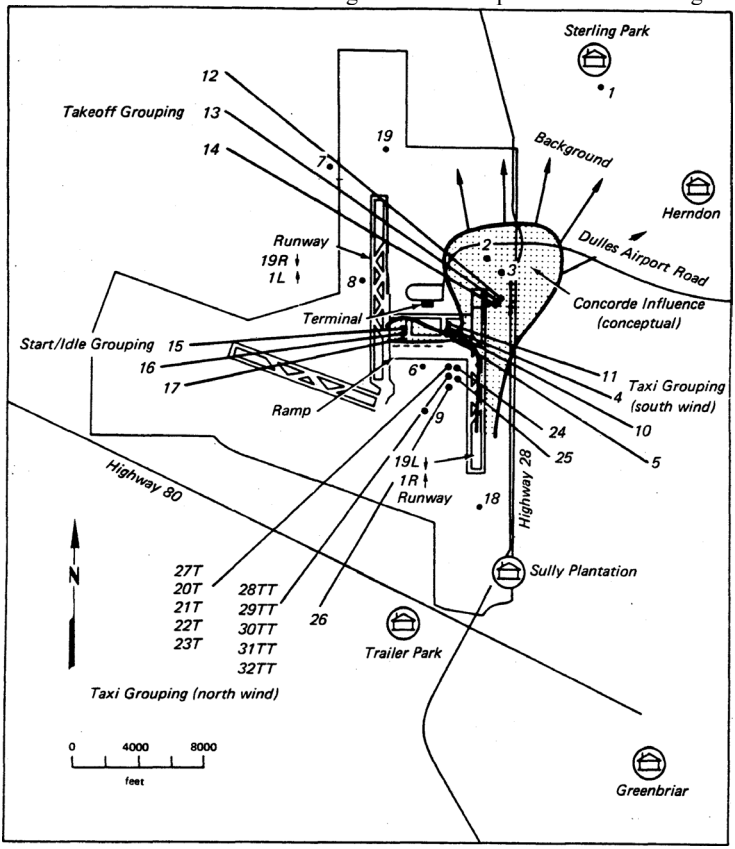


Fig.1.The locations of the monitoring sites at the airport

A major consideration for monitoring site selection was the traffic pattern at the airport. Most commercial aircraft do not operate in the vicinity of the terminal, but rather position themselves at the jet ramp, which is located 2,300 ft south of the terminal. Airplanes move around this ramp in a clockwise direction. For south-wind operations, which are predominant during the summer months, the airplanes usually

proceed from the ramp to takeoff runway 19-left (Fig.1), which ensures the shortest possible taxi distance. For north-wind operation, airplanes proceed from the ramp to runway 1-left, fig.1 [1].

Ground measurements of instantaneous maximum concentrations were conducted at three stations №4, №5, №11 to determine emissions dispersion from aircraft engine at taxi mode, fig.2.

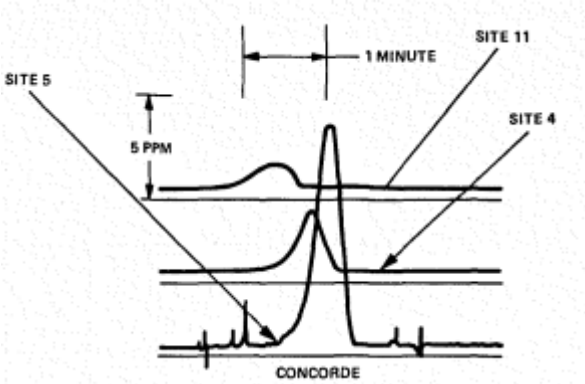


Fig.2. Characteristic plot of CO concentration during taxi

Comparison modelling and measurement results for taxing conditions

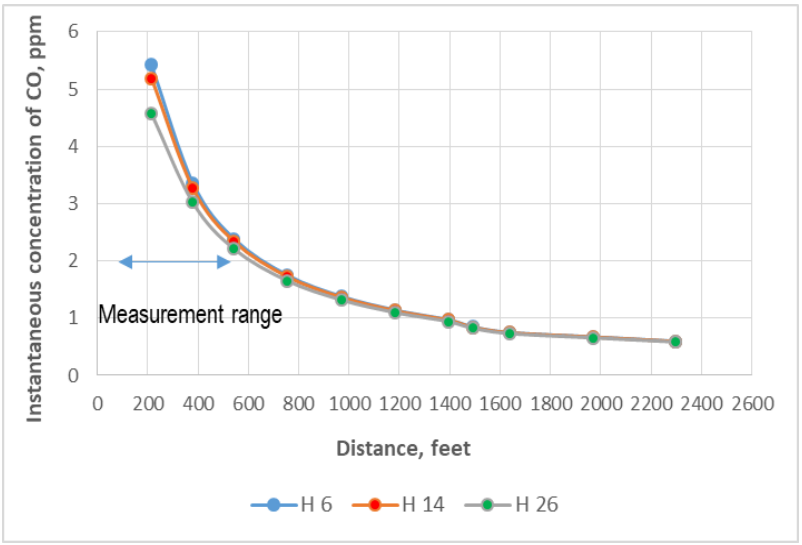
First of all, the parameters of the exhaust gases jet (Archimedes number Ar0, height ΔHa and longitudinal coordinate Xa of buoyancy effect, vertical σ_z and horizontal dispersion σ_x, σ_y) were estimated by PolEmiCa for Concord and B707 under taxing conditions, table 1. So, PolEmiCa includes the jet parameters influence on concentration distribution in the plume. Dispersion characteristic mo deled by PolEmiCa are quite similar to the estimation results by AVAP model.

Table.1

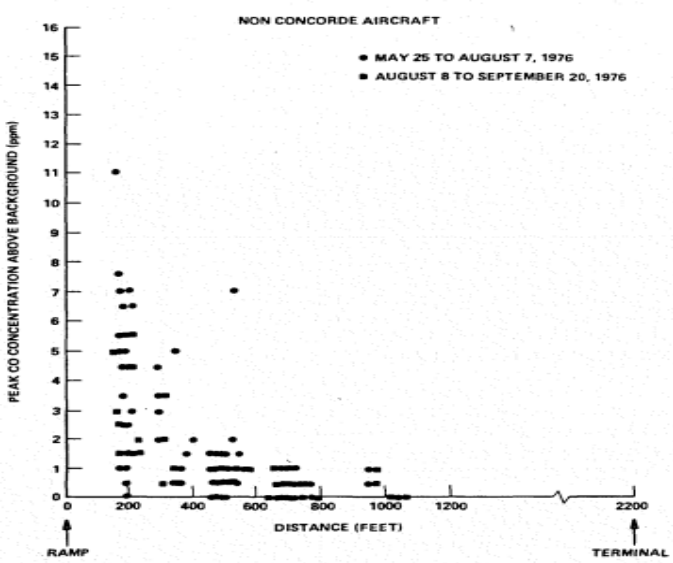
Parameters of exhaust gases jet for B707 and Concorde calculated by PolEmiCa for taxing conditions

AF	Buoyancy effect of jet			Dispersion parameters by PolEmiCa			Dispersion parameters by AVAP	
	Ar0	H, m	Xa, m	бx	бy	бz	бy	бz
B707	0,0004	2,10	69,89	5,55	19,4	5,54	22,46	3,26
Concorde	0,0003	6,9	147,0	7,97	22,1	8,04	-	-

Modelled results of peak instantaneous concentration CO from one engine of B707 (fig.3, a) at height 14 feet are strong correlated with ground measurement (at the same height) at three stations №4, №5, №11 correspondingly, fig.3, b.



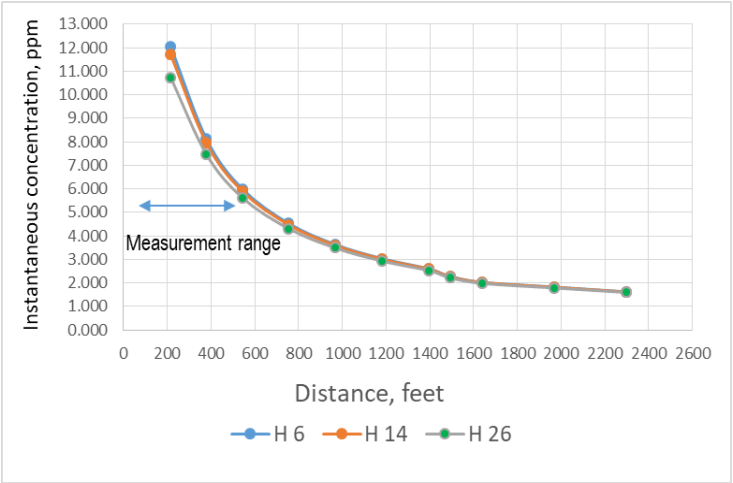
a)



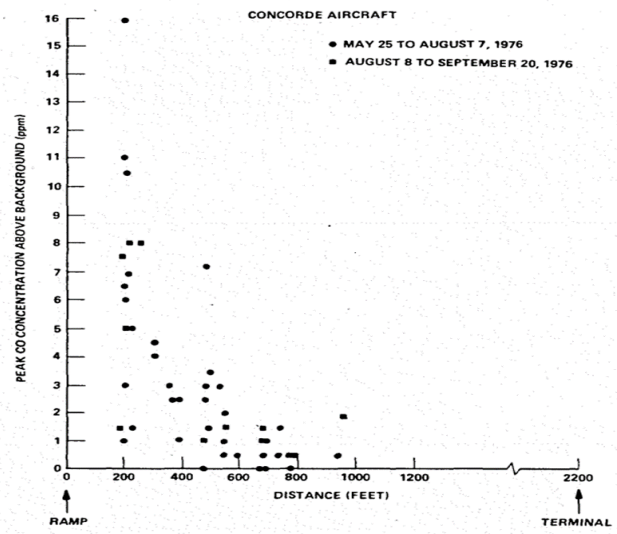
b)

Fig.3. Modelled (a) and measured (b) peak instantaneous concentration of CO from each engine of B707 at height 14 feet for taxi conditions

Modelled results of peak instantaneous concentration CO from one engine of Concord (fig.4, a) at height 14 feet are strong correlated with ground measurement (at the same height) at three stations №4, №5, №11 fig.4, b.



a)



b)

Fig.4. Modelled (a) and measured (b) peak instantaneous concentration of CO from each engine of Concord at height 14 feet for taxi conditions

The peak CO concentration for Concorde is 2,25 times higher than the average concentration of B707 monitored at a location 200 ft downwind from taxing aircraft. Emissions from Concorde (and other airplanes) disperse to background levels before they reach the terminal (2300 feet from the ramp taxiway). The observe trends can be explained by influence the strong buoyancy effect (H), which diluted air contaminants until background values inside the airport area.

Analysis of measured and modelling concentration shows, that Concorde emissions are higher than the concentrations from B707, but due to effects of the jet dynamic effects air pollutants are strongly and quickly diluted until background levels.

Conclusion: this study shows that both the initial plume rise and the jet wake dispersion of air effluents have important effects on pollutant concentration estimates for receptor located within a kilometer of the source pathway. The obtained results will be used for local air quality studies of SST aircraft of SeNeCa project.

References

1. Concorde Air Quality Monitoring and Analysis Program at Dulles International Airport // U.S. Department of transportation federal aviation administration Office of Environmental Quality Washington, DC. 20591, Report 0-MA-AEO-77-14
2. D. G. Smith, E. A. Taylor, S. M. Doucette & B. A. Egan (1979) Validation Studies of Air Quality Models at Dulles Airport, Journal of the Air Pollution Control Association, 29:2, 110-113, DOI: 10.1080/00022470.1979.10470762
3. Howard Segal (1977) Monitoring Concorde Emissions, Journal of the Air Pollution Control Association, 27:7, 623-630
4. Howard Segal (1978) Concorde Emissions at Dulles International Airport:Results of Measurements, Journal of the Air Pollution Control Association, 28:10, 1039-1042,DOI: 10.1080/00022470.1978.10470704

УДК 629.113:534.83

А.Л. Князюк,
Ю.О. Ольховик, д.т.н., проф.
(National Aviation University, Ukraine)

Підвищення екологічної безпеки урбоекосистеми при техногенному акустичному навантаженні

Зростаюча урбанізація, збільшення кількості автомобільного транспорту призводять до підвищення рівнів техногенного акустичного навантаження. Досліджено рівні техногенного акустичного навантаження вздовж лінії Київського швидкісного трамвая. За допомогою програмного забезпечення створена карта та надано рекомендації щодо його зниження за рахунок використання систем вертикального озеленення.

Стан довкілля має значний вплив на здоров'я населення урбанізованих територій, оскільки урбанізація супроводжується значними змінами в екологічному середовищі, які можуть мати як позитивні, так і негативні наслідки. Зростаюча урбанізація, збільшення кількості автомобільного транспорту, розвиток інфраструктури призводять до підвищення рівнів техногенного акустичного навантаження, що, у свою чергу, призводить до зниження екологічної безпеки територій.

Акустичне забруднення є одним з найбільш поширених видів забруднення довкілля, що має безпосередній вплив на здоров'я людей. Дослідження свідчать, що тривале перебування в умовах підвищених рівнів шуму призводить до негативних наслідків, таких як підвищений рівень стресу, проблеми зі сном, серцево-судинні захворювання та зниження загальної якості життя. Тому вивчення джерел акустичного навантаження, а також розробка заходів для його зменшення, є надзвичайно важливими для забезпечення здоров'я та добробуту населення [1].Техногенне акустичне навантаження також негативно впливає і загалом на екосистеми, що існують в урбосистемах. Як наслідок порушуються природні звукові ландшафти, комунікація між тваринами, відбуваються зміни в їх поведінці та середовищі проживання. Загалом, зміни в акустичному середовищі призводять до зниження біорізноманіття.

Дослідження техногенного акустичного забруднення в урбоекосистемах буде сприяти розробці нових містобудівних стратегій і рішень, це дозволить не лише зменшити рівень акустичного навантаження, а і покращити загальний екологічний стан міського середовища.

Дослідження акустичних характеристик і соціологічні опитування показують, що основним джерелом шуму в містах є автомобільний транспорт. Приблизно половина міських жителів зазнає негативного впливу від його шуму. Наприклад, легкові автомобілі створюють шум на рівні 70–80 дБА під час руху, автобуси – 80–85 дБА, а вантажівки – 80–90 дБА. До джерел загального акустичного навантаження у місті можна додати трамваї, які створюють шум до 90 дБ. У районах з інтенсивним транспортним потоком

рівень шуму часто досягає небезпечної межі у 80 дБ. На рівень транспортного шуму впливає безліч факторів, таких як інтенсивність і швидкість транспортного потоку, тип двигуна, склад і якість транспортних засобів, а також стан дорожнього покриття. Несправне дорожнє покриття з вибоїнами або неузгодженими швами може збільшити рівень шуму на 8–12 дБ.

Автомобільний шум є основним джерелом акустичного забруднення в більшості сучасних міст, і його внесок у загальний шум в житлових зонах становить 60–80%. Збільшення кількості вантажного та громадського транспорту на 13% призводить до підвищення шуму на 1 дБ. Оптимальний рівень шуму від транспортного потоку спостерігається при швидкості руху автомобілів 40–45 км/год. Помірне збільшення швидкості призводить до зростання рівня шуму на 6–9 дБ, а різке прискорення може підвищити шум до 15–20 дБ. Таким чином, рівень шуму на перехрестях зазвичай на 3–6 дБ вище, ніж на ділянках зі сталим рухом. Для забезпечення акустичного комфорту (55 дБ на відстані 30 м від дороги), максимальна інтенсивність транспортного потоку при швидкості 40 км/год має складати 400 автомобілів на годину в обидва напрямки.

Дослідження акустичного навантаження було проведено у Солом'янському районі міста Києва вздовж лінії Київського швидкісного трамваю (вул. Борщагівська, проспект Любомира Гузара, проспект Леся Курбаса), довжина якої становить 9,5 км (+ 4,5 км не швидкісної). Для дослідження техногенного акустичного навантаження були проведені натурні вимірювання еквівалентних та максимальних рівнів шуму в референтних точках вздовж швидкісної трамвайної лінії міста Києва. Вимірювання шуму проводилося у 20 точках. Вимірювання проводилися у літній період (протягом червня) 2 рази на добу: зранку – з 8.00 до 9.00 та ввечері – з 20.00 до 21.00. Натурні вимірювання проводилися за умови, що поверхня дорожнього покриття автомобільних доріг була сухою та за умови швидкості вітру не більше ніж 5 м/с. Вимірювання шуму проводилося за допомогою шумоміра ТМ-102 TENMARS. За результатами натурних вимірювань акустичного навантаження вздовж швидкісної трамвайної лінії визначений середній еквівалентний рівень звуку та максимальне значення рівня звуку на дослідній ділянці (рис. 1).

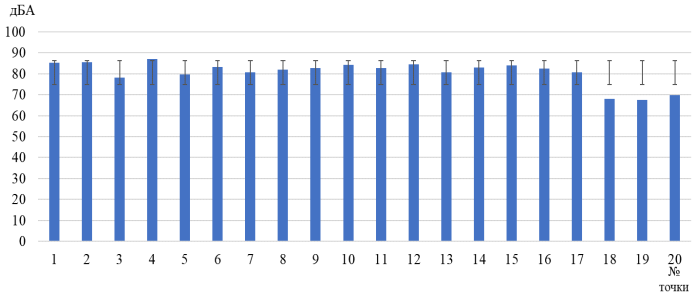


Рис. 1. Результати дослідження рівня шуму вздовж швидкісної трамвайної лінії, дБА

Згідно ДБН В.1.1-31:2013 допустимий максимальний рівень шуму в день може становити 70 дБА, для еквівалентного рівня звуку 55 дБА. Вночі максимальний рівень може становити 60 дБА, для еквівалентного рівня звуку 45 дБА [2].

Тобто, майже в усіх дослідних точках виміряні рівні акустичного навантаження вищі за граничнодопустимі. Перевищення нормативних значень згідно натурних замірів варіює в межах 1,2 рази. Виняток становить лише ділянка дороги по проспекту Лесі Курбаса, 7а, 9 та 18 (точки досліджень 18–20). Вченими встановлено, що у літній період фіксуються значно нижчі рівні акустичного навантаження за рахунок наявних зелених насаджень, зокрема що мають зелену густу крону. Зелені насадження можуть знижувати шум у місті на 4–7 дБА.

Для графічного моделювання акустичного навантаження території було використано програмне забезпечення QGIS 3.36.3 (рис. 2).



Рис. 2. Карта акустичного навантаження вздовж лінії
Київського швидкісного трамвая

Аналізуючи отриману карту, можна зазначити, що найбільші перевищення нормативного рівня шуму (>70 дБА), спостерігаються на практично на усіх дослідних ділянках як зранку, так і ввечері. Перевищення щодо нормативного значення на цих ділянках варіюється до 17 дБА. Завдяки графічному моделюванню акустичного середовища є можливість наочно оцінити та порівняти розповсюдження шуму від транспортних потоків, а також визначити площі зон відповідно до різних рівнів шуму.

Вертикальне озеленення є важливим елементом комплексних заходів, спрямованих на адаптацію міст до змін клімату та зниження акустичного навантаження. Цю практику можна застосовувати в тих місцях, де недостатньо простору для висадження дерев. У вертикальному озелененні використовуються спеціальні конструкції, що дозволяють розміщувати рослини на стінах, а також різні види витких рослин, такі як дівочий виноград, плющ, витка жимолость чи троянди. Ці рослини здатні покривати вертикальні

поверхні – стіни, паркани та стовпи, захищаючи їх від шкідливого впливу ультрафіолетового випромінювання та перегрівання.

Модульні фітостіни можуть підтримувати високощільні рослини, квіти та папороті різних видів [3].

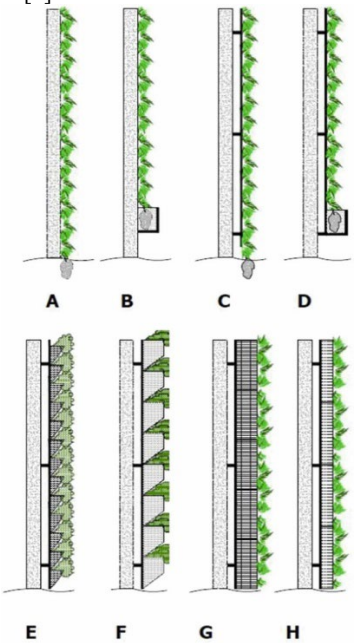


Рис. 4. Схематичне зображення систем вертикального озеленення [3]:
A – пряме озеленення (висаджено в ґрунт);
B – пряме озеленення (висаджено в ящик для кашпо);
C – непряме озеленення (висаджено в грунт);
D – непряме озеленення (посадка в ящик для кашпо);
E – система на основі повсті,
F – система на основі ящика для кашпо;
G – система на основі піни,
H – система на основі мінеральної вати

Асортимент рослин для вертикального озеленення на сьогодні досить великий, але найпростішим варіантом є використання витких рослин, які кріпляться до стін без додаткових опор. Це такі рослини як плющ звичайний, дівочий виноград, виноград Вічі. Ці рослини пристосовані для нашого клімату, швидко ростуть, потребують мінімального догляду. Їх можна посадити біля під'їзду і вже через кілька років насолоджуватися справжньою зеленою стіною на будинку.

Отже, впровадження вертикального озеленення є важливим кроком у підвищенні екологічної безпеки урбоекосистем при техногенному акустичному навантаженні. Цей підхід не лише допомагає зменшити рівень

шуму, але й сприяє покращенню якості життя в містах, зберігаючи природний баланс і підвищуючи естетичну цінність міського середовища. Спільні зусилля держави, бізнесу та громади є необхідними для успішної реалізації даних ініціатив.

Список літератури

1. Як гучні звуки впливають на наш організм і які хвороби можуть спричинити – дослідження NYT. URL: https://texty.org.ua/fragments/-109897/yak-shum-vplyvaye-na-nash-orhanizm-i-yaki-hvoroby-mozhe-spryc-hynyty-doslidzhennya-nyt/

2. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій будинків і споруд від шуму. [На заміну СНиП ІІ-12-77; чинний від 01.06.2014] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України. 2014. 54 с.

3. Adel Samy El Menshawy, Abdelaziz Farouk Mohamed, Nayera Mahmoud Fathy. A comparative study on green wall construction systems, case study: South valley campus of AASTMT. *Case Studies in Construction Materials*. Vol. 16. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00808.

УДК 658:656.2

С.Т. Пілецька, д.е.н., професор,
(Національний авіаційний університет, Україна)
Т.Ю. Коритько, к.е.н., доцент,
(Інститут економіки промисловості, Україна)

Формування ресурсного потенціалу підприємства в умовах цифрових трансформацій

Зазначено, що ключові особливості формування ресурсного потенціалу в цифрову епоху є зміна структури ресурсів, а саме, переважання інтелектуальних ресурсів, які забезпечують знання, навички, креативність працівників та дематеріалізація, яка зменшує роль фізичних активів за рахунок переходу до хмарних технологій, віртуальних офісів тощо. Особливу роль грає можливість адаптуватись підприємствам до змін ринку та технологій та націленість на колаборацію та партнерство, а саме, співпрацювати з іншими підприємствами та науковими установами, що забезпечує доступ до нових технологій та знань.

Ефективність сучасного бізнесу прямо пропорційна його здатності адаптуватися до цифрових трансформацій. Оптимізація використання ресурсів є ключовим елементом цього процесу. Діджиталізація бізнес-процесів дозволяє не тільки виявити неефективні використання ресурсів, але й запровадити інноваційні рішення для їх раціоналізації. Це, в свою чергу, сприяє підвищенню конкурентоспроможності та забезпеченню сталого розвитку підприємства.

Обмеженість ресурсів – це з головних проблем сучасної економіки, з якою стикається переважна частина підприємств. Вирішення цього питання можна подолати шляхом прийняття ефективних управлінських рішень, що враховують раціональне використання матеріальних та фінансових ресурсів.

У контексті Індустрії 4.0 ефективне управління ресурсами набуває особливої актуальності. Впровадження інноваційних технологій, таких як Інтернет речей, штучний інтелект та машинне навчання, дозволяє створювати інтелектуальні системи управління ресурсами. Ці системи забезпечують їх оптимальне використання та підвищують загальну ефективність виробництва.

Отже, ресурсний потенціал підприємства є не лише основою його діяльності, але й потужним інструментом для досягнення нових висот. Правильне використання цього потенціалу дозволяє підвищити як економічну ефективність, так і конкурентоспроможність.

Питанням ресурсного потенціалу у сучасній науці приділено достатньо уваги. Однак більшість досліджень присвячено проблемам його оцінки та формуванню в галузях сфери послуг. Недостатній ступінь розробленості методичних підходів до стратегічного управління ресурсного потенціалу та його впливу на вироблення рішень подальшого організаційного розвитку підприємств сфери послуг робить актуальною проблему створення методологічного інструментарію до стратегічного управління ресурсним потенціалом як механізму конкурентоспроможності підприємства.

Ресурсний потенціал підприємства, можливо, на думку авторів, уявити, як сукупність ресурсів, об'єднаних під впливом специфічних управлінських відносин, формування яких забезпечує конкурентоспроможність та стратегічний розвиток підприємства та є складною системою, що має певну внутрішню структуру та характеристики. Структура потенціалу відбиває специфіку підприємства, його галузь, особливості її діяльності, і навіть впливає на оцінку його вартості (табл. 1).

Таблиця 1

Складові та критерії оцінки основних складових ресурсного потенціалу підприємства

Складові ресурсного потенціалу	Критерії оцінки складових ресурсного потенціалу
Фінансовий потенціал	Коефіцієнт абсолютної ліквідності, коефіцієнт платоспроможності, коефіцієнт маневреності, коефіцієнт автономії
Техніко-технологічний потенціал	Коефіцієнт використання обладнання, матеріаломісткість, рентабельність основних фондів, матеріаловіддача, коефіцієнт завантаження виробничих фондів, фондовіддача, фондомісткість, рентабельність власного капіталу, коефіцієнт оборотності власного капіталу
Інформаційний потенціал	Питомі витрати на інформаційні технології, рівень використання інформаційних технологий, ефективність обміну інформацією між співробітниками
Організаційний потенціал	Коефіцієнт чисельності управлінських робітників, коефіцієнт витрат на управління, коефіцієнт плинності, показник трудомісткості, показник освіти, показник трудомісткості, коефіцієнт продуктивності
Інфраструктурний потенціал	Питомі витрати на утримання допоміжного та обслуговуючого виробництва, питома вага витрат на утримання інфраструктури
Інтелектуальний потенціал	Кваліфікація персоналу, ммотивація персоналу, сструктура персоналу, ввитрати на навчання та розвиток персоналу.

Ресурсний потенціал - це фундамент економічного успіху будь-якого підприємства. Однак, щоб перетворити потенціал на реальні результати, необхідне ефективне управління ресурсами. Сучасні цифрові інструменти дозволяють оптимізувати використання ресурсів, відстежувати їхній стан у реальному часі та прогнозувати потреби. Це не тільки підвищує ефективність виробництва, але й сприяє зниженню витрат та підвищенню якості продукції або послуг.

Ключові особливості формування ресурсного потенціалу в цифрову епоху є зміна структури ресурсів, а саме, переважання інтелектуальних ресурсів, які забезпечують знання, навички, креативність працівників та дематеріалізація, яка зменшує роль фізичних активів за рахунок переходу до хмарних технологій, віртуальних офісів тощо. Особливу роль грає можливість адаптуватись підприємствам до змін ринку та технологій та націленість на колаборацію та партнерство, а саме, співпрацювати з іншими підприємствами та науковими установами, що забезпечує доступ до нових технологій та знань.

Формування ресурсного потенціалу в умовах цифрових трансформацій – це складний і багатогранний процес, який вимагає стратегічного мислення та інноваційного підходу. Підприємства, які зможуть успішно адаптуватися до нових умов, отримають конкурентні переваги і забезпечать своє довгострокове зростання.

Список літератури

1. Ареф'єва О.В, Коваленко Н.В, Андрієнко М.М. Інтелектуальний потенціал як основний чинник інноваційного розвитку підприємства. *Економічний вісник Дніпровської політехніки*. 2023. №1. С. 157 – 163. https://doi.org/10.33271/ebdut/81.157
2. Волошин Л. Використання інноваційних ресурсів в Україні: проблеми та шляхи їх усунення. *Наукові записки. Серія «Економіка».* 2010. Вип. 15. С. 145–151.
3. Головатюк В.М., Соловйов В.П. Вимірювання інноваційного потенціалу в контексті формування стратегії розвитку підприємства. *Механізм регулювання економіки.* 2009. № 1. С. 102-111.
4. Латишева О.В. Ресурсний потенціал підприємства: сутність, складові та особливості управління елементами забезпе□чення сталого розвитку. Економічний вісник. 2018. № 3(53). С. 126–130.
5. Материнська О.А., Ярова А.О. Ресурсний потенціал підприємства: проблеми та шляхи його вирішення. URL: https://nauka.kushnir.mk.ua
6. Пілецька С.Т., Коритько Т.Ю., Лукаржевська – Мялик В.М. Економічний потенціал розвитку підприємства в системі управління його безпекою. *Економіка та суспільство*. 2022. Випуск № 44. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-3 URL : https://www.economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1791/1726
7. Пілецька С.Т., Ткаченко Є.В. Інноваційний потенціал підприємства в системі антикризового управління. *Облік і фінанси*. 2020. № 1 (87)' С. 178 – 184. URL : DOI https://doi.org/10.33146/2307-9878-2020-1(87)-178-184
8. Стратегічне управління ресурсним потенціалом підприємства. URL: https://en.ppt-online.org/119884
9. Управління ресурсним потенціалом підприємств. URL: http://sophus.at.ua/publ/2015_10_30_kampodilsk/sekcija_section_3_2015_10_30/upravlinnja_resursnim_potencialom_pidpriemstv/104-1-0-1574

УДК 330:004

О.В. Ареф'єва, д.е.н., професор,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Цифровізація економіки та розвиток технологій здійснення економічних процесів на засадах штучного інтелекту

В тезах обґрунтовано доцільність поєднання цифровізації економіки і впровадження штучного інтелекту, що дозволяє оптимізувати бізнес-процеси, має безпосередній вплив на всі сфери діяльності держави, економіки, соціально-економічних систем, підприємств всіх форм власності.

У сучасному світі цифровізація економіки є не лише трендом, а й необхідністю, обумовленою глобальними змінами та розвитком технологій. Штучний інтелект (ШІ) відіграє ключову роль у цій трансформації, надаючи нові можливості для бізнесу, державного управління та суспільства загалом. Впровадження ШІ дозволяє оптимізувати бізнес-процеси, підвищити ефективність виробництва, покращити управлінські рішення та забезпечити більш високу якість послуг. Це створює передумови для формування інноваційної економіки, яка базується на знаннях і технологіях, відкриває нові ринки та можливості для розвитку також у порівнянні основних тенденції через «найбільш відомі міжнародні рейтинги та індекси, які характеризують рівень розвитку ІТ-сфери в країнах світу. Умовно їх можна поділити на ранні індекси, які відображали рівень розвитку ІКТ країн світу в цілому, та сучасні індекси, які більшою мірою відображають розвиток окремих напрямків ІТ-сфери країн світу» [5, с.41].

Штучний інтелект сьогодні стає двигуном цифрової трансформації, забезпечуючи автоматизацію рутинних процесів, аналіз великих обсягів даних та надання можливості швидко приймати обґрунтовані рішення при розвитку економіки. Завдяки ШІ, підприємства можуть ефективно аналізувати динаміку ринкових тенденцій, прогнозувати за сегментами попит на види свої продукти та послуги, а також адаптувати наявні стратегії до швидкозмінюваних умов. «Стрімкі темпи завойування прихильності демонструє концепція віртуальної організації, що пояснюється бурхливим розвитком інформаційних технологій, зокрема, прогресом в комунікаційних технологіях, глобалізацією та загостренням конкуренції, розвитком інновацій та актуалізацією потреби швидкого виведення на ринок нових продуктів» [3, с. 111]. Це дозволяє зменшити ризики, пов'язані з невизначеністю, та підвищити конкурентоспроможність на глобальних ринках.

Цифровізація економіки на засадах ШІ має безпосередній вплив на всі сфери діяльності держави, економіки, соціально-економічних систем, підприємств всіх форм власності. У сфері виробництва впровадження ШІ дозволяє підвищити продуктивність за рахунок автоматизації складних технологічних процесів, контролю якості продукції та оптимізації використання ресурсів. «Цифрова трансформація охоплює як державне

управління, так і всі сектори вітчизняної економіки. Сучасна автоматизація та комп'ютеризація діяльності промислового підприємства зводиться не лише до реструктуризації використовуваних ІТтехнологій, а й до вдосконалення самих бізнес-процесів шляхом використання технологій на базі кіберфізичних рішень для досягнення ефективних показників ефективності на основі форсайтно-інноваційного механізму управління підприємствами» [4, с. 79]. Наприклад, у промисловості вже активно застосовуються розумні роботизовані системи, які здатні самостійно налаштовуватися під конкретні завдання, виявляти несправності і прогнозувати терміни технічного обслуговування обладнання, що значно знижує експлуатаційні витрати.

У сфері торгівлі та послуг штучний інтелект дозволяє підвищити якість обслуговування клієнтів, персоналізувати пропозиції та оптимізувати маркетингові кампанії. «При використанні каналів маркетингу важливо забезпечити їхню взаємодію та інтеграцію, щоб максимізувати ефективність маркетингової стратегії. Наприклад, промо-коди, отримані через електронну пошту, можуть бути використані для здійснення покупок на сайті, який рекламується на телебаченні. Додатково можна використовувати різноманітні інструменти моніторингу й аналізу даних для вимірювання ефективності кожного каналу маркетингу та визначення оптимального способу розподілу бюджету між різними каналами» [1, с. 216]. Завдяки ШІ можна аналізувати великі обсяги даних щодо структури споживачів, їхніх вподобань та поведінку, що дозволяє створювати індивідуальні пропозиції та підвищувати рівень задоволеності клієнтів. Також ШІ допомагає в управлінні ланцюгами постачання, скорочуючи час доставки товарів та мінімізуючи втрати.

Не менш важливим є застосування ШІ у фінансовій сфері, де цифровізація сприяє автоматизації процесів кредитування, страхування та управління активами з різними характеристиками. Завдяки алгоритмам машинного навчання банки можуть автоматично управлінні впровадження ШІ сприяє підвищенню прозорості та оцінювати кредитоспроможність клієнтів, виявляти потенційні ризики та шахрайські операції. Це значно знижує операційні витрати, покращує якість фінансових послуг і підвищує довіру до фінансових інституцій.

Цифрова трансформація також вимагає зміни підходів до підготовки кадрів, адже використання ШІ вимагає нових знань і навичок. «Процеси інтелектуалізації діяльності підприємства набувають ключового значення для його холістичного розвитку в умовах посилення конкуренції на світових ринках. Вони дозволяють формувати та акумулювати інтелектуалізований досвід на всіх рівнях підприємства, накопичувати потрібну інформацію, створювати передумови для передачі знань, освоєння та створення нових технологій. Маючи достатньо розвинений людський капітал та можливість використання сучасних інформаційних технологій, вітчизняні підприємства можуть успішно інтелектуалізувати свою діяльність та підвищити професійну компетентність кадрів, забезпечивши стабільність холістичного розвитку та економічні вигоди від функціонування [2, с. 33]. Важливо створювати умови для навчання та підвищення кваліфікації працівників, щоб забезпечити їм можливість працювати з новітніми технологіями. Це стосується як технічних

спеціалістів, так і керівників, які повинні розуміти можливості і обмеження ШІ, а також вміти впроваджувати його у своїх організаціях.

В державному ефективності штучний інтелект дозволяє автоматизувати обробку документів, аналізувати великі обсяги даних для вчасного прийняття обґрунтованих рішень, підвищувати якість послуг, що надаються громадянам, та зменшувати витрати на державне (місцеве) управління. Цифрові платформи, засновані на ШІ, також сприяють розвитку "розумних міст", де управління транспортом, енергетикою, безпекою та іншими сферами здійснюється за допомогою сучасних технологій. «Стратегії циклічної економіки можуть допомогти уникнути негативного впливу вимушеної ізоляції, оскільки за цією концепцією ланцюги поставок і канали розподілу часто географічно ближчі до точки виробництва. Концепція циркулярної економіки набуває популярності в останні десятиліття, оскільки вона може забезпечити зайнятість і зростання макроекономічних показників, нівелюючи негативний вплив на екологічні умови підприємств і життя людей» [6, с. 360].

Цифровізація бізнесу полягає у використанні новітніх технологій для інтеграції цифрових процесів у всі аспекти діяльності компанії. Це включає в себе не лише впровадження нових технологічних рішень, але й трансформацію організаційної культури, що підтримує інноваційні ініціативи. Такий підхід дозволяє підприємствам швидко адаптуватися до змін ринкового середовища, знижувати постійні, операційні витрати та підвищувати ефективність як бізнес-процесів, так і діяльності в цілому.

«Цифрові технології спочатку розглядалися з точки зору підвищення ефективності вже існуючих бізнес-процесів за рахунок підвищення якості продукції, зниження собівартості, скорочення часу виробництва, оптимізації логістичних ланцюгів. Завдяки приєднанню до цифрових систем підвищується раціональність та ефективність використання ресурсів, виробництва та реалізації продукції та послуг, відкриваються нові можливості та формуються нові цінності на ринку» [7, с. 3]. Однак, цифровізація економіки на засадах ШІ також породжує низку викликів і ризиків, які необхідно враховувати. Зокрема, це питання етичності використання ШІ, захисту персональних даних та конфіденційності, забезпечення кібербезпеки та уникнення дискримінації в алгоритмах прийняття рішень. Впровадження ШІ потребує ретельного регулювання встановлення та підтримання чітких правових рамок, що забезпечить баланс між інноваціями і захистом прав людини в соціальному і економічному середовищі.

В цілому, слід зауважити, що цифровізація економіки на засадах штучного інтелекту відображає стратегічні пріоритети перетворення в межах інтересів держав і бізнесу. Вона створює нові можливості для зростання, підвищення конкурентоспроможності на всіх рівнях та поліпшення якості життя суспільства вне залежності від наявних на території корисних копалин. Водночас цей процесс вимагає усвідомленого управлінсько підходу до впровадження технологій, врахування ризиків і створення відповідних умов для забезпечення параметрів сталого розвитку. Підприємства, які готові впроваджувати новітні технології і використовувати їх для підвищення

конкурентоспроможності, зможуть не лише вижити, а й досягти успіху в умовах сучасної економічної турбулентності.

Висновок.

Впровадження інноваційних технологій, таких як штучний інтелект (ШІ), автоматизація процесів та блокчейн, сприяє не лише підвищенню продуктивності, але й створенню нових бізнес-моделей. Штучний інтелект стає не просто методом і інструментом, але й стратегічним ресурсом, який може змінити економічну реальність, відкриваючі різні комбіновані платформи для життя і бізнесу надаючи нові інструменти для вирішення найскладніших завдань і викликів сучасності та майутнього.

Списко літератури

1. Ареф'єва О. В., Ареф'єв С. О. Управління комплексною вартістю підприємства через інструменти цифрового маркетингу. *Бізнес Інформ*. 2023. № 3. С. 211-220. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-3-211-220
2. Ареф'єва О.В., Полоус О.В. Соціально-економічні умови інтелектуалізації управління холістичним розвитком підприємства. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування ім. Макарова.* 2019. №2 (476). С. 29-36. https://doi.org/10.15589/znp2019.2(476).5
3. Лепейко Т.І., Грузіна І.А. Концептуальні підходи до формування структури управління компетентною організацією *Економічнийп ростір: Збірник наукових праць*. 2023. №184. С. 107-113. DOI: https://doi.org/10.32782/2224-6282/184-18
4. Прохорова В.В., Чобіток І.О. Форсайтно-інноваційний механізм управління підприємствами в умовах цифровізації: теоретичні аспекти. *Бізнес Інформ*. 2023. № 2. С. 78-85.
5. Хаустова В. Є., Решетняк О. І., Хаустов М. М., Зінченко В. А. Аналіз розвитку ІКТ-сфери в Україні за міжнародними індексами та рейтингами. *Бізнес Інформ*. 2022. №5. С. 40–56. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-5-40-56
6. Arefiev, S., Zhyhlei, I., Pereguda, Y., Kryvokulska, N., & Lushchyk, M. (2023). El uso de tecnologías digitales para garantizar la seguridad ambiental en el contexto del desarrollo de una Economía Verde. *Revista De La Universidad Del Zulia,* 15(42), 353-369. https://doi.org/10.46925//rdluz.42.20
7. Kuzior, A.; Arefiev, S., Poberezhna, Z. (2023). Informatization of innovative technologies for ensuring macroeconomic trends in the conditions of a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity,* 9 (1), 10-20. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.01.001
8. Piletska Samira, Arefiev Serhii. The mechanism of corporate management of the enterprise financial capacity. The mechanism of corporate management of the enterprise financial capacity. *Journal of corporate responsibility and leadership*. Vol. 7, issue 4, 2020. pp.43–58. http://jcrl.umk.pl/journal/archive

УДК 338.1: 339.9:004(06)

S. Arefiev, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,
(HSRM WIESBADEN BUSINESS SCHOOL, RESEARCH FELLOW, Wiesbaden, Germany)

Digitalization of the Economy on the Basis of Artificial Intelligence: Circular Economy and Development Prospects in Europe

The thesis substantiates the need for digitalisation of the economy on the basis of artificial intelligence, the expediency of further implementation of the benefits of the circular economy in terms of the prospects for European development; the opportunities offered by new technologies for business and economic security are identified.

The circular economy, or closed-loop economy, is becoming a foundation for sustainable development strategies aimed at reducing environmental impact and optimizing resource use. Europe is actively promoting this concept as a response to contemporary challenges arising from the growing amount of waste, limited natural resources, and the need to reduce greenhouse gas emissions. In this context, digitalization based on artificial intelligence (AI) is a key tool that accelerates the achievement of circular economy goals, providing new opportunities for businesses, governments, and society. “Modern globalization challenges that affect the development of economic systems, including at the regional level, include a growing environmental crisis, a shortage of traditional production resources, such as energy, increasing demographic imbalances, growing social inequality, deformation of market structures, and a crisis of capital investment efficiency, among others. The principles of sustainable development dictate the ideology of reasonable sufficiency, mutual assistance, and directing efforts toward the development of the social and ecological spheres of social” [3, p. 3713].

Artificial intelligence has the potential to significantly transform approaches to resource management, waste recycling, demand forecasting, and the creation of innovative business models. AI applications allow for more accurate assessment and control of material use, reduction of waste, and resource reuse. In addition, «the development of digital technologies and transformation of international competitiveness create new opportunities for the expansion of commercial communication in the electronic business environment. Thus, the use of information technologies becomes a necessary condition for the functioning of companies and ensuring their competitiveness in the international market. [5]

In Europe, there are already numerous examples of successful AI implementation to address circular economy challenges, such as urban waste management, supply chain optimization, and increasing energy efficiency. These technologies help European municipalities and companies achieve significant cost reductions and lower environmental impact.

In production processes, artificial intelligence helps optimize resource use, minimize waste, and create longer-lasting products. AI-driven demand forecasting

allows companies to avoid overproduction and reduce the number of unsold goods, thereby decreasing waste volumes and increasing production efficiency. AI also facilitates the implementation of "product-as-a-service" models, where companies provide products for use rather than selling them outright, ensuring reuse and recycling, which aligns with circular economy principles. “The concept of a circular economy involves the efficient use of resources and a reduction of the negative impact on the environment from the production and consumption of goods and services on all cycles, that is, from the extraction of raw materials to the final use” [1, p.1528].

In the energy sector, AI-based digital technologies enable analysis of energy consumption, demand forecasting, and optimization of renewable energy use. This contributes to reducing greenhouse gas emissions and increasing energy use efficiency. In Europe, numerous projects are already being implemented to create "smart" cities, where all processes — from energy consumption to transport management — are controlled and optimized using AI.

Digitalization based on AI also opens up new opportunities for developing innovative business models aligned with circular economy principles. For instance, shared resource platforms help reduce costs and minimize waste. Such platforms facilitate the reuse of products and materials, helping to save resources and create new economic opportunities. AI also supports sustainability-oriented businesses by providing analytical tools to identify new market opportunities.

Emerging technologies such as artificial intelligence, blockchain and the Internet of Things (IoT) are rapidly changing the economic landscape. Artificial intelligence (AI) is capable of automating complex processes, analysing large amounts of data and making decisions that previously required human intervention. These capabilities open up new horizons for business, but also require new approaches to ensuring economic security.

The use of blockchain technologies ensures transparency and security of transactions, but requires adaptation to new regulatory standards. The Internet of Things (IoT) allows for the creation of networks of interconnected devices that collect and analyse data in real time, which also requires enhanced security measures to protect against possible threats and attacks.

However, the implementation of AI in the circular economy is accompanied by several challenges. One of the main ones is ensuring data security, as digitalization requires the collection and processing of large volumes of information, which may include confidential data.

Ethical aspects also play an important role: it is necessary to ensure that AI use does not lead to discrimination or other unfair consequences. Another challenge is the need for investments in new infrastructure and training for staff who will work with modern technologies. To better understand the impact of AI-based digitalization on the development of the circular economy in Europe, a research table is proposed that reflects the main directions, prospects, and challenges of using AI in this context.

Table 1

The impact of AI-based digitalization on the circular economy in Europe

Research Table on the Impact of AI-Based Digitalization on the Circular Economy in Europe	Economic Prospects	Environmental Prospects	Social Prospects	Implementation Challenges
Resource Management	Optimization of logistics, cost reduction in recycling and reuse	Reduction of waste, increase in recycling and reuse levels	Development of new jobs in recycling and resource reuse sectors	Ensuring data accuracy, data confidentiality, and security
Production Processes	Reduction in production costs through resource use optimization	Reduction of industrial waste, decrease in raw material consumption	Creation of new opportunities for small and medium-sized businesses	Investment in new technologies, modification of existing business models
Energy	Reduction in energy costs, increased efficiency of renewable energy use	Reduction of greenhouse gas emissions, development of "green" technologies	Increased accessibility and stability of energy supply	Infrastructure development, training of qualified personnel
New Business Models	Creation of new market opportunities, expanded access to products and services	Improved efficiency in material and energy use	Social benefits from shared resource use, cost reduction for consumers	Addressing ethical issues related to AI use, avoiding discrimination

This table shows that AI-based digitalization opens significant prospects for the development of the circular economy in Europe by enhancing economic efficiency, reducing environmental impact, and creating new social opportunities. However, realizing this potential requires addressing several important challenges, such as data security, ethical use of technologies, the need for investment in infrastructure, and training.

The research findings suggest that AI-based digitalization is not just a new technological trend but a strategic direction for ensuring sustainable development. It offers opportunities to enhance the competitiveness of European companies, reduce dependence on imported resources, improve quality of life, and create new jobs. In particular, the development of a circular economy supported by AI contributes to more efficient resource use, pollution reduction, energy savings, and waste reduction. This creates closed production and consumption cycles where resources are used as efficiently and repeatedly as possible.

Europe has all the potential to become a global leader in developing a circular economy based on artificial intelligence. This will require active government support, the implementation of stimulating policies, and the creation of favorable conditions for businesses and society to embrace these innovative changes. As the world moves towards a more sustainable future, AI will play a vital role in shaping an economy that is not only innovative but also socially responsible and environmentally sustainable.

Conclusion.

Thus, AI-based digitalisation is a new technological trend, and the strategic direction of sustainable development opens up opportunities to increase the competitiveness of European companies, reduce dependence on imported resources, improve the quality of life and create new jobs. Ethical aspects play an important role in the introduction of new technologies, so it is necessary to ensure that the use of AI does not lead to discrimination or other unfair consequences and facilitates staff training,

References

1. Arefiev S, Shevchenko I, Savkiv U, Hovsieiev D, Tsizhma Y. Management of the global competitiveness of companies in the field of electronic commerce in the conditions of digitalization. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2023. Vol.101. No 4. P. 1527-1537. https://www.jatit.org/volumes/Vol101No4/31Vol101No4.pdf
2. Iarmosh, O., Prokhorova, V., Shcherbyna, I., Kashaba, O., & Slastianykova, K. Innovativeness of the creative economy as a component of the Ukrainian and the world sustainable development strategy (2021). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 628(1).* Режим доступу: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100727399&origin=resultslist&sort=plf-f
3. Chernoivanova H., Lepeyko T.,Pererva I., Poberezhna Z., Zabashtanska T.The Role of the Mechanism of AttractingInvestment Resourcesinthe InnovativeDevelopment of Enterprises inthe Context of the Digital Economy Development. International Journal of Sustainable Development and Planning, 2023, Vol. 18, No. 12, pp. 3713-3723. https://doi.org/10.18280/ijsdp.181203
4. Korytko T., Piletska S., Arefieva O., Pidhora Ye., Fomichenko I. (2021). The system of evaluating the effectiveness of employees motivation as a factor of the enterprise sustainable development. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development.* Vol. 43, No. 4, pp. 545-554. URL : DOI: https://doi.org/10.15544/mts.2021.49
5. Kuzior Aleksandra, Arefieva Olena, Poberezhna Zarina, Ihumentsev Oleksiy. The Mechanism of Forming the Strategic Potential of an Enterprise in a Circular Economy. Sustainability. 2022, 14, 3258.

УДК 339.138.05:656.71(043.2)

Т.В. Князєва
доктор економічних наук, професор
К.С. Ткач
(Національний авіаційний університет, Україна)

Маркетингове забезпечення економічного розвитку аеропортів

Аеропорти мають великий простір для розвитку та розміщення не аеронавігаційної діяльності. Це точно входить в коло їх інтересів, адже зацікавлює більшу кількість пасажирів, що у свою чергу приведе більше авіакомпаній для співпраці та додатковий прибуток і високий рейтинг летовища.

Метою роботи є висвітлення потенційної вигоди для аеропортів за рахунок збільшення пасажиропотоку і зацікавленості його туристів, що у свою чергу веде до збільшення прибутку, рейтингу та популярності підприємства.

Історично аеропорти приділяють мало уваги маркетингу. Однак це змінилося з кількох причин. Індустрія аеропортів перейшла від власності державного сектору та національних вимог до галузі, де все більше домінують приватний сектор і міжнародні гравці, і з набагато більшою увагою до практики управління, орієнтованої на ринок [1].

Індустрія аеропортів стрімко змінюється. Сучасні авіапасажири мають значний вибір аеропортів, і маркетологи аеропортів стикаються з потребою вирізнятися, краще задовольняючи потреби клієнтів, ніж конкуренти [2]. Хоча сприйняття якості послуг аеропорту є лише однією з численних змінних (наприклад, маршрути, розклад, розташування та ціни), що визначають загальну привабливість аеропорту, вона все ж має значення завдяки зростаючій важливості орієнтації на клієнта для отримання конкурентної переваги в цій галузі.

Результати дослідження: Аеропорти, які довго асоціювались з метушнею подорожей, сприймаються виключно як місця для посадки на рейси та навігації в суворих умовах. Проте, стратегічний погляд показує, що аеропорти мають великий потенціал для створення унікального та збагачувального досвіду для мандрівників. Концепція не аеронавігаційної діяльності набирає популярності, оскільки вона обіцяє перетворити аеропорти з тимчасових зупинок на цікаві напрямки, де люди захочуть провести свій час та приїхати за довго до рейсу [3]. Інтеграція таких послуг може не тільки стати вигідною для аеропортів, але й кардинально змінити ситуацію в авіаційній галузі в цілому.

Аеропорти як ключові транспортні вузли мають значний невикористаний потенціал для розвитку і впровадження комерційної та розважальної діяльності. Це не лише відповідає інтересам аеропортів, але й є стратегічним кроком, що приносить численні переваги. Уже сьогодні аеропорти почали надавати різні не аеронавігаційні послуги: від магазинів

безмитної торгівлі і готелів до прокату автомобілів і кімнат відпочинку. Наприклад в одному з найбільших аеропортів Європи – Франкфурті, можна побачити багато брендових магазинів не лише з їжею, але й одягом, взуттям та різними аксесуарами. Також не можемо не згадати про аеропорт у Будапешті. Саме в ньому є музей розвитку авіації всього світу та окремо Угорщини. Ці послуги стали стандартом для міжнародних аеропортів поряд з основними компонентами, такими як літаки та авіалінії. Проте, настав час для аеропортів перейти до інновацій та креативності, впроваджуючи нові, захоплюючі та орієнтовані на клієнта види діяльності, які змінять враження від аеропорту. Мета полягає в перетворенні аеропортів з простих транспортних точок на яскраві напрямки, що не тільки приваблюють пасажирів, але й приносять додатковий прибуток і сприяють ефективному партнерству з авіакомпаніями [4]. Сучасні мандрівники не бажають сприймати час в аеропорту як бездіяльність чи незручність. Вони прагнуть максимально використати свій час, займаючись розвагами, що покращують загальну подорож. Для цього пропонуємо кілька нових концепцій, які можуть додати нового виміру в досвід аеропорту.

По-перше, розглянемо концепцію «музичного кутку» в аеропорту. Це може бути простір, оснащений різними музичними інструментами для професіоналів і любителів. Пасажири та персонал можуть насолоджуватися красивими мелодіями і гармонійною атмосферою. Ця концепція додає частинки радості до подорожей, особливо під час затримок або змін розкладу рейсів, де насолода від музики може допомогти зменшити напругу та заспокоїти нерви.

Для тих, хто шукає розваг, можна створити спеціальні зони в аеропорту, кожна з яких відповідає різним інтересам. «Рай для геймерів» пропонує зручні місця для сидіння і велику бібліотеку ігор для гравців будь-якого віку. Водночас ігровий майданчик забезпечує розваги як для дітей, так і для дорослих, створюючи веселу і захоплюючу атмосферу, а «кінотеатр» демонструє як старі класичні, так і сучасні фільми. Бібліотека в аеропорті стане не лише прибутковим проектом, але й можливістю популяризувати важливість читання та інтелектуального розвитку. Мандрівники можуть позичати книги за допомогою спеціальної «картки для читання».

В умовах підвищеної свідомості щодо здоров’я, впровадження «кутків здоров’я» в аеропортах є не лише прибутковою ідеєю. У цих куточках можуть бути міні-спортзали та кафе з акцентом на здорове харчування, що сприяє фізичному самопочуттю і забезпечує поживними варіантами, а аеропортам у свою чергу приносить додатковий прибуток.

Однією з найбільш нетрадиційних ідей є концепція «кімнат крику». Це звукоізоляційні простори, де можна виплеснути затаєне розчарування чи гнів, не заважаючи іншим пасажирам. Ця інновація може бути безцінною в часи емоційної напруги і значно поліпшити загальні враження від аеропорту.

Ці ідеї можуть створити додатковий дохід для аеропортів та залучити більше авіакомпаній до співпраці. Різноманітні зони задовольняють широкий спектр уподобань, надаючи пасажирам привід повернутися в аеропорт заради простого задоволення.

Хоча ці ідеї є крутим початком, можливості для збагачення середовища аеропорту безмежні. Використовуючи та розвиваючи ці інноваційні концепції, аеропорти можуть стати динамічними і багатогранними просторами, що задовольняють різноманітні інтереси та потреби пасажирів. Це дозволить їм перетворитися на напрямки, які варто відвідати, гарантуючи, що враження від аеропорту будуть не просто засобом досягнення мети, а незабутньою частиною самої подорожі, яку варто рекомендувати.

Висновки: Концепція впровадження не аеронавігаційної діяльності в аеропорти представляє собою трансформаційний підхід до розвитку аеропорту. Розширюючи спектр послуг і досвіду, пропонованих мандрівникам, аеропорти можуть перевизначити себе як місця, де хочеться бути, а не просто транспортні вузли.

Список літератури

1. Гелперн Н., Грехем А. Маркетинг аеропортів. Друге видання. США, 2022. С. 416.

2. Князєва Т.В., Полоус О.В. Фактори впливу на конкурентоспроможність авіатранспортних послуг в світогосподарській системі. *Наукові перспективи.* Сер. «Економіка». Київ, 2022. С. 128-141. DOI: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2022-10(28)-128-141

3. Фоднес Д., Мурей Б. Пасажири – очікування від якості сервісу у аеропорті. Китай, 2015. С. 335-342. DOI: https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/P20140627004-201509-201509220027-201509220027-333-340

4. Невикористаний потенціал управління доходами аеропортів. URL: https://www.wipro.com/engineering-construction-operations/the-untappedpotential-of-revenue-management-in-airports/

УДК 347.82

О.Б. Наумов, д.е.н., професор, О.В. Наумова, к.е.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Розвиток авіаційного транспорту України у післявоєнний період: стратегічні завдання

Розглянуто стратегічні цілі, завдання і пріоритети розвитку авіатранспортного комплексу України у післявоєнний період. Результати можуть бути використані при формування стратегічних програмних документів галузевого рівня.

Авіаційний транспорт є однією з ключових складових світової транспортної системи. Він багато в чому визначає інтеграційні можливості країн та перспективи їх економічного розвитку. Повномасштабне вторгнення з боку рф на територію України спричинило повне призупинення діяльності авіакомпаній в українському небі. Більшість авіакомпаній згорнули свою діяльність, у тому числі і найбільший перевізник – МАУ, лише окремі продовжують здійснювати польоти за кордоном.

Значної шкоди було завдано авіаційній інфраструктурі. Це стосується як прямих збитків, пов'язаних із руйнуванням об'єктів, так і непрямих, таких як відтік кадрів, втрата господарських зв'язків тощо.

Існує реальна загроза для вітчизняних перевізників втратити колишні позиції на міжнародних лініях після відкриття неба над Україною. Ці загрози пов'язані із значними перевагами, які матимуть іноземні перевізники, як мають потужну матеріальну базу та свободу дій згідно Угоди між Україною та ЄС про Спільний авіаційний простір (Common Aviation Area Agreement), а також плану Ukraine Local Single Sky Implementation [1] та European ATM Master Plan [2]. Необхідність протистояти високому ризику у післявоєнний період, вимагає формування узгодженої комплексної стратегії, яка створила б найбільш сприятливі умови для збалансованого розвитку всіх складових авіаційного транспорту України.

Основними викликами для авіатранспортного комплексу є такі:

- необхідність знову вбудовуватися у систему міжнародних авіаційних перевезень, відвойовувати нішу, яку в теперішній час зайняли іноземні перевізники та інші види транспорту – залізничний, автомобільний;
- відставання у розвитку матеріальної бази, кадрового потенціалу, систем управління та ін. через призупинення діяльності;
- нестача інвестиційних ресурсів для швидкого відтворення матеріальної бази галузі;
- низька інвестиційна привабливість вітчизняних перевізників, які постраждали від війни;
- відсутність кваліфікованих кадрів, зокрема льотного персоналу, обслуговуючого персоналу тощо.

Всі ці виклики вимагають детального опрацювання кожного напряму реалізації стратегії, формування відповідних програм та встановлення

реалістичних графіків їхньої реалізації.

Цим питанням традиційно приділялася значна увага з боку науковців, практиків [3] та з боку держави [4]. Водночас, корективи, які вносить хід війни, її тривалий характер, вимагають перегляду основних параметрів стратегічного розвитку галузі. Стратегія галузевого розвитку авіаційного транспорту повинна охоплювати потенціал та інтереси всіх його складових – авіакомпаній, аеропортів, сервісних компаній, фірм з технічного обслуговування і ремонту техніки, а також туристичних операторів та інші - суміжні види транспорту. Проблемним питанням залишається те, що стратегія не може базуватися на традиційному стратегічному аналізі, якій унеможливлений відсутністю поточної діяльності. Стратегічні орієнтири мають формуватися на основі орієнтирів розвитку глобального авіатранспортного ринку та загальних закономірностях розвитку галузі.

На наш погляд, до стратегічних цілей розвитку авіаційного транспорту України слід віднести такі:

1. Забезпечення скорішого відновлення авіатранспортної інфраструктури та парку авіаційної техніки. Для цього необхідно стимулювати інвестиційний процес у галузі, всіляко сприяти підвищенню інвестиційної привабливості, надати гарантії державного рівня партнерам та інвесторам.
2. Завершення імплементації вимог міжнародних угод щодо політики відкритого неба. Цей шлях, хоч і криє в собі загрози посилення конкуренції з боку іноземних перевізників (в основному на магістральних лініях), все ж таки залишається єдино вірним у контексті європейської інтеграції України.
3. Реформування системи інституційного регулювання авіатранспортного комплексу, надання більшої свободи учасникам ринку.
4. Стимулювання інтеграційних процесів у галузі, налагодження співпраці з глобальними авіаційними альянсами та постачальниками техніки.
5. Розвиток науки, трансфер технологій, стимулювання інноваційного розвитку для прискореного відтворення матеріально-технічної бази галузі на нових техніко-технологічних засадах, які відповідають провідному світовому рівню.
6. Відтворення і розвиток кадрового потенціалу. Новий етап розвитку галузі вимагатиме нових компетенцій, як від керівників, так і від персоналу суб'єктів галузі.
7. Розвиток систем управління якістю. Адаптація та впровадження міжнародних стандартів в усіх сферах діяльності суб'єктів авіатранспортного комплексу.
8. Відродження вітчизняного виробництва авіаційної техніки та компонентів для неї. Ця ціль є найбільш складною з точки зору реалізації, оскільки, навіть у більш стабільні часи, розвиток вітчизняного авіабудування відбувався стриманими темпами. Водночас, повномасштабна війна дала значний поштовх розвитку певних секторів авіабудування, зокрема безпілотних систем, що може стати точкою росту в майбутньому. Окрім того, підвищення попиту на розробки у сфері авіації повинні дати новий поштовх розвитку науки та інженерної думки.

До основних завдань, які деталізують і вирішують поставлені цілі

стратегічного розвитку авіатранспортної галузі слід віднести такі:

- удосконалення системи регулювання діяльності суб'єктів авіаційного транспорту, розмежування функцій і завдань між відомствами, усунення протиріч у нормативних документах;
- розвиток інтеграційних міжгалузевих процесів, залучання до співпраці суб'єктів інших видів транспорту, розвиток інтермодальних ланцюгів;
- пошук резервів для підвищення конкурентних позицій вітчизняних перевізників, насамперед на міжнародних маршрутах;
- використання сприятливого географічного розташування України для залучення міжнародних потоків пасажирів і вантажів, включення країни до системи міжнародних транспортних коридорів;
- пряме та непряме фінансове стимулювання перевізників та підприємств інфраструктури;
- стимулювання росту пасажиропотоку, розвиток туристичного бізнесу, формування інтернаціональної мережі мультитранспортних маршрутів за схемою «dumb-bell»;
- впровадження сучасних інформаційних технологій, формування спільної інформаційної системи управління транспортним комплексом країни;
- нагромадження знань та реалізація можливостей вітчизняної науки і техніки для цілей розвитку авіаційного транспорту;
- розвиток кадрового потенціалу – галузевої освіти, програм підвищення кваліфікації і перепідготовки працівників підприємств галузі.

Таким чином, інституційне регулювання розвитку авіатранспортного комплексу та його інфраструктури повинен відбуватися на засадах системності, комплексності та адаптивності, Стратегія галузевого розвитку повинна збалансовувати інтереси суспільства, держави та бізнесу, консолідувати спільні зусилля для досягнення поставлених завдань.

Список літератури

1. Ukraine Local Single Sky Implementation (LSSIP) document – 2022 URL: https://www.eurocontrol.int/publication/ukraine-local-single-sky-implementation-lssip-document-2022
2. What is the European ATM Master plan? URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/welcome-sesar-project/what-european-atm-master-plan_en
3. Kyrylenko O.M., Naumov O.B., Novak V.O., Razumova K.M., Tepnadze D.S. Institutional Foundations Of Development Of The Air Transport Sector And Supporting Infrastructure Air Transport 16 (1) Mar 9, 2022 p. 5-15
4. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1% .

UDC 629.7:658.5

V.V. Pyroh
(Private Joint-Stock Company "Higher education institution "Interregional Academy of Personnel Management", Ukraine)

The Role of Organizational Innovations in Optimizing Business Processes in the Aviation Industry

This paper explores the role of organizational innovations in improving business process efficiency and competitiveness in the aviation industry. It focuses on how technological integration, management restructuring, and innovation-driven practices contribute to operational optimization and economic performance.

In the modern aviation industry, companies face increasing operational complexity and competitive pressures, requiring constant innovation in business processes. Traditional methods of process optimization are insufficient to meet the rapidly changing demands of the global market. Organizational innovations, particularly in digital transformation and managerial restructuring, have emerged as key drivers for improving operational efficiency and competitiveness. This paper examines how such innovations enable aviation enterprises to streamline operations, reduce costs, and optimize their business processes in a highly regulated and competitive environment. The findings highlight the importance of organizational flexibility, real-time data integration, and innovative decision-making practices.

In recent years, one of the significant advancements in aviation has been the implementation of organizational innovations aimed at process optimization. Unlike conventional process management approaches, which relied heavily on manual labor and segmented operations, aviation companies now employ AI-driven solutions, automation technologies, and big data analytics to transform how they manage resources. The integration of real-time data systems allows aviation companies to monitor operational conditions continuously, optimize fuel consumption, and improve flight scheduling [1].

A notable example is the use of predictive maintenance, where digital systems analyze large volumes of data from aircraft components to forecast potential failures before they occur. This innovative approach has proven to drastically reduce downtime and extend the lifespan of aviation assets. According to recent studies, this method has helped reduce unplanned maintenance by up to 30%, leading to more efficient fleet management and significant cost savings [2]. Furthermore, the adoption of AI-driven systems for route optimization has enhanced overall operational efficiency by minimizing fuel consumption and improving on-time performance.

The successful implementation of these innovations also facilitates real-time decision-making and provides aviation managers with the ability to react swiftly to changing market conditions or operational challenges. By integrating machine learning algorithms into logistics and scheduling processes, companies can now anticipate disruptions and mitigate risks more effectively [3]. This leads to more efficient resource allocation and improved decision-making, which are critical for maintaining a competitive edge in the fast-paced aviation industry.

The transition to innovative business processes in the aviation industry necessitates significant changes in organizational structure and culture. Traditional hierarchical management models are increasingly being replaced by more flexible, decentralized systems that allow for quicker decision-making and greater adaptability. The decentralization of decision-making authority and the use of cross-functional teams have become standard practices in innovative aviation companies, leading to more rapid implementation of new technologies and solutions [4].

Research suggests that organizations that actively foster a culture of innovation and flexibility experience better performance outcomes. Cross-functional collaboration not only improves the speed of internal communications but also enhances problem-solving capabilities across different departments. This shift has been particularly beneficial in responding to external pressures, such as regulatory changes or fluctuating fuel prices, which require agile management responses [5].

Furthermore, the empowerment of employees to engage in decision-making processes leads to increased innovation at the grassroots level. By promoting a culture of innovation and open communication, aviation companies can better align organizational goals with employee contributions, fostering a continuous cycle of improvement. The creation of innovation labs or incubators within large aviation corporations is one example of how firms are institutionalizing innovation to drive business process optimization.

One of the most significant findings of this research is the profound economic impact that organizational innovations have on aviation companies. The adoption of digital tools and the optimization of internal processes have resulted in measurable cost reductions and increased profitability. For example, AI-driven route optimization and predictive maintenance systems have not only improved operational efficiency but also reduced operational expenses by as much as 15% annually [6]. These savings allow companies to reinvest in further innovation, creating a positive feedback loop that drives continuous improvement and competitiveness.

Additionally, the adoption of new business models has enabled aviation enterprises to capitalize on emerging market opportunities. Digital platforms, combined with innovations in customer relationship management, have revolutionized the customer experience. The implementation of real-time feedback systems and tailored services has not only improved customer satisfaction but also generated new revenue streams. The use of personalized service offerings based on data analytics has become a vital competitive advantage for aviation companies [4].

The economic benefits of organizational innovations extend beyond simple cost savings. The optimization of business processes, particularly in supply chain management and fleet utilization, has allowed companies to improve their environmental performance. Reduced fuel consumption and better logistics management directly contribute to lower carbon emissions, positioning these companies as leaders in sustainability efforts within the industry. This focus on environmental responsibility is not only beneficial for brand reputation but also aligns with global regulatory trends aimed at reducing aviation's carbon footprint [6].

Despite the clear advantages, the implementation of organizational innovations in aviation is not without challenges. One of the primary obstacles is the high initial cost associated with adopting new technologies and retraining employees. Digital

transformation requires significant investments in IT infrastructure, employee education, and process redesign. However, aviation companies that have made these investments report seeing substantial returns within three to five years, as process efficiencies improve and operational costs decline [5].

Another challenge lies in overcoming organizational resistance to change. Traditional hierarchical structures and long-standing operational methods often create barriers to innovation. However, companies that actively work to build a culture of innovation and adaptability are more successful in overcoming these barriers. Leadership plays a critical role in facilitating this transition by promoting transparency, communication, and employee involvement in the innovation process.

Looking to the future, the aviation industry will continue to rely heavily on organizational innovations to stay competitive. Emerging technologies such as blockchain, 5G connectivity, and the Internet of Things (IoT) will play a crucial role in further optimizing business processes and enhancing operational efficiency. Companies that are proactive in adopting these innovations will be better positioned to succeed in an increasingly competitive and technologically advanced market [3].

Conclusion

Organizational innovations are essential for optimizing business processes and improving economic performance in the aviation industry. By integrating digital technologies, fostering organizational flexibility, and promoting a culture of continuous improvement, aviation companies can significantly enhance their operational efficiency and competitiveness. The findings from this research indicate that these innovations not only reduce costs but also create new opportunities for revenue generation and sustainability, positioning aviation enterprises for long-term success in a rapidly evolving global market.

References

1. Смерічевський С., Побережна З., Гура С. Розвиток теоретико-методичних основ формування інноваційного потенціалу авіапідприємства. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-41 (дата звернення: 09.09.2024).
2. Stepanenko S., Gorodetska T., Rudenko S. Investment component of transport system development of ukraine. *Economic scope*. 2023. URL: https://doi.org/10.32782/2224-6282/184-21 (дата звернення: 09.09.2024).
3. Хаєцька О., Коваль О. Інвестиційно-інноваційна діяльність підприємств транспортно-логістичної сфери. *Економіка та суспільство*. 2024. № 59. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-111 (дата звернення: 09.09.2024).
4. Пермінова С. О., Баранець В. С. Інноваційна діяльність в галузі української авіації як індикатор створення start-up проектів: сучасний стан та перспективи. *Efektyvna ekonomika*. 2019. № 2. URL: https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.2.40 (дата звернення: 09.09.2024).

5. Соловей Н. В., Турова Л. Інновації в процесі господарської діяльності авіаційних підприємств. *Молодий вчений*. 2018. № 11(2). С. 1203–1206. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2018_11(2)__164 (дата звернення: 09.09.2024).

6. Вовк О., Абдулгусейнова А., Дмитрик Х. Економічна ефективність інноваційних процесів на транспортних підприємствах в умовах інтелектуалізації. *Економіка та суспільство*. 2021. № 32. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-74 (дата звернення: 09.09.2024).

УДК 338

Н.П. Сафонік, к.е.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Розвиток авіаційної галузі України в умовах повоєнного відновлення

У тезах проаналізовано наслідки повномасштабного вторгнення для авіаційної галузі України та інституційні заходи забезпечення післявоєнного відновлення авіаційного транспорту. Визначено основні фактори, які впливатимуть на розвиток авіаційної галузі у повоєнний період.

Авіаційна галузь є однією з ключових складових національної інфраструктури та економіки України, що забезпечує швидке транспортне сполучення, сприяє розвитку міжнародної торгівлі та залученню інвестицій. До початку повномасштабного вторгнення авіаційна галузь демонструвала стабільне зростання, що обумовлювалося як розвитком внутрішніх авіаліній, так і розширенням міжнародних маршрутів. Однак, війна суттєво змінила обставини, поставивши галузь перед новими викликами.

У контексті післявоєнної відбудови України розвиток авіаційної галузі набуває стратегічного значення не лише з точки зору економіки, але й для національної безпеки та відновлення міжнародних зв'язків. Водночас глобальні тенденції, такі як впровадження екологічно чистих технологій, цифровізація та посилення регуляторних вимог, також впливають на напрямки розвитку цієї сфери.

З початку повномасштабного вторгнення у результаті масованих ракетних обстрілів з 35 аеродромів пошкоджено 19, включаючи 12 цивільних і 7 аеродромів подвійного призначення, не враховуючи військові об'єкти. Результати досліджень вказують, що загальні втрати авіаційної галузі (інфраструктури та техніки, включаючи аеропорти, аеродроми та аеронавігаційне обладнання) складають близько 2,04 мільярда доларів США [1]. Такі значні втрати створюють серйозні виклики для відновлення галузі в післявоєнний період. Однак, попри масштаб руйнувань, цей сектор має величезний потенціал для розвитку за умови правильної стратегії відновлення. Окремі наслідки та інституційні заходи в контексті забезпечення стратегічних сценаріїв повоєнного відновлення авіаційного транспорту України показано на рис. 1.

Післявоєнне відновлення України повинно передбачати комплексне відродження ключових галузей, серед яких авіаційна займає особливе місце. Авіація відіграє важливу роль не лише у внутрішньому та міжнародному транспортному сполученні, але й у сприянні економічній інтеграції країни. Ефективний розвиток авіаційної галузі є критичним для підтримки міжнародної торгівлі, залучення інвестицій та створення нових робочих місць. Однак цей процес потребує чіткого бачення, стратегічного планування та реалізації низки заходів, спрямованих на відновлення інфраструктури, підтримку інновацій та стимулювання попиту. В даному контексті погоджуємось із І.М. Суворовою та

М.С. Ігнатушою, що основними факторами, які впливатимуть на розвиток авіаційної галузі України в майбутньому стануть:

– державна підтримка – необхідною є розробка комплексної стратегії відновлення авіаційної інфраструктури, що включатиме фінансування будівництва та ремонту аеропортів, злітно-посадкових смуг і модернізацію авіаційного парку. Для залучення інвестицій необхідно створити сприятливі умови, зокрема через надання податкових пільг, субсидій та інших стимулів. Важливо також налагодити тісну співпрацю з міжнародними партнерами для забезпечення розвитку авіаційної галузі в умовах повоєнної відбудови.

– відновлення інфраструктури – через війну Україна зазнала значних руйнувань в авіаційній інфраструктурі, однак, галузь має великий потенціал для відновлення, що повинен бути націлений на реконструкцію зруйнованих аеропортів і модернізацію існуючих об'єктів, що стане основою для залучення інвестицій у авіаційну сферу, стимулюючи її подальший розвиток.

– стимулювання попиту – прагнення України до інтеграції в Європейський Союз означає гармонізацію авіаційних стандартів із європейськими нормами. Це дозволить українським авіакомпаніям активно брати участь у міжнародних перевезеннях та конкурувати з іншими європейськими перевізниками. Світовий ринок авіаперевезень зростає, що сприятиме збільшенню попиту на авіаційні послуги. Туристичний потенціал України та її вигідне географічне положення також можуть стати важливими факторами для розвитку галузі, зокрема в сфері вантажних перевезень.

– розвиток кадрового потенціалу – якісна підготовка та перепідготовка авіаційного персоналу є ключовою умовою забезпечення безпеки авіаперевезень. Вдосконалення системи навчання через фінансування освітніх установ, розробку нових програм та підвищення кваліфікації спеціалістів сприятиме підвищенню стандартів галузі.

– інновації та технології – в повоєнному періоді вітчизняні авіакомпанії будуть змушені конкурувати з міжнародними перевізниками, що потребуватиме інвестування в сучасні технології та інноваційні рішення в сфері авіаційної безпеки, що дозволить підвищити конкурентоспроможність української авіації на глобальному ринку [3, с. 64].

Таким чином, врахування цих факторів дасть можливість Україні розбудувати потужну і конкурентоспроможну авіаційну галузь, яка стане важливим драйвером економічного зростання та відновлення країни.

Висновки. В умовах післявоєнного відновлення України авіаційна галузь має потенціал стати важливим рушієм економічного зростання та інтеграції країни у глобальну економіку. Відновлення інфраструктури, залучення інвестицій, впровадження інновацій та гармонізація з європейськими стандартами дозволять створити конкурентоспроможну авіаційну систему, яка сприятиме як пасажирським, так і вантажним перевезенням. Ключовою залишається державна підтримка у вигляді фінансових стимулів та співпраці з міжнародними партнерами. Крім того, важливим чинником стане розвиток кваліфікованих кадрів та інвестиції в нові технології, що дозволить українській авіаційній галузі не лише відновитися, але й зайняти гідне місце на світовому ринку авіаперевезень.

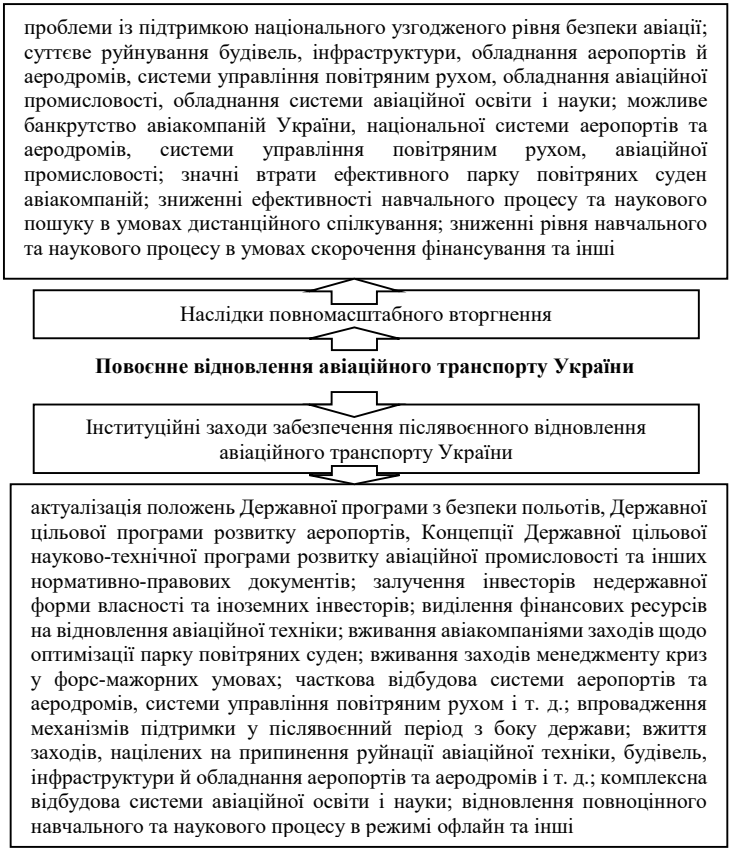


Рис. 1. Наслідки та інституційні заходи в контексті забезпечення повоєнного відновлення авіаційного транспорту України

Джерело: складено автором за даними [3, с. 243-256]

Список літератури

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf

2. Суворова І.М., Ігнатуша М.С. Перспективи розвитку авіаційної галузі в постконфліктній Україні. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*. 2024. № 1 (131). С. 62-66.

3. Харазішвілі Ю.М., Бугайко Д.О., Ляшенко В.І. Сталий розвиток авіаційного транспорту України: стратегічні сценарії та інституційний супровід: монографія / за ред. Ю.М. Харазішвілі; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2022. 276 с.

УДК: 658:656.2(477)

А.В. Соболєва,
О. В. Чумак, д. е. н, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Сутність і роль стратегічного управління в авіакомпаніях

Зважаючи на те, що деякі авіакомпанії призупинили або перенесли свою діяльність через економічні, політичні та епідеміологічні виклики останніх років, питання стратегічного управління у повоєнний період набуває особливої актуальності.

Авіаційна галузь є однією з найбільш вразливих до зовнішніх чинників, таких як зміни на світовому ринку, ціни на паливо, міжнародні санкції, воєнний стан та зміни в поведінці споживачів. За таких умов ефективне стратегічне управління стає ключовим інструментом забезпечення конкурентоспроможності та стійкості авіакомпаній.

Стратегічне управління передбачає розробку та реалізацію таких планів і завдань, які сприятимуть авіакомпаніям досягти її цілей. Цей процес може включати формулювання стратегії, планування організаційної структури та розподілу ресурсів, керівництво ініціативами змін і контроль процесів і ресурсів[2].

Для детального розуміння сутності поняття «стратегічне управління» важливо здійснити компаративний аналіз із різними підходами до його трактування. Розглянемо декілька визначень стратегічного управління у табл. 1.

Таблиця 1

Трактування поняття «стратегічне управління»

Автор	Визначення
Таня Саммут-Боннічі Університет Мальти [10]	Strategic management is defined as the process of evaluation, planning, and implementation designed to maintain or improve competitive advantage. The process of evaluation is concerned with assessment of the external and internal environments. Стратегічне управління визначається як процес оцінки, планування та реалізації, спрямований на підтримку або покращення конкурентної переваги. Процес оцінювання стосується оцінки зовнішнього та внутрішнього середовища.
Вілл Келтон [11]	Strategic management is an approach to the management of an organization's resources in order to achieve its goals and objectives. Стратегічне управління – це підхід до управління ресурсами організації для досягнення її цілей і завдань.
О.М. Тищенко [3]	Стратегічне управління – це процес, що включає формулювання цілей діяльності підприємства з наступною розробкою і реалізацією стратегії,

	спрямованою на досягнення встановлених цілей відповідно змінам зовнішнього середовища.
М. А. Латинін, Т. М. Лозинська, І. В. Дунаєв [4]	Стратегічне управління –це процес постійного впливу на об'єкт управління, який здійснюється, виходячи з об'єктивної оцінки його стану, із врахуванням 6 змін навколишнього середовища та прогнозу подальшої їх динаміки для досягнення цілей розвитку.
Л. Є. Довгань, Ю. В. Каракай, Л. П. Артеменко [5]	Стратегічне управління – це діяльність націлена на активну підготовку майбутнього та створення ситуації, що була б максимально наближена до поставлених цілей організації в майбутньому.
І.В. Журило [6]	Стратегічне управління – це складна система, у якій відбуваються процеси аналізу, розробки, реалізації та контролю стратегій, направлених на досягнення місії та цілей функціонування організації.
М.І. Небава [7]	Стратегічне управління – це реалізація концепції, в якій поєднуються цільовий та інтегральний підходи до діяльності підприємства, що дає можливість встановлювати цілі розвитку, порівнювати їх з наявними можливостями (потенціалом) підприємства та приводити їх у відповідність шляхом розробки та реалізації системи стратегій.
З.Є. Шершньова, С.В. Оборська, Ю.М. Ратушний [8]	Стратегічне управління – це процес, за допомогою якого менеджери здійснюють довгострокове керівництво організацією, визначають специфічні цілі діяльності, розроблюють стратегії для досягнення цих цілей, враховуючи всі релевантні (найсуттєвіші) зовнішні та внутрішні умови, а також забезпечують виконання розроблених відповідних планів, постійно розвиваючись і змінюючись.

На думку Тобіаса Рюкерля, стратегічним управлінням є процес планування, який використовується для того, щоб допомогти авіакомпанії визначити свою місію та загальний напрям або стратегічні наміри. Це процес, який допомагає авіакомпанії розробити план досягнення та реалізації своїх цілей, який необхідний для того, щоб вивести компанію в майбутнє. Стратегічне управління визначає шлях або напрямок, яким слідуватиме авіакомпанія, шукаючи нові ринки, залучаючи або утримуючи клієнтів, конкуруючи з ринковими конкурентами та керуючи бізнесом [9].

Стратегічне управління дозволяє підприємствам зберегти свою присутність на ринку, досягти конкурентної переваги та підвищувати свою прибутковість. Цей метод використовується для оцінки потенційних перспектив бізнесу та вирішення поточних проблем. Усі підприємства можуть отримати вигоду від стратегічного управління, яке допоможе їм досягти довгострокових цілей. Цей процес особливо важливий, коли підприємство функціонує під час великих змін або стикається з агресивною конкуренцією. Наприклад, стартап,

який переходить у фазу масштабування, може запровадити стратегічне управління для спрямування зростання [1].

Відповідно до вищенаведеного, надамо власне визначення стратегічного управління. На нашу думку, стратегічне управління – це система, у якій на основі аналізу поточного стану авіакомпанії, здійснюється дослідження майбутніх можливостей та загроз, а також визначення шляхів досягнення довгострокових результатів за найбільш оптимального використання ресурсів. Стратегічне управління передбачає розробку чіткого плану з урахуванням адаптації ринку до запропонованих змін, а також постійне дослідження ефективності обраних стратегій, з метою забезпечення авіакомпанії можливостей для зростання та конкурентоспроможності на ринку авіаційних послуг.

Стратегічне управління є ключовим процесом для забезпечення конкурентоспроможності та довгострокового успіху бізнесу у авіаційній галузі, включає аналіз поточного стану компанії, вивчення майбутніх можливостей, розробку і реалізацію стратегій, що сприяють досягненню довгострокових цілей. Ефективне стратегічне управління дозволяє авіакомпаніям адаптуватися до змін ринку, впроваджувати інновації та зарубіжний досвід, залишатися конкурентоспроможними та забезпечувати стійке зростання.

Список літератури

1. Ekrem Süzen. «Analysis techniques for strategic management in the aviation sector». E3S Web of Conferences, 05022 (2023) IPFA 2023 452 2. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/89/e3sconf_ipfa2023_05022.pdf (дата звернення 11.09.24)
2. The Miro Team. «What is the strategic management process + how to get started». July 11. 2022. URL: https://miro.com/blog/strategic-management-process/ (дата звернення 11.09.24)
3. Тищенко О.М. Стратегічне управління : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Уклад.: В.О. Могилко, І.А. Дмитрієв, Р.В. Сагайдак-Нікітюк, І.Ю. Шевченко, О.А. Ященко. Х.: ХНАДУ, 2016. с. 252. URL: https://vseosvita.ua/library/embed/01003qnw-c7a5.doc.html (дата звернення 11.09.24)
4. Стратегічне планування : навч. посібник / М. А. Латинін, Т. М. Лозинська, І. В. Дунаєв ; за заг. ред. д.е.н., проф. О. Ю. Амосова. 2-ге вид., перероб. та допов. – Харків : Вид-во ХарРІ НАДУ «Магістр», 2013. 248 с.
5. Довгань Л. Є., Каракай Ю. В., Артеменко Л. П. Стратегічне управління. Навч. посіб. 2ге вид. К.: Центр учбової літератури, 2011. с. 440. URL: https://duikt.edu.ua/uploads/l_1233_45082245.pdf (дата звернення 11.09.24)
6. Журило І.В. Сутність системи стратегічного управління та методика її впровадження на підприємстві». Наукові праці КНТУ. Економічні науки, випуск 15. 2009. С. 86-90. URL: https://core.ac.uk/download/42031309.pdf (дата звернення 11.09.24)
7. Небава М. І., Ратушняк О. Г. Менеджмент організацій і адміністрування : навч. посіб. Вінниц. нац. техн. ун-т. Вінниця, 2012. С. 101-104.

8. Шершньова З.Є., Оборська С.В., Ратушний Ю.М. Стратегічне управління: Навч.- метод. посібник. К. : КНЕУ, 2001. С. 232.

9. Tobias Rueckerl. «Strategic Management in Aviation», 22 January 2020. URL: https://www.linkedin.com/pulse/strategic-management-aviation-tobias-rueckerl/ (дата звернення 11.09.24)

10. Tanya Sammut-Bonnici. «Strategic Management» (January 2015), Wiley Encyclopedia of Management, edited by Professor Sir Cary L Cooper.Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Ltd. URL: https://www.researchgate.net/publication/272352897_Strategic_Management (дата звернення 11.09.24)

11. Will Kenton. «What Is Strategic Management?», August 31, 2024. URL: https://www.investopedia.com/terms/s/strategic-management.asp (дата звернення 11.09.24)

UDC 336.6

T.D. Girchenko, PhD in Economics, Professor,
T.S. Kaidashova
(National Aviation University, Ukraine)

Challenges in Building Trust and Loyalty in Airline Branding

This paper explores the critical role of trust and loyalty in the competitive airline industry. A strong brand image and customer satisfaction are key drivers of loyalty. Prioritizing safety, transparent pricing, and proactive customer engagement are crucial for airlines to build enduring relationships with passengers, ensuring long-term success.

The critical role of trust and loyalty in the airline industry cannot be overstated. In an industry characterized by high stakes and inherent risks, passengers rely heavily on airlines to deliver safe, reliable, and efficient services. Trust is the bedrock upon which strong customer relationships are built, while loyalty is the ultimate goal. By consistently delivering on promises, exceeding expectations, and fostering a sense of security, airlines can cultivate a loyal customer base and gain a competitive edge in the market.

The significance of trust and loyalty in constructing robust airline brands has been a focal point of numerous academic investigations. For example, a study featured in the Journal of Air Transport Management [1] underscored the pivotal role of customer trust in driving brand loyalty within the airline industry. The research emphasized that consistent service delivery and transparent communication strategies are instrumental in cultivating trust, which ultimately translates into sustained customer allegiance. Developing transparent communication strategies is possible with the help of digital marketing, which was born as a new field of marketing science that could provide more and more new ways and opportunities for various businesses to establish two-way communication with their customers [2].

Furthermore, an examination of the relationship between brand image and customer loyalty in the airline sector, published in the Management Science Letters [3], revealed that service quality and customer satisfaction are integral to developing trust in airlines. The study highlights that consistent service delivery and responsiveness to customer needs are essential for fostering trust among passengers. It is also necessary to perform the following actions: think through the concept of advertising; find a suitable thought leader; agree on cooperation; discuss the nuances of advertising; monitor work performance [4].

Additionally, research published in the Future Transportation [5] delved into the impact of emotional branding on customer loyalty within the airline context. The findings indicated that airlines capable of forging emotional connections with their clientele can significantly enhance brand loyalty. This suggests that customers are more inclined to select brands that resonate with their personal values and experiences.

Overall, these studies underscore the necessity of a multifaceted approach to building trust and loyalty in airline branding. Prioritizing service quality, cultivating

a strong brand image, and fostering emotional connections with customers are essential components of this endeavor.

After researching the mentioned studies, it would be appropriate to create a conceptual framework (fig. 1). The scheme illustrates the interconnectedness of customer trust, brand image, emotional connection, and customer loyalty in the airline industry.

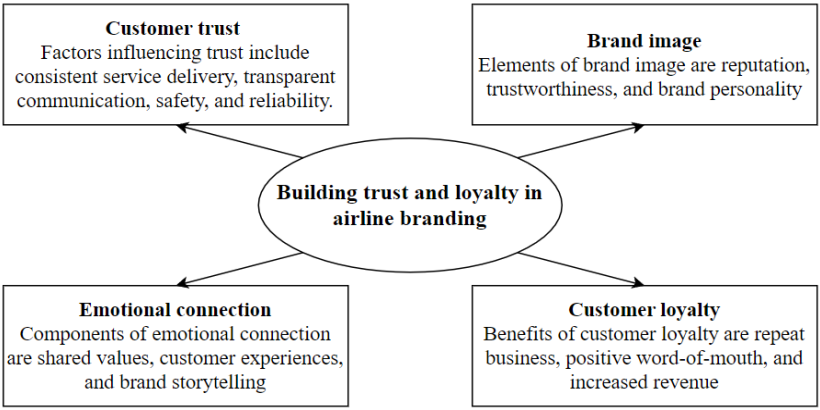


Fig 1 .Conceptual framework of building trust and loyalty in the aviation sphere. Developed based on processing source 1.

As we can see, trust and loyalty are foundational to sustained success in the highly competitive airline industry. They are intricate constructs, deeply intertwined with passenger perceptions and experiences. Trust, in this context, represents the belief that an airline will consistently prioritize passenger safety, deliver on its promises, and act with integrity. It is the cornerstone upon which enduring customer relationships are built. Loyalty, conversely, is a deeper commitment characterized by repeat patronage, advocacy, and a resistance to switching to competing airlines.

The relationship between trust and loyalty is undeniable. Airlines that successfully cultivate trust are more likely to engender loyalty among their customers. Conversely, a lack of trust can erode loyalty and lead to customer attrition. High levels of trust and loyalty translate into tangible business benefits, including increased customer retention, positive word-of-mouth referrals, premium pricing opportunities, and ultimately, enhanced profitability.

Several key factors underpin the development of trust in the airline industry. At the core lies transparency, as effective communication is the cornerstone of trust. Airlines must prioritize clear, honest, and timely information sharing with passengers. This includes transparently addressing flight delays, cancellations, and disruptions, as well as providing proactive updates on travel advisories and safety measures. Effective crisis management strategies are crucial for maintaining trust during challenging situations. Leveraging social media platforms can be

instrumental in reaching a wide audience and fostering open dialogue with passengers.

Demonstrating an unwavering commitment to passenger safety is paramount for building trust. Airlines must invest in robust safety protocols, cutting-edge technology, and rigorous employee training. Cultivating a strong safety culture within the organization is essential for creating a shared sense of responsibility among all employees. Effectively communicating safety measures to passengers, such as highlighting security procedures and emergency protocols, can further enhance trust.

Moreover, airlines should strive for consistency in service delivery across all touchpoints, from booking to arrival. Empowering employees to make decisions and resolve customer issues promptly can significantly enhance passenger satisfaction. Investing in employee training programs focused on customer service excellence is essential for creating a culture of service orientation.

Finally, hidden fees and unexpected charges erode trust. Airlines must adopt transparent pricing practices, clearly communicating all costs associated with a flight. Implementing fair pricing strategies, such as avoiding discriminatory pricing practices, can foster a sense of equity among passengers. By providing clear and upfront information about fees, airlines can build trust and enhance customer loyalty.

Thus, trust, a cornerstone in the airline industry, is intricately linked to various operational and strategic elements. The following table outlines key factors that significantly impact passenger trust.

Table 1

Key factors impacting passenger trust

Factor	Key components
Transparency and communication	Effective crisis management, proactive communication, clear and honest messaging, social media engagement, passenger feedback mechanisms
Safety and security	Robust safety protocols, cutting-edge technology, employee training, transparent safety communication, emergency preparedness
Service excellence	Consistent service delivery, employee empowerment, personalized customer experiences, efficient complaint resolution, service recovery
Pricing transparency	Clear and upfront pricing, avoidance of hidden fees, fair fare structures, price consistency, value perception
Reliability and punctuality	On-time performance, schedule adherence, operational efficiency, proactive communication of delays

Developed based on processing source 3.

However, several challenges can impede these objectives. Inconsistency in service delivery across various touchpoints, breaches of trust resulting from incidents such as data breaches or overbooking, economic downturns necessitating

service reductions, negative publicity, and intense competition all pose significant threats to building and maintaining strong customer relationships.

To address these challenges, airlines must adopt a proactive and strategic approach. Prioritizing a customer-centric culture, coupled with robust crisis management plans, is essential. Consistent employee training, fostering open communication channels, and leveraging data analytics to understand customer preferences are critical components of this strategy. Building a strong brand identity, emphasizing sustainability, and continuously innovating loyalty programs can further enhance customer loyalty. By investing in employee well-being and fostering a positive work environment, airlines can improve service quality and ultimately strengthen their position in the market. Overall, this comprehensive approach, encompassing both defensive and proactive measures, is vital for overcoming obstacles and establishing enduring customer relationships in the highly competitive airline industry.

References

1. Yung-Kun Sung, H. Hu, (2021). The impact of airline internal branding on work outcomes using job satisfaction as a mediator. *Journal of Air Transport* Management https://www.semanticscholar.org/paper/The-impact-of-airline-internal-branding-on-work-job-Sung-Hu/4483c5b33e85a5fd4955153adb596919dc62b59c
2. Girchenko T., Ovsiannikova J. Digital Marketing and its Role in the Modern Business Processes. EUROPEAN COOPERATION. 2016. № 11 (18). С. 24 – 33. http://we.clmconsulting.pl/index.php/we/article/view/244/616
3. E. B. Setiawan, Sumirah Wati, (2020). Building trust through customer satisfaction in the airline industry in Indonesia: Service quality and price fairness contribution Management Science Letters. https://www.semanticscholar.org/paper/Building-trust-through-customer-satisfaction-in-the-Setiawan-Wati/fda8f63ba2d927651ae42cf1e0a936e8de167e1d
4. Girchenko T. D., Marynina O. L. Influencer Marketing for Brands in Social Media. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Маркетинг в Україні», 20 жовтня 2023р. Київ: КНЕУ, 2023. 454–456. https://ir.kneu.edu.ua/items/3addacbb-086b-4814-be73-6f2e19b0a146
5. J. Sallan, Oriol Lordan (2023). Recent Trends in Air Transport Research: A Bibliometric Analysis. Future Transportation https://www.semanticscholar.org/paper/Recent-Trends-in-Air-Transport-Research%3A-A-Analysis-Sallan-Lordan/beeb82ab05459756f2d62d89c0b10532b0f8b65a

UDC 656.07:005.511(043.2)

S.V. Kharytska, PhD, A.V. Kolisnychenko, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Inappropriate technologies of business administration of the Ukrainian aviation industry in the 21st century

An analysis of the problems of the aviation industry in Ukraine and possible ways to solve them is proposed. The specific problems of the industry during the years of independence and the period of russia's full-scale invasion of Ukraine are indicated.

Ukraine is the territory for more than a thousand peoples and nationalities of the world that has created its own state, grown into a nation and has its own identity. In the spiritual and political life of every nation, there are events and years that are forever part of its history, consciousness, and determine the nature of its existence, place and role in global civilization processes. Today, we have events in our history that have demonstrated to the whole world the aspiration of the Ukrainian people for a free, happy, prosperous, independent life. This was confirmed by the will of the people in 1991.

Ukrainian independence is the result of a thousand-year struggle of the Ukrainian people for the right to have their own national state. The process of the state's emergence and development was long, complex, and at some stages of history quite controversial. This was due to the extremely difficult historical fate of the Ukrainian people, numerous obstacles to the formation of their national identity, and the brutal persecution of those who tried to raise the national question in the face of foreign enslavement.

Our historical memory has firmly recorded many historical pages: the destruction of golden-headed Kyiv, the Battle of Berestechko, the drama of the Poltava Battle, the insidious destruction of the Sich Republic, the Ems Decree and the Value Circular banning the Ukrainian language, the Executed Renaissance of the 1920s, the Holodomor of 1933, the Chornobyl tragedy of 1986, the annexation of the Crimea and the beginning of a full-scale invasion of 2022 [1].

The independence of our country has become a reality. Ukraine has all the formal signs of a state: a coat of arms, a flag, an anthem and a state language. Since its independence, Ukraine has gone from being a formal republic within the former USSR to a world-renowned state. One hundred and twenty three countries have recognized Ukraine as a sovereign country and diplomatic relations have been established with almost 90 countries.

Ukraine's political independence became a prerequisite for its economic independence. The primary task was the transition to a market economy, which would allow the release of the creative energy of the people and the full realization of the national economic potential.

New horizons opened up for Ukraine after it gained independence. The previous stage of Ukraine's existence in the USSR had great achievements related to civil aviation, which began to develop in Ukraine at the beginning of the XX century (1923 – "Ukrvozdukhput" airline, which became the basis for the creation of the

Soviet and then russian “Aeroflot”). A new era in the history of civil aviation in Ukraine began with the establishment of the state aviation regulatory authority, Ukraviation, in October 1992 [2].

On September 9, 1992, Ukraine became a member of ICAO, acceding to the Convention on International Civil Aviation (statement of the Prime Minister of Ukraine dated 28.07.1992 to the US Government on Ukraine's accession to the Convention on International Civil Aviation). Two ICAO European Regional Training Centers are launched in Kyiv:

1. Aviation Safety Center (based at Boryspil International Airport and the National Aviation University) – since 1996.

2. The Center for Training of State Flight Safety Inspectors and State Airworthiness Inspectors of Civil Aircraft (based on the National Aviation University) – since 2001 [3].

In May 1993, Ukraine adopted its own Air Code [4] and rapidly established air bridges with many countries around the world. European integration became a priority for Ukraine. The National Program of Ukraine's Integration into the European Union (EU) was developed and adopted. The chosen path involves many changes in all areas, including civil aviation [5].

At the end of November 2019, a roundtable discussion was held in Kyiv on the topic “Current state and prospects of the aviation industry in Ukraine”. The event stated that over the past 10 years (from 2009 to 2019), the aviation industry in Ukraine has not received adequate state support and called on the political leadership to immediately begin addressing the systemic problems of the aviation industry in Ukraine.

The roundtable was attended by representatives of the President Office, the Ministry of Economy, State Concern “Ukroboronprom”, State Enterprises “Antonov” and “Zaporizhzhya Machine-Building Design Bureau ‘Progress’ named after Academician O.G. Ivchenko”, private joint-stock companies ‘Motor Sich’ and ‘Ukrainian Research Institute of Aviation Technology’, Kharkiv State Aviation Production Enterprise, Association “Ukaviaprom”, PJSC “FED”, Corporation ‘UAC’, LLC “Aviation and Space Systems and Technologies”, Trade Union of Aircraft Manufacturers of Ukraine, Federation of Employers of Ukraine and National Aviation University. That is, all organizations involved in the development of the Ukrainian aviation industry. The Ukrainian Institute for the Future initiated the event to raise the issues of this extremely promising industry. Even then, the participants noted that Ukraine was becoming more and more of an agrarian country, and those large projects where Ukrainian specialists would take leading positions were being ignored because that was how imperial russia saw our state. The Soviet Union’s principle that all the best should be in moscow has been preserved and even strengthened in the aviation industry.

At the beginning of its independence, when Ukraine first gained this status, it was one of the seven aviation powers in the world, and over the thirty years since then, the industry has accumulated a number of problems that prevent it from operating effectively, both as a whole and as an individual enterprise.

According to a study by Defense Express magazine, if the conditions for the recovery and development of the aircraft industry are not created, and the status quo

is maintained, Ukraine is likely to lose its aviation industry over the next five years and become an agricultural country even more. In addition, such a loss will lead to stagnation of other industries – due to its high technological efficiency; one job in the aircraft industry creates up to 10-12 jobs in other industries, including science [6].

While the countries of the global aviation industry have consistently supported their domestic producers, in Ukraine, such support from the state was completely absent from 2009 to 2019, which is almost fatal for such an industry.

In 2019, the country's political leadership faced the issue of urgently creating a single center for the formation and implementation of state policy on the management of the aviation industry. All these miscalculations and shortcomings have been observed since the beginning of russia's full-scale invasion of Ukraine.

The SC "Ukroboronprom" did not actually perform management functions, had no right to dispose of budget funds, could not finance production programs and, as a result, the critical state of the entire aviation industry was uncontrolled and threatened to be lost for Ukraine.

At the end of the second decade of the XXI century, there was no State Target Program for Scientific and Technical Development of the Aviation Industry of Ukraine for a long-term period (at least 10-15 years), which would comprehensively reflect the ways to solve the main problems of aviation industry enterprises, including with the involvement of state support, taking into account the need to complete import substitution programs, certification of aircraft and aviation industry enterprises of Ukraine according to EASA and FAA standards and the formation of demand for "Antonov" aircraft on the international and internal aviation markets, development of new promising projects, modernization and technical re-equipment of production facilities, creation and improvement of the after-sales service infrastructure, etc.

At the same time, the long-term absence of a state defense and consolidated state order for the development, production and supply of Ukrainian aircraft and simulators for the needs of the state (primarily law enforcement agencies) significantly reduces the workload of industry enterprises and impedes the promotion of Ukrainian products to international aviation markets.

Adoption of the Law of Ukraine dated 20.12.2016 N 1792-VIII "On ensuring the large-scale expansion of the export of goods (works, services) of Ukrainian origin by means of insurance, guaranteeing and cheapening of export crediting" [7] should ensure the effective operation of the Export Credit Agency and stimulate the export of Ukrainian products. Nevertheless, the difficulty and duration of obtaining loans by state enterprises in the aircraft industry, including obtaining state guarantees to attract funds for aviation programs, as well as the significantly higher cost of such funds puts Ukrainian enterprises in non-competitive conditions compared to Western manufacturers.

In recent years, "Antonov" State Enterprise has been associated with corruption scandals, management negligence and lost aircraft production. During the years of independence, the company's potential was drowned in corruption schemes and disputes among managers. But the full-scale invasion of russia became the peak manifestation of the decline of the industry. A symbol of these problems was the loss of the world's largest aircraft, the "Mriya", which was not evacuated to Germany in time. Part of the ships were damaged due to hostilities, the airfield in Hostomel was

almost destroyed, and the workshops were under threat of shelling. During more than two years of the Great War, the management of "Antonov" completely changed, because as it turned out, there were people at the head who did not support the independent development of the enterprise at all, but were determined to serve the Russian measure, gradually subjugating and destroying the Ukrainian component in the development of new systems. The new managers were faced with the problem of finding ways to save the enterprise before it was too late. But the desired changes are not happening – in 2020, as a sign of protest, the next general director of Antonov, Oleksandr Los, resigned. The company was headed by Chief Engineer Serhii Bychkov. It is with this person that the loss of the world largest An-225 "Mriya" aircraft will be associated. In March 2023, Bychkov was arrested, and in April he was officially charged with the loss of the An-225 "Mriya" and losses of UAH 8.4 billion [8].

Vyacheslav Boguslaev, the Hero of Ukraine in a leadership position, turned out to be another traitor, who for 29 years of ownership of "Motor Sich" remained loyal to russia even during the russian invasion and bombing of his own plant. Boguslaev's life and activities are symptomatic of all the years of Ukrainian independence. Now the era of "red directors" or "pro-russian feudal lords" is coming to the end and Ukraine is turning this page of history [9].

The need for state reinvestment in the aviation industry is obvious. In world practice, it is accepted to provide state preferences for science-intensive industries (aircraft construction is undoubtedly one of them) – this contributes to the intensive development of enterprises in the industry, which as a result ensures high competitiveness of the country. As is known, the economic potential of the country depends on the potential of science-intensive and high-tech enterprises. The aviation industry provides a multifaceted economic effect for adjacent sectors of the economy, connected by a single technological chain, and creates an image of Ukraine as a developed industrial state in the world.

References

1. Стан української авіації у період відродження державності України (2011). Отримано з https://osvita.ua/vnz/reports/astronom/25966/
2. Цивільна авіація України (2010). Отримано з http://proukraine.net.ua/?page_id=451
3. Міжнародна організація цивільної авіації (2024). Отримано з https://mtu.gov.ua/content/mizhnarodna-organizaciya-civilnoi-aviacii.html
4. Повітряний кодекс України (2008). Отримано з https://ips.ligazakon.net/document/JF1TX00A?an=3
5. Авіаційна промисловість України – на бриючому польоті (2019). Отримано з https://defence-ua.com/weapon_and_tech/aviatsijna_promislovist_ukrajini_na_brijuchomu_poloti-250.html
6. Ходжес, Бен (2024). РФ і надалі намагатиметься не дати Україні міцно стояти на ногах. Отримано з https://defence-ua.com/minds_and_ideas/ben_hodzhes_rf_i_nadali_namagatimetsja_ne_dati_ukrajini_mitsno_stojati_na_nogah-246.html

7. Закон України № 1792-VIII (2016). Про забезпечення масштабної експансії експорту товарів (робіт, послуг) українського походження шляхом страхування, гарантування та здешевлення кредитування експорту. Отримано з https://www.me.gov.ua/LegislativeActs/Detail?lang=uk-UA&id=fd998a9e-297d-4f2f-bf99-568c04c42f39

8. Мірошниченко, Богдан; Гордійчук, Дана (2023). Війна та корупція на «Антонові». Чи зможе Україна колись відновити будівництво літаків? Отримано з https://www.epravda.com.ua/publications/2023/04/10/698942/

9. Мірошниченко, Богдан; Гордійчук, Дана (2022). Недоторканий «дід» та його дітище. Як Богуслаєв і «Мотор Січ» працювали на Росію. Отримано з https://www.epravda.com.ua/publications/2022/11/3/693392/

UDC 629.7.05

A. Kovalenko, Ye. Osipova, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

Innovative Technologies in Project Management for Student Rocket Development

The article discusses innovative approaches to project management in the development of student rockets. The focus is on the application of Agile, Scrum, and digital tools to improve coordination and enhance management efficiency under resource constraints.

Enhancing Project Management in Student Rocket Development

Projects pertaining to the development of rockets are, by nature, complex activities, mainly characterized by a multitude of interdependent tasks, bound by scarce resources. Their management is invariably dependent on successful implementation by modern methods of project management that are highly flexible and responsive. Traditional methods may, at times, fall short of delivering required adaptability. The paper shall throw light on some of the latest strategies such as Agile, Scrum, and digital tools, thereby aiding students in vastly improving the process with a high degree of efficiency.

Agile Principles in Project Management

Agile methodology provides sufficient flexibility that can meet rapid changes in requirements and unexpected challenges. In the Agile methodology being applied within student rocket projects, it allows teams to be responsive to continuous evolution in technical specification, resource availability, and project scope.

- Iterative Planning: The project needs to be divided into small iterations or sprints so that the work can be reviewed at regular intervals. Further, changes and feedback should be incorporated in due time. For example, if there is a technical glitch in the propulsion system, Agile would facilitate the use of resources by readjusting the plans without dislocating the whole timeline.

- Continuous Feedback: Continuous feedback loops make people communicate openly, which ensures that problems are caught and solved as fast as possible. It cultivates a collaborative environment where problem-solving is enhanced and responsibility among team members will also be developed accordingly.

- Cross-functional Collaboration: Agile also advocates for collaboration between members of the team with diverse skill sets such as, but not restricted to, aeronautics, electronics, programming, and structural engineering to optimize the design and functionality of the rocket.

Scrum Application for Team Coordination

Scrum is one of the most popular modes of Agile development. Scrum mode is very effective in managing the projects that require high levels of collaboration among

interdisciplinary teams. The Scrum mode splits a project lifecycle into small and time-boxed periods called sprints, which are usually two to four weeks.

- Sprints: Each sprint has certain tasks or milestones to perform, so with successive sprints, a team can give incremental results while continually improving their approach through ongoing feedback.

- Scrum Practices: Daily stand-ups help team members briefly update one another, mention impediments, and align their efforts so that all are on the same page. Impediments or obstacles are an inevitable part of working on a project.

- Sprint Retrospectives: Scrum retrospectives allow a team, after each sprint, to look at what did not go as well and make the necessary changes so their process can be improved when continuing with the next sprints.

With attention to transparency and accountability, Scrum fosters a culture of trust and collaboration within the teams. Hence, teams can adapt to changes quickly or solve problems occurring in the team.

Digital Tools of Project Management

In this respect, managing the complexity of student rocket development projects requires the support of modern digital tools. These make a big difference in handling various aspects that relate to project management, from task tracking to communication.

- Project Management Platforms: Jira, Trello, and Microsoft Project are some of the tools to organize tasks, assign responsibility, and monitor their progress in real time. Example: While Jira has more advanced issue tracking, Kanban boards by Trello provide a place to ideate workflow and prioritize tasks in terms of their importance.

- Collaboration Communication Tools: Tools like Slack and Microsoft Teams help with instant messaging, file sharing, and video conversations for smooth interaction among team members to avoid delays in dissemination of information and speedy decision-making.

- Version Control and Document Management: Tools such as GitHub and Google Drive allow multiple users to collaborate by tracking changes, managing revisions, and hosting central repositories for project information to ensure consistency and collaboration.

- Automation Tools: Automation tools can remind teams of deadlines and generate performance reports, enabling the teams to utilize more productive time on other, more critical aspects of the projects.

Benefits through the Utilization of Innovative Technologies

Agility, Scrum, and digital tools offer several advantages for student projects in rocket development:

- Agility in Change Management: The Agile and Scrum methodologies will permit rapid adaptation to changes that occur either in technical requirements or emergent tasks, crucial for solving unexpected challenges.

- Effective Risk Management: Continuous monitoring and iterative planning allow for the identification and mitigation of risks in a timely manner, keeping the project on course.

- Improved Teamwork: The clear indication of increased transparency and regular communication is improved coordination, adding value to overall efficiency.

- Improved Productivity: Digital tools help manage tasks and collaboration in such a way that administrative burdens are reduced, hence improving productivity.

- Higher Quality Outcomes: Iterative refinement and continuous feedback ensure that project deliverables meet the desired standard and work as expected.

- Accountability: With clear task assignments and transparent tracking, there's an added feeling of responsibility, ensuring that each group member takes ownership of what they are doing.

Practical Implementation

Agile and Scrum methodologies have been successfully tried on student projects on rockets, considering their ability to support teams in coping with complexities and boosting positive results. Such a team might structure this type of project, preparing a rocket for competition, into phases: design, assembly, testing, and launch. Subsequently, each of these phases can be subdivided into sprints, with which team members will be able to concentrate on particular tasks in relatively small time frames.

- Design Phase: The teams brainstorm the specifications for the rocket on collaborative tools like CAD software integrated with project management platforms, allowing real-time refinement of designs.

- Assembly Phase: Scrum is iterative in nature, allowing teams to take the assembly in steps, testing and validating one component before moving on to the next.

- Testing Phase: Agile provides continuous feedback, enabling teams to identify defects through simulations and physical trials and fix them for enhanced reliability and performance.

- Launch Phase: The final sprint will involve preparation for launch, logistic coordination, and all final checks required for the successful execution of a launch event.

Conclusion

Innovative project management methodologies and the use of digital tools significantly improve the efficiency and effectiveness of student rocket development projects. Agile and Scrum frameworks allow flexibility and adaptability in managing complex projects with multitasking activities and limited resources for quick responses to changes and mitigating risks. The assistive digital tools help manage tasks, communication, and collaboration in a more well-organized manner within the team. The integration of these modern approaches ensures that student teams have full flexibility in managing changes, improving risk management, and enhancing overall teamwork and achievements. Agile and Scrum, applied to practice and backed by powerful digital tools, result in better project outcomes and develop students' valuable

skills concerning project management, teamwork, and technological proficiency. These skills are crucial for future careers in aerospace engineering and other technical fields; hence, the success of a student rocket development project is determined by how projects are managed innovatively.

References

1. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. – Scrum.org, 2020. – 21 p.
2. Knaster M., Leffingwell D. SAFe 4.0 Distilled: Applying the Scaled Agile Framework for Lean Software and Systems Engineering. – Addison-Wesley Professional, 2017. – 320 p.
3. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). – 6th ed. – Project Management Institute, 2017. – 756 p.

UDC 339.1:330.3

I.G. Mykhalchenko, PhD, Yu.I. Tokar
(National Aviation University, Ukraine)

The concept of anti-crisis marketing in the context of digitalization

The concept of anti-crisis marketing in the context of digitalization is analysed. The components of anti-crisis marketing and main characteristic aspects of marketing tools are provided.

The basis of anti-crisis management system should be a prompt and effective response to external variables affecting the enterprise's performance. Both the successful resolution of crisis phenomena and the prevention of recurrence in the future depend on the effectiveness of enterprise crisis management, where the algorithm for implementing a marketing strategy plays a key role [1]. The main goal of crisis management, which is based on a marketing anti-crisis strategy, is the sustainable functioning of business in a crisis and maintaining the competitive advantage of the enterprise in the market.

There are many studies available that describe the origin and causes of global economic crises as predominantly negative socioeconomic events. Due to the complex interplay of various factors and the marked correlation between the global crisis and other forms of crises, economists with different backgrounds and views hold different views on understanding and interpreting crisis phenomena. What they have in common is that crises can arise in other subsystems of the national economy or at the local level of the monetary and financial system (fund, currency, debt, credit and money circulation, budget level) before spreading to the global level and developing into a global economic crisis.

Numerous factors contribute to the emergence of global economic crises, the origins of which are unpredictable in advance. Modern researchers recognize that the emergence and development of global economic crises are influenced by geopolitical and anthropogenic variables, in addition to economic, psychological, scientific and technical elements [2].

The following risks and threats to the global air travel market can be identified: global pandemics and political turbulence, climate change, cyber threats, etc. [3]. The threat of a coronavirus return or mutation could prolong the period of the global aviation crisis. The modern global air transportation system is sensitive to external factors and faces a number of complex challenges and threats arising from the expansion of global networks, technological innovations, and geopolitical transformations.

The impact of geo-economic instability on the international air transportation market is clearly demonstrated by Russia's large-scale invasion of Ukraine in February 2022. The airspace over both countries is currently closed to civil aviation, and Russian airlines are banned from entering the airspace of many western countries.

Supply chain disruption is caused by the complication of the airline network and slower delivery times due to the long quarantine period and restrictions on air travel, as well as changes in consumer behaviour. Global recession also threatens to

slow demand for air transportation. In the midst of the coronavirus crisis, the number of business travellers has significantly decreased.

Long before the COVID crisis, there was a risk of staff shortages, especially a shortage of highly specialized aviation professionals (mechanics, technicians, pilots, etc.) [4]. Reduced government support for the air sports sector is another threat to the global aviation market.

Current risks in the air transport sector and ongoing threats are forcing airlines and airport operators to make changes to their business ownership and management models.

In crisis management, marketing is not only one of the subsystems of the enterprise; rather, it serves as a cornerstone that ensures the coherence of the operations of every other department. The challenges associated with marketing initiatives also vary depending on the degree of volatility and the way in which the business environment is changing.

Determining the demand level for the business is crucial, as it affects the liquidity of assets and financial flows. A thorough anti-crisis program is being developed that involves a combination of several approaches to avoid a crisis at the enterprise. A comprehensive anti-crisis program is being developed to ensure consistency and methodology in this process. This program will be aimed at solving the crisis at the company level, as well as in each of its individual subsystems, including sales, finance, production, organizational activities, supply, human resources and marketing [5].

Anti-crisis marketing activities are influenced by a number of management components, including:

- the financial component, which is aimed at increasing and preventing a decrease in liquidity, increasing solvency;
- the production component, which is aimed on reducing the percentage of defects not satisfied services, delays;
- the organizational component, which is aimed at creating stable relations between departments;
- the personnel component, which is aimed at reducing staff turnover and crisis situations in the workforce (Table 1).

Transparent, empathetic communication becomes essential as consumers prefer brands that show understanding and support, fostering trust and loyalty [6]. Effective communication during a crisis involves addressing consumer concerns, providing accurate information, and demonstrating corporate responsibility [7]. Companies that invest in understanding and responding to consumer sentiment during a crisis can build stronger, long-term relationships. Ultimately, these strategies help businesses to not only navigate the crisis but also emerge with a more loyal customer base.

The main characteristic aspects of marketing tools that should be used in the anti-crisis marketing strategy include:

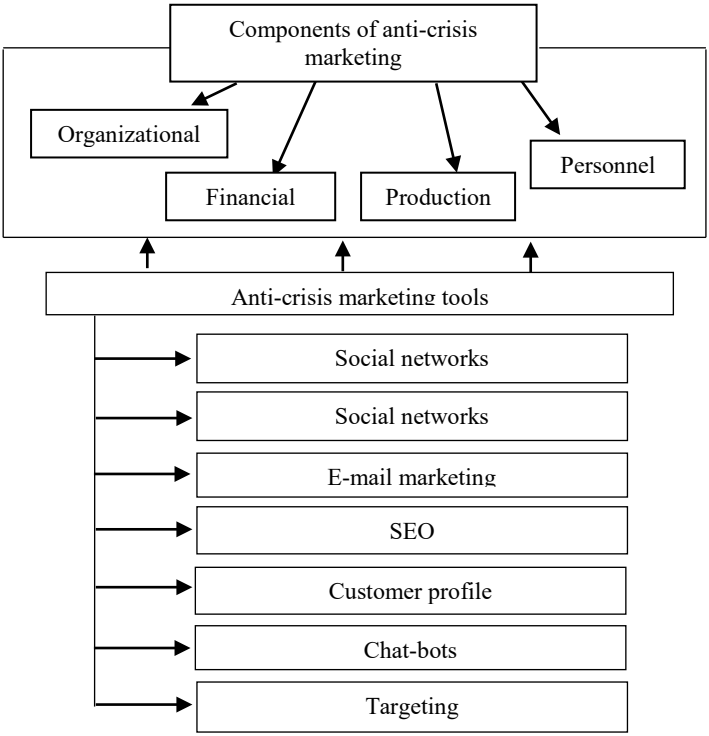
1. Social networks are an integral part of any company's marketing strategy and the main communication channel with customers.

2.Email remains an unchanged communication, and it is email marketing that is used as a form of direct marketing and through which you can remind about the company and the goods or services it offers and send news and promotional offers.

3.Businesses should prioritize SEO optimization, as it makes it easier for potential customers to find the company and its offerings during a standard Internet search.

4. Customer profile is an additional key marketing tool. Understanding the wishes, interests, and lifestyle of customers helps to segment the target market for a business. There is a chance to release an unviable product, because without such a thorough study of the business, it is difficult to bring the product to market.

5.The company can individually adapt its offer to each consumer group by segmenting the target audience - this is the basis for targeted advertising.



Picture 1. Components of anti-crisis marketing

Marketing campaigns need to be adaptable to rapid changes. Agile marketing practices involve iterative planning, execution, and optimization. For example, during a crisis, businesses might need to quickly pivot their marketing messages to align with new consumer priorities [8]. Ensuring collaboration across departments such as

finance, operations, and marketing enhances the ability to implement comprehensive strategies. Cross-functional teams can work together to develop and execute integrated responses to crises.

References

1. Рамазанов С.К Степаненко О.П Черняк О.Ч Тішков Б.О. Моделі і технології прогнозування та проблема проектування майбутнього: аналіз стану і окремі результати. Актуальні проблеми прогнозування розвитку соціально-економічних систем: Монографія. Мелітополь, 2019. С. 164-191.
2. Воронова, О., Марущак, С., Пугачов, М. Глобальні фінансово-економічні кризи та їх вплив на економіку держав. Економіка та суспільство. 2023. Випуск 51. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-9 (дата звернення: 10.09.2024).
3. Сидоренко К.В., Мандра В.В., Герман А.Л. Вплив криз на функціонування світового ринку авіаційних перевезень. Економічний простір. 2024. № 190. С. 19-27.
4. Fassiaux S. (2021) The difficult balance between the crisis of the aviation sector and air passenger rights in the era of COVID-19. Revista de Derecho Comunitario Europeo, no. 68, pp.185-225.
5. Натрус К.С,, Хамініч С.Ю. Антикризовий маркетинг як складова стратегічного управління. Економічний вісник університету. 2016. С. 72-79.
6. Koku, P. S. (2021). Surviving the COVID-19 pandemic: An overview of key issues for business. Journal of Business Research, 124, 183-187.
7. Coombs, W. T. (2022). Ongoing crisis communication: Planning, managing, and responding (4th ed.). SAGE Publications.
8. Claeys, A. S., & Cauberghe, V. (2021). Crisis communication and crisis perception through the lens of media: Different media, different results. Public Relations Review, 47(3), 72-79.

УДК 656.71:001.12/.18(043.2)

В.С Марченко, аспірант, Д.О. Бугайко, д.е.н., професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Сталий розвиток аеропортів

В даній праці пояснено сутність концепції сталого розвитку, зазначено чому так важливо імплементувати її в авіаційну сферу та наведено сучасні приклади, як можна розвивати аеропорти в даному напрямку.

Сьогодні, проблема забруднення довкілля, зміни клімату та вичерпання природних ресурсів стоїть дуже гостро на порядку денному світової спільноти. Недостатня увага до даної проблематики в минулому, а подекуди і її свідоме ігнорування, не дозволило вчасно вжити відповідні контрзаходи, щоб запобігти фатальним результатам, споглядати які, тепер можуть громадяни зі всіх країн світу. Поступове погіршення глобальної ситуації змушує суспільство шукати нові ідеї здатні виправити ці проблеми, або ж принаймні сповільнити їх темпи.

В наш час, кожен має чітко пам'ятати, що запаси природних ресурсів не є безмежними, а велика кількість видів людської діяльності все ще завдають серйозної шкоди довкіллю. Усвідомлення цього простого факту призвело до формування та подальшого вдосконалення концепції сталого розвитку. Сталий розвиток – це розвиток суспільства, який задовольняє потреби сучасності, не ставлячи під загрозу здатність наступних поколінь задовольняти власні потреби [1]. Концепція сталого розвитку представляє собою нову філософію збалансованого розвитку. Вона націлена врівноважити екологічний, економічний та соціальний аспект розвитку людства. Сьогодні, надважливою задачею є її якісне та покрокове впровадження в усі сфери нашої діяльності. Всі сімнадцять глобальних цілей сталого розвитку, які були ухвалені на Саміті ООН, представлені на рис.1.



Рис. 1. Сімнадцять цілей сталого розвитку

Окремо необхідно підкреслити значення цієї концепції в логістичній сфері. Логістику називають двигуном світової економіки [2]. Кожен день ми покладаємося на її якість, залежимо від її швидкості, інноваційності та загальної надійності. Особливо добре це можна зрозуміти на прикладі авіаційної сфери. Розвинута авіаційна сфера є ключовим елементом економічного розвитку країни. Вона сприяє глобалізаційним процесам, проведенню різноманітних торгових операцій та здійсненню комплексних логістичних задач. Але не дивлячись на її надважливе значення, ми не можемо забувати про її серйозний вплив на порушену в роботі проблематику.

В питанні зменшення негативного впливу авіаційної сфери на навколишнє середовище, особливо від діяльності аеропортів, акцент почав зміщуватись з важливості максимального фінансового успіху в сторону необхідності більшої підтримки екологічного та соціального аспекту. Впровадження нових практик, норм, стандартів та вимог призвело до створення політики «зеленого» аеропорту, яка спрямувала їх рух в напрямку сталого розвитку. Аеропорти поступово виходять за межі виключно транспортних вузлів і продовжують еволюціонувати. В найближчому майбутньому, вони мають перетворитись на екологічні, по-справжньому потужні логістичні центри, з повноцінним переліком ключових, ефективних та якісних клієнтських сервісів. Самих же можливостей покращити діяльність аеропортів в плані сталості існує велика кількість.

Перш за все, це стосується модернізації та реконструкції відповідної технічної та транспортної інфраструктури аеропортів. При її здійсненні важливо прораховувати майбутні перспективи розвитку не тільки самого аеропорту, але і всього регіону, де він розміщений. Існує достатньо прикладів, коли вдало проведена модернізація чи реконструкція аеропорту підвищила його ефективність на небачений до цього рівень, зробила його більш інноваційним та зручним. Питання оновлення застарілої аеропортової інфраструктури на більш сучасну є доволі комплексним. Остаточний показник його екологічності, залежить від гігантської кількості факторів, починаючи з території де він був розміщений, яких матеріалів побудованим, його структури, впроваджених інновацій та навіть банального рівня діджиталізації процесів.

По-друге, все більш популярними стають проєкти націлені на підвищення енергоефективності аеропортів за рахунок використання відновлювальних та чистих джерел енергії. Особливо поширеним стало рішення по використанню сонячних панелей задля генерації дешевої електроенергії.

По-третє, не можна не згадати про необхідність заміни застарілого авіаційного транспорту на сучасні, більш екологічні та економічні моделі. Пріоритетною ціллю для людства все ще залишається мінімізація використання видів палива, згорання якого супроводжується значними викидами вуглекислого газу в атмосферу. Важливість зміни клімату, яка значною мірою зумовлена зростанням викидів CO_2, визнана не лише на міжнародному, а й на глобальному рівні всіма країнами, які взяли на себе зобов'язання щодо сталого розвитку [3]. Саме тому, сьогодні слід стимулювати розвиток ініціатив по розробці потужних електродвигунів, літаків гібридного типу, безпілотних літальних апаратів, перспективних водневих технологій, тощо.

Всі вищезгадані приклади є тільки початком по-справжньому гігантського списку рішень здатних зробити авіаційну сферу більш сталою та ефективною. Потрібно розуміти, що даний напрямок є дуже перспективним і багатообіцяючим. Кожен день приносить людству нові ідеї та цікаві проєкти і не має жодного сумніву, що одного дня, вони зможуть змінити всю нашу буденність до невпізнаваності.

Таким чином, з усього вищезазначеного ми можемо підсумувати, що спрямовуючи авіаційну сферу в напрямку сталого розвитку ми здатні не тільки отримати велику кількість переваг, але й суттєво зменшити її негативний вплив на довкілля. Розвиток авіаційної сфери в напрямку сталого розвитку має бути добре спланованим, поступовим та якісно реалізованим. Піднята в роботі проблематика представляє собою дуже серйозний виклик для людства і вимагає від нас комплексних, злагоджених та дієвих рішень.

Список літератури

1. Сталий розвиток. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sdl.org.ua/about-sustainable-development/
2. Що таке логістика. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mc.today/uk/shho-take-logistika/
3. Ovdiienko, O., Hryhorak, M., Marchuk, V., & Bugayko, D. (2021). An assessment of the aviation industry's impact on air pollution from its emissions: worldwide and the Ukraine. Environmental & Socio-economic Studies, 9(2), 1-10.

УДК 658.1.821:[004+336(043.2)

Н.В. Васюткіна, д.е.н., Є.С. Криленко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Забезпечення ефективного використання потенціалу підприємства в умовах посилення конкуренції

В роботі досліджуються способи забезпечення ефективного використання потенціалу підприємства в умовах посилення конкуренції. Основну увагу приділено впливу цифрових технологій, аналітичних та фінансових інструментів як ключових елементів підвищення рівня потенціалу і відповідно конкурентоспроможності підприємства. Аналіз показує, що цифрова трансформація та використання аналітичних інструментів значно покращують ефективність бізнес-процесів і взаємодію з клієнтами. Фінансові інструменти відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного використання потенціалу підприємства.

В умовах сучасної економіки, яка характеризується високим рівнем глобалізації та швидкими технологічними змінами, підприємства стикаються з дедалі жорсткішою конкуренцією. Динамічні економічні процеси обумовлюють необхідність здійснення впливу на діяльність усіх суб'єктів господарювання, зокрема, в аспектах стратегії й тактики. Щоб забезпечити стійкість і зростання, підприємства повинні ефективно використовувати свій потенціал, зокрема, застосовуючи новітні цифрові технології, аналітичні та фінансові інструменти. Тому, питання забезпечення ефективного використання потенціалу підприємства в умовах посилення конкуренції є актуальним та досліджується численними науковцями, такими як: Ареф'єва О.В. [2], Р. Бугріменко [5], Ж.Кононенко [10], О.Бавико [4], Л.Рябенко [11], І.Запухляк [8] та ін., у різних аспектах.

У сучасному світі підприємства постійно розвиваються, а економічне середовище, в якому вони працюють, зазнає трансформаційних процесів, що, у свою чергу, вимагає пошуку нових підходів до ефективного управління та використання їх інноваційного потенціалу. Швидкі темпи змін, адаптації та впровадження інноваційних продуктів і послуг зумовлюють необхідність прискорення систем управління підприємствами, зокрема в ключових галузях економіки. Крім того, із посиленням впливу глобалізації та появою конкурентного середовища у вітчизняному господарському комплексі підприємства стикаються з проблемою відставання від своїх конкурентів у частині використання інноваційних продуктів, технологій та послуг. Тому вітчизняним підприємствам вкрай необхідно застосовувати випереджувальні підходи до управління своїм інноваційним потенціалом, щоб забезпечити стійке зростання та конкурентоспроможність.

Вплив цифрових технологій на ефективність підприємства є надзвичайно вагомим. Цифрові технології у сучасних реаліях стали невід'ємною частиною діяльності сучасних підприємств. Цифрова трансформація має значний вплив на всі аспекти функціонування підприємств. Використовуючи

цифрові технології, з'являється більше можливістей покращити операційні процедури, підвищити продуктивність і залучити клієнтів. Інтеграція цифрової трансформації є важливою складовою для стратегічного просування бізнесу в сучасному динамічному бізнес-ландшафті. Це дозволяє підприємствам підтримувати свою конкурентну перевагу, сприяти інноваціям і швидко адаптуватися до мінливих вимог ринку [5]. Крім того, вважаємо, що цифрові технології надають підприємствам можливість впроваджувати нові моделі взаємодії з клієнтами. Використання платформ електронної комерції, мобільних додатків і соціальних медіа дозволяє не лише розширити ринки збуту, але й покращити взаємодію з клієнтами, що сприяє підвищенню лояльності та зростанню продажів. Відтак, поділяємо думку Ж. Кононенко стосовно того, що цифрова трансформація – це не просто примха, а невід'ємна складова сучасного бізнесу. Підприємства, які активно інтегрують цифрові технології у свою діяльність, можуть забезпечити собі конкурентну перевагу на ринку [10].

Інтеграція автоматизації та штучного інтелекту (AI) у бізнес-операції є одним із найважливіших способів, за допомогою яких компанії можуть використовувати цифрові технології для отримання конкурентної переваги [6]. Автоматизуючи повторювані завдання та використовуючи системи, керовані штучним інтелектом, організації можуть підвищити свою операційну ефективність і реагувати на зміни ринку. Наприклад, впровадження технологій штучного інтелекту для прогнозування може призвести до більш точного прогнозування ринкових тенденцій, дозволяючи підприємствам завчасно коригувати свої стратегії. Ця зміна не тільки спрощує роботу, але й вивільняє цінні людські ресурси для більш стратегічного мислення та інновацій. Як результат – компанії можуть краще адаптуватися до швидких змін у конкурентному середовищі, спричинених цифровою трансформацією.

Не менш важливе значення та вплив на ефективне використання потенціалу підприємства мають аналітичні інструменти, які є досить цінними у прийнятті управлінських рішень. У сучасному бізнесі вони стали важливим елементом у процесі прийняття рішень на підприємстві. В умовах посилення конкуренції, здатність швидко аналізувати великі обсяги даних і приймати обґрунтовані рішення є вирішальною перевагою.

Аналітичне забезпечення процесу розробки і прийняття управлінських рішень дає змогу системі управління стратегічним розвитком підприємства (рис. 1):

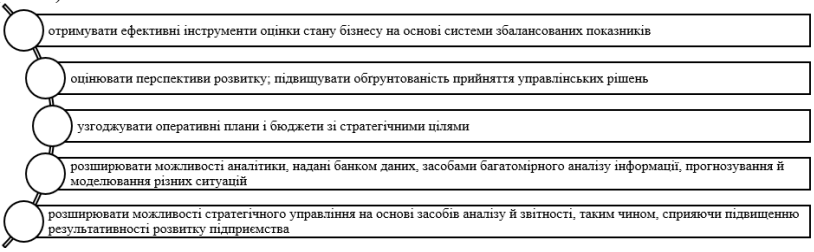


Рис. 1. Можливості використання аналітичного забезпечення процесу розробки і прийняття управлінських рішень для підприємства [11, с. 1407]

Використовуючи вдосконалені аналітичні інструменти, підприємства можуть з більшою точністю оцінювати свої показники ефективності, поведінку клієнтів і динаміку ринку, що веде до покращення стратегічного планування та операційних коригувань, які відповідають поточним ринковим умовам [1; 2]. Наприклад, комплексний аналіз фінансових ресурсів і ринкових альтернатив може спрямувати підприємства в оптимізації своїх інвестицій і розподілу ресурсів. Постійне використання аналітики даних не тільки підтримує ефективне прийняття рішень, але й підвищує загальну гнучкість організації в конкурентному середовищі. Використання прогнозної аналітики для стратегічного планування також може підвищити ефективність діяльності компанії. Використовуючи вдосконалені статистичні алгоритми та методи машинного навчання, підприємства можуть прогнозувати майбутні тенденції на основі даних [13].

Тому, підсумовуючи, поділяємо думку дослідників І. Запухляк, Г. Зелінської, С. Побігун; О. Бавико стосовно того, що інтеграція цифрових технологій у бізнес-операції – не минуща тенденція, а скоріше важлива складова сучасної комерції. Активно впроваджуючи ці технології, підприємства можуть отримати конкурентну перевагу на ринку [8, с. 209; 4, с.17-18].

Фінансові інструменти, зокрема інвестиції в інновації, управління грошовими потоками та оптимізація структури капіталу, відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного використання потенціалу підприємства. Залучення інвестицій у новітні технології та розвиток інфраструктури дозволяє підприємствам збільшити свою продуктивність і конкурентоспроможність.

Погоджуємось із результатами досліджень А.Суханової стосовно того, що конкурентоспроможне підприємство може процвітати, створюючи та реалізовуючи комплексний портфель стратегій фінансової підтримки. Цей підхід поєднує в собі всі основні компоненти та дозволяє підприємству успішно досягати поставлених цілей. Наявність чітких, логічних, виважених та обґрунтованих стратегій фінансового забезпечення вказує на найбільш ефективні та продуктивні підходи до виконання поставлених завдань, надаючи підприємству можливість обирати прибуткові та перспективні види діяльності, формувати високий попит на свою продукцію [12].

Методи бюджетування та прогнозування відіграють вирішальну роль у підтримці зростання та стійкості всередині компанії, особливо в умовах конкуренції, на яку впливають цифрові технології [7]. Впроваджуючи ефективні системи фінансового бюджетування, організації можуть забезпечити ефективний розподіл ресурсів відповідно до своїх операційних потреб і умов ринку. Точне прогнозування дозволяє компаніям передбачати майбутні фінансові показники на основі даних. Наприклад, аналіз обсягу продажів і змінних витрат допомагає визначити тенденції та сфери, які потрібно вдосконалити. Такий систематичний підхід до бюджетування не тільки сприяє кращому управлінню ресурсами, але й дає можливість компаніям швидко адаптуватися до мінливої ринкової динаміки, тим самим підвищуючи свою конкурентну перевагу.

В умовах зростання вартості капіталу і посилення тиску з боку конкурентів, підприємствам необхідно ретельно планувати і управляти своїми

фінансовими ресурсами. Ефективне управління фінансами включає оптимізацію витрат, підвищення рентабельності інвестицій та зниження фінансових ризиків. Для цього використовуються такі інструменти, як управління оборотним капіталом, хеджування ризиків і диверсифікація інвестицій. Тому, виходячи із викладеного вище, вважаємо, що формування фінансового забезпечення конкурентоспроможності підприємства має бути націлене на динамічну адаптацію до конкуренто-орієнтованого ринку відповідно до зміни кон'юнктури ринку та на основних параметрах за сегментами, як відзначає В. Ареф'єв у своєму дослідженні [3].

За останні кілька років відбувся помітний зсув у бік появи різноманітних фінансових досягнень, включаючи сек'юритизацію, фрагментацію та консолідацію фінансових угод, а також створення нових каналів для розповсюдження фінансових послуг. Ці фінансові інновації пропонують декілька ключових переваг після впровадження (рис. 2).

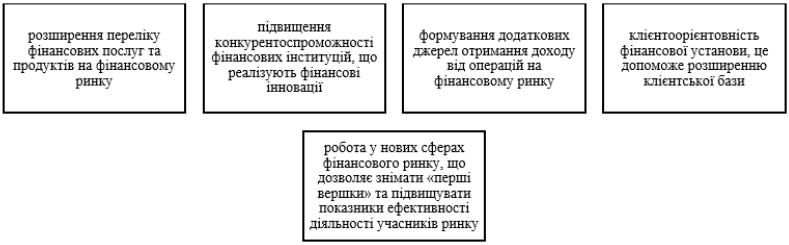


Рис. 2. Головні переваги від імплементації фінансових інновацій для підприємства [9]

Як наслідок, завдяки впровадженню фінансових інновацій, підприємство зміцнює свої позиції на ринку, що дозволяє йому ефективно конкурувати з іншими. Інноваційні рішення привертають увагу клієнтів та інвесторів, забезпечуючи конкурентну перевагу. Підприємство отримує можливість заробляти на нових продуктах та операціях на фінансовому ринку, завдяки розширенню спектру послуг, що сприяє зростанню доходів і фінансової стійкості. Орієнтація на потреби клієнтів, а також створення персоналізованих фінансових продуктів сприяє залученню нових клієнтів та розширенню існуючої клієнтської бази, що, на нашу думку, веде до зростання лояльності клієнтів і стабільності доходів. Участь у нових сегментах фінансового ринку дозволяє підприємству отримувати перші переваги від нових можливостей, підвищуючи таким чином ефективність своєї діяльності та збільшуючи прибутковість. Відтак, вважаємо, що перелічені та охарактеризовані вище переваги від імплементації фінансових інновацій для підприємства дозволяють підприємству не лише зберігати, але й зміцнювати свої ринкові позиції, залишаючись конкурентоспроможним та інноваційним у швидкозмінному фінансовому середовищі.

Відзначимо, що використовуючи новітні технології, підприємства можуть значно підвищити свою операційну ефективність та інноваційний

потенціал. Наприклад, застосування вдосконалених аналітичних інструментів може оптимізувати процеси, оптимізувати ланцюги поставок і покращити залучення клієнтів. Крім того, організації, які інвестують у дослідження та розробки, часто опиняються в авангарді галузевих досягнень, що дозволяє їм створювати унікальні продукти та послуги, які відрізняють їх від конкурентів. Цей стратегічний фокус на технологічних інвестиціях сприяє розвитку культури інновацій, що зрештою забезпечує довгострокову стабільність і прибутковість.

Висновки

Отже, трансформаційні процеси в економіці супроводжуються змінами які характеризуються невизначеністю та здійснюють вплив на діяльність підприємств, що розширює прояви криз і дестабілізує їхню діяльність. Тому в умовах посилення конкуренції ефективне використання потенціалу підприємства вимагає комплексного підходу, який включає впровадження цифрових технологій, використання аналітичних інструментів і оптимізацію фінансових ресурсів. Ці чинники дозволяють підприємствам підвищити свою конкурентоспроможність, адаптуватися до змін на ринку і забезпечити стійке зростання в довгостроковій перспективі. Ефективне використання потенціалу підприємства стає ключовим фактором успіху в умовах динамічного ринку. Підприємства, які вміють швидко адаптуватися до змін, використовувати нові технології та приймати обґрунтовані рішення на основі аналітичних даних, мають значно більше шансів на успіх у конкурентній боротьбі. Цифрові технології є основою для трансформації бізнес-процесів і підвищення ефективності діяльності підприємства. Вони дозволяють автоматизувати рутинні операції, знижуючи витрати на їх виконання, і покращують якість управлінських рішень завдяки швидкому доступу до даних та інструментів їх обробки. Такі технології, як платформи електронної комерції, CRM-системи та мобільні додатки, сприяють розширенню ринків збуту, покращенню комунікації з клієнтами та підвищенню рівня лояльності, що в кінцевому підсумку збільшує прибутковість підприємства.

Аналітичні інструменти відіграють важливу роль у прийнятті стратегічних і тактичних рішень. Вони дозволяють підприємствам швидко і точно аналізувати великі обсяги даних, що стає ключовим фактором у визначенні ефективних стратегій розвитку та оптимізації операційних процесів. Використання таких інструментів допомагає підприємствам адаптуватися до змін на ринку, виявляти нові можливості для зростання та мінімізувати ризики, а в результаті більш ефективно використовувати свій потенціал. Фінансові інструменти є критично важливими для забезпечення стабільного функціонування та розвитку. Адже управління грошовими потоками, інвестиції в інновації та оптимізація структури капіталу дозволяють підприємствам зберігати фінансову стабільність, підтримувати конкурентоспроможність та розвивати нові напрями діяльності. Крім того, ефективне використання фінансових інструментів допомагає знижувати ризики та забезпечувати довгострокову стійкість бізнесу в умовах зростаючого конкурентного тиску. Таким чином, цифрові технології, аналітичні та фінансові інструменти є

ключовими елементами успішного управління потенціалом підприємства, що дозволяють йому не лише виживати, але й процвітати в умовах посилення конкуренції.

Список літератури

1. Андріїв Н. М. Цифрова трансформація підприємства: теоретичний базис. *Ефективна економіка*. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/4_2022/81.pdf
2. Ареф'єва О. В., Титикало В. С. Моніторинг в системі просторово-процесного управління економічним потенціалом підприємства. *Економічний вісник Дніпровської політехніки. Науковий журнал*. № 2 (78) 2022. С.69-77.
3. Ареф'єв В.О. Фінансові механізми забезпечення конкурентоспроможності підприємства. Адаптивне управління підприємствами в умовах неотехнологічного відтворення: Монографія. За редакцією Ареф'євої О.В. Київ: ФОП Маслаков, 2020. 260 с. С. 92-97. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/344932437.pdf
4. Бавико О.Є. Цифровізація бізнес-процесів як елемент стратегії сталого смарт-розвитку підприємницьких структур. *Economic journal Odessa polytechnic university*. №2(24), 2023. С. 15-23.
5. Бугріменко Р.М., Смірнова П.В. Вплив розвитку цифрової трансформації на діяльність підприємства. *Економіка та суспільство.* Випуск # 59 / 2024. Url: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/3386/3313/
6. Вербівська, Л. В. Застосування інструментів штучного інтелекту при управлінні конкурентоспроможністю підприємства. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління.* №10. 2023. URL: https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2023-10-04-06/2023-10-04-06
7. Гуменюк Р. П. Фінансове забезпечення управлінського потенціалу підприємства. *Ефективна економіка.* 2020. № 6. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8081
8. Запухляк І., Зелінська Г., Побігун С. Підходи, методи та інструменти управління змінами в системі управління розвитком підприємства. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2018. Вип. 23. С. 204-209.
9. Іщук Д. Р., Вергелюк Ю. Ю. Вплив фінансових інновацій на розвиток фінансового ринку. URL: https://eprints.kname.edu.ua/63246/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%81%D0%B8_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD_2022-3%20%D0%BA%D0%B0%D1%84%20%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%2B-204-205.pdf
10. Кононенко Ж. А., Карнаухова Г. В., Балюк О. В. Цифровізація підприємницької діяльності: значення та вплив. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. URL: https://reicst.com.ua/pmt/article/download/2023-9-04-08/2023-9-04-08/800

11. Рябенко Л.М. Аналітичне забезпечення розробки і реалізації управлінських стратегічних рішень. *Економіка і суспільство.* Випуск №13. 2017. С. 1400-1407.

12. Суханова А. В. Основні стратегії фінансового забезпечення конкурентоспроможності підприємств. *International scientific e-journal ΛΟΓΟΣ. ONLINE.* URL: https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.04.20.html

13. Сухорукова Г. Як машинне навчання впливає на розвиток бізнесу. KYIVSTAR BUSINESS HAB. URL: https://hub.kyivstar.ua/articles/yak-mashinne-navchannya-vplivaye-na-rozvitok-biznesu

УДК 338.22:330.341

Д.Ю. Долженко, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Основні фактор и впровадження адаптивно-інноваційного розвитку підприємств

В тезах обґрунтовано основні фактори, які визначають темпи впровадження адаптивно-інноваційного розвитку підприємств при врахуванні переваг інноваційного клімату, організаційної культури, лідерських позицій. А також в аналізі основних аспектів та практичних підходів до впровадження адаптивно-інноваційного розвитку на підприємствах, а також визначенні факторів, що впливають на цей процес та сприяють його ефективності

В умовах динамічних змін у глобальній економіці підприємства стикаються з необхідністю постійного вдосконалення організаційно-економічних процесів та швидкої адаптації управлінської складової до нових викликів. Інновації стають не просто методом та інструментом, а й необхідною умовою для виживання на ринку та процвітання на сучасних умовах господарювання.

Адаптивність підприємства як здатність швидко та ефективно реагувати на зовнішні зміни має ключове значення в забезпеченні безперервної його діяльності, включаючи економічні, технологічні та соціальні фактори та сприяє вчасному реагуванню як на загрози і небезпеки функціонування, так і на зміни у визначених та перспективних середовищах. Вона передбачає гнучкість організаційних структур, бізнес-процесів та стратегії управління підприємством.

Інноваційний розвиток, у свою чергу, включає впровадження нових технологій, продуктів підвищеної якості, послуг та бізнес-моделей. Інтеграція адаптивності та інновацій дозволяє створювати конкурентні переваги та забезпечувати стійке зростання підприємства на необхідних сегментах. «Особливу роль у ресурсному забезпеченні безпекою розвитку підприємства в кризових умовах функціонування повинні займати державне та інвестиційне фінансування. В умовах, що склалися, підприємствам занадто складно виділити власні фінансові ресурси для подальшого розвитку діяльності, що знижує рівень його безпеки розвитку». [3, с. 164]

Зовнішні фактори, такі як глобалізація, технологічний прогрес, економічні кризи та зміни на ринку, відіграють ключову роль у формуванні адаптивно-інноваційного підходу. Глобалізація сприяє розширенню ринків та збільшенню конкуренції, що вимагає від підприємств швидкої адаптації та впровадження інновацій через модульне їхнє конструйовання задля економії часу і простору на конкурентних напрямах.

Технологічний прогрес відкриває нові можливості для розвитку, але одночасно підвищує вимоги до швидкості та якості інновацій. До того ж, «цифровізація суспільного розвитку суттєво вплинула на процеси управління

економічними системами. Адаптивне управління на підприємствах набуває все більшої актуальності в стратегічному управлінні, яке передбачає можливість змін у розвитку підприємства стратегії розвитку підприємства з урахуванням впливу зовнішнього середовища на основі постійного моніторингу та аналітичної обробки інформації, вивчення досвіду інших підприємств та впровадження нових методів і технологій для прийняття управлінських рішень» [6, с. 3122].

Інноваційний клімат на підприємстві є важливим фактором, що визначає його здатність до розвитку і впровадження нових ідей. Для його створення необхідно формувати культуру постійних змін і вдосконалення, заохочуючи співробітників до участі в інноваційних проектах. «Управління розвитком підприємств в однакових умовах зміни стану факторів зовнішнього середовища буде відрізнятися певними управлінськими діями залежно не лише від наявних тенденцій розвитку підприємств, але й від особливостей зміни цього стану в минулих періодах їх функціонування, враховуючи можливості його покращення в конкретний момент. Це дозволить екстраполюючи можливості розвитку підприємства з попередніх періодів, застосувати не лише ефективні управлінські заходи для успішного розвитку підприємства в поточному періоді, а й реальні – для результативного довгострокового розвитку підприємства відповідно технодинамічних умов зовнішнього середовища його функціонування» [4].

Інноваційний клімат на підприємстві є важливим фактором, що визначає його здатність до розвитку і впровадження нових ідей. Для його створення необхідно формувати культуру постійних змін і вдосконалення, заохочуючи співробітників до участі в інноваційних проектах. Важливим аспектом є впровадження систем стимулювання та винагородження за інновації, що включає як матеріальне заохочення, так і нематеріальні стимули – визнання досягнень, можливість професійного зростання та участь у стратегічних ініціативах.

Важливим аспектом є впровадження систем стимулювання та винагородження за інновації, що включає як матеріальне заохочення, так і нематеріальні стимули – визнання досягнень, можливість професійного зростання та участь у стратегічних ініціативах.

Розвиток інноваційної екосистеми підприємства базується на інтеграції кількох ключових компонентів: людського капіталу, внутрішньої інфраструктури, зовнішніх партнерств і стейкхолдерів, а також фінансових ресурсів і доступу до інноваційних ринків. Важливою частиною цієї екосистеми є людський капітал – кваліфіковані кадри, здатні генерувати нові ідеї та втілювати їх у реальні проекти.

Створення сприятливого середовища для інноваційної діяльності вимагає постійного навчання, розвитку компетенцій та мотивації співробітників. Організаційна культура, що підтримує ініціативність та творчість, є основою інноваційного розвитку. Однак, розвиток інноваційної екосистеми відкриває значні можливості для підприємств. Це включає доступ до нових рентабельних ринків, створення конкурентних переваг, підвищення

ефективності та стійкості бізнесу в умовах нестабільного економічного середовища.

Внутрішні фактори включають організаційну культуру, рівень менеджменту, фінансову стабільність та готовність до змін. Організаційна культура, орієнтована на інноваційні технології поведінки в бізнес-середовищі, сприяє формуванню креативного спілкування та мотивації працівників як до генерування нових технологічних ідей, так впровадження їх у виробничо-управлінські процеси. Високий рівень менеджменту забезпечує ефективне управління всіма видами ресурсів та координацію відповідних інноваційних процесів.

Фінансова стабільність завжди є важливою передумовою для інвестування у нові проекти та технології, оновлення та удосконалення ще сучасних наявних. Разом ж тим це забезпечує «умови для нагромадження інноваційного потенціалу, здатного освоювати новітні технології, створювати нові продукти, освоювати нові ринки, збільшуючи реальний продукт для споживання, забезпечуючи сприятливі умови для розвитку суспільства та міжнародного науково-технічного співробітництва. Конвергентність розвитку дозволяє об’єднувати найбільш підходящі процеси в єдиний підхід по формуванню відповідного забезпечення задля оптимізації елементів через функціонально-ресурсний підхід». [1]

Інноваційні стратегії можуть включати різні підходи, такі як відкриті інновації, краудсорсинг, партнерства та стратегічні альянси. Відкриті інновації передбачають залучення зовнішніх ресурсів та ідей для створення нових продуктів та послуг.

Краудсорсинг дозволяє використовувати колективний інтелект для вирішення складних завдань та генерування інноваційних рішень. «Логістичне забезпечення як сучасний важливий інструмент сприяє досягненню цілей розвитку інноваційного співробітництва за рахунок реалізації принципів ефективності, системності, потоковості, процесності та оптимізації» [5, с. 159]. Партнерства та стратегічні альянси сприяють об'єднанню ресурсів та знань для досягнення спільних цілей.

Практичні приклади успішних підприємств, що впровадили адаптивно-інноваційні стратегії, включають такі компанії, як Google, Amazon, та Tesla. Вони демонструють, як інтеграція інновацій та адаптивності дозволяє досягати високих результатів та зберігати лідерські позиції на ринку. «На практиці підприємство може впроваджувати і змішану стратегію, яка проявляється в комбінуванні вищенаведених видів диверсифікації, кожний з яких має певний набір переваг і ризиків. Але, в будь-якому випадку, в основі визначення оптимальних варіантів диверсифікації в межах впроваджуваної стратегії розвитку підприємства та стратегічних орієнтирів управління лежить оцінка прибутковості та ризику конкретного обраного напряму, врахування стадії життєвого циклу підприємства та його ресурсів». [5, с. 488]

Адаптивні моделі управління, такі як agile та lean підходи, забезпечують гнучкість та швидкість реакції на необхідні зміни. Agile підхід передбачає гнучке наскрізне планування, часті зворотні зв'язки та постійне

вдосконалення процесів на модульній основі. Lean підхід орієнтований на мінімізацію втрат та підвищення ефективності, що дозволяє швидко адаптуватися до змін та впроваджувати інновації.

Висновок

Таким чином, адаптивно-інноваційний підхід є важливим інструментом для забезпечення сталого розвитку підприємств у сучасних економічних умовах. Він дозволяє підвищувати конкурентоспроможність, ефективність управління та здатність до швидкої адаптації до змін. Основними викликами на шляху до впровадження цього підходу є опір змінам, недостатність ресурсів та високий рівень невизначеності, які можна подолати за допомогою комплексних стратегій та гнучких моделей управління.

Перспективи розвитку включають активне використання цифрових технологій, автоматизацію процесів та розвиток нових бізнес-моделей, що забезпечить підприємствам стійке зростання та успішну адаптацію до змінних умов ринку.

Список літератури

1. Ареф'єва О., Побережна З. Конвергентний розвиток інноваційного співробітництва в умовах просторово-циркулярної економіки. *Адаптивне управління: теорія і практика. Серія Економіка*, *2021.* № *10* (20). https://doi.org/10.33296/2707-0654-10(20)-02
2. Васюткіна Н.В., Антонов Т.А. Концептуальний підхід до формування інноваційної активності підприємств з використанням особливостей цифрової економіки . *Економіка та управління*. 2020. № 1. С.12-16.
3. Мушнікова С.А. Теоретико-методичний базис управління безпекою розвитку підприємства. *Проблеми економіки*. 2020. № 1 (43). С.159-165.
4. Прохорова В., Залуцька Х. Фрактальні властивості управлінської ефективності як підґрунтя прогнозування комбінованих стратегічних сценаріїв розвитку машинобудівних підприємств на основі процесів диверсифікації та інтеграці. *Електронне наукове фахове видання «Адаптивне управління: теорія і практика». Серія «Економіка».* 2020. Випуск 9 (18). doi.org/10.33296/2707-0654-9(18)-10
5. Хаустова В. Є. Диверсифікація і інтеграція як форми забезпечення стратегічних орієнтирів управління розвитком підприємств. *Бізнес Інформ*. 2020. №12. С. 482–494. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-12-482-494
6. Arefiev S., Lagodiienko V., Tkachev V., Stavroiani S., Shevchenko O. Marketing and logistics in the adaptive management of enterprises in the conditions of digitalization. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2023. Vol.101. No 8. P. 3121-3132. http://www.jatit.org/volumes/Vol101No8/26Vol101No8.pdf
7. Kuzior, A.; Arefiev, S., Poberezhna, Z. (2023). Informatization of innovative technologies for ensuring macroeconomic trends in the conditions of a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity,* 9 (1), 10-20. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.01.001

УДК 65.012.12:33

В.Є. Калинюк, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Проактивний підхід інтегрування новітніх технологій для зниження ризиків діяльності та економічної безпеки підприємств

В тезах визначено необхідність впровадження цифрових технологій і штучний інтелект при забезпеченні економічної безпеки підприємств спираючись на їх здатність застосовувати проактивність та адаптивність.

В умовах швидкого розвитку неотехнологій, економічні системи стикаються з новими викликами та ризиками. Необхідність у створенні адаптивних стратегій економічної безпеки стає критично важливою для забезпечення стійкого розвитку. Швидкий технологічний розвиток, новітні технології, такі як штучний інтелект, блокчейн, інтернет речей (IoT), змінюють економічний ландшафт, що вимагає нових підходів до економічної безпеки. Збільшення залежності від цифрових технологій підвищує ризики кібератак та втрати конфіденційної інформації.

Глобальні економічні зв'язки роблять економічні системи вразливими до зовнішніх впливів та шоків в умовах сталого розвитку. «Розвиток адаптивних підприємств, орієнтуючись на принципи стійкого розвитку можна представити у вигляді концепції триєдиного результату. Говорячи про компоненти стійкого розвитку, важливо розуміти тісний взаємозв'язок та взаємодію соціальних, економічних та екологічних процесів у їх багатовимірній структур і та якості. Не можна відмовлятися від одного аспекту розвитку, щоб досягти максимальної вигоди для іншого» [2, с. 6].

Адаптивність означає здатність економічної системи швидко реагувати на зміни та інтегрувати новітні технології для зниження ризиків. У сучасному світі економічні системи повинні бути готові до швидких змін, які можуть виникнути внаслідок технологічних інновацій або глобальних подій. Це вимагає створення механізмів для швидкої адаптації підприємств, включаючи гнучкі плани дій та можливість швидко переорієнтувати ресурси. «Під тиском конкуренції провідні компанії світу прагнуть залучити найбільш кваліфікованих спеціалістів і суттєво посилюють вартість специфічного людського капіталу. А це стає вагомим фактором збільшення розриву між попитом і пропозицією на ринку праці, призводить до зростання вимог до інтелектуальних здібностей молодих спеціалістів і працівників, посилює динаміку міжнародного індексу людського капіталу. Саме тому стає важливим розуміння факторів зміни якісних і кількісних характеристик людського капіталу, основних тенденцій його використання в економіці знань» [4, с. 116].

Проактивний підхід до розуміння сутності адаптивності включає впровадження заходів, що передбачають потенційні загрози та розробку планів для їх усунення. Інноваційїість, у свою чергу, передбачає використання

інноваційних технологій для покращення моніторингу, аналізу та управління ризиками. Компоненти адаптивних стратегій включають моніторинг та аналіз ризиків, використання великих даних (Big Data) та аналітики для прогнозування економічних ризиків. Кібербезпека є важливим елементом, що включає розробку та впровадження передових заходів захисту інформаційних систем. Гнучкість передбачає створення гнучких економічних моделей, здатних швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Успішні адаптивні стратегії демонструють, що проактивний підхід та інноваційність можуть забезпечити ефективне реагування на нові виклики та забезпечити економічну стабільність. «Ще одним важливим аспектом розвитку підприємства, пов'язаним з його життєвим циклом, є виявлення небезпеки виникнення загроз і можливого їх поєднання в процесі функціонування підприємства. Такими поєднаннями можуть бути розглянуті загрози, що носять закономірний характер і пов'язані з розвитком підприємства при його проходженні по повному життєвому циклу, загрози інноваційного характеру (на стику різних поколінь нововведень) і випадкові загрози, пов'язані з непередбаченими діями зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства» [3, с. 255].

Глобалізація створює нові можливості для економічного зростання, але також підвищує вразливість економічних систем до зовнішніх впливів та шоків. Глобальні ланцюги постачання роблять економічні системи вразливими до політичних конфліктів, природних катастроф, економічних криз, цінових коливань та інших глобальних подій. Наприклад, політична нестабільність в одній країні може вплинути на глобальні поставки та ціни на товари, що віддзеркалиться на конкурентне середовище і динаміку сегментів. Для зменшення таких ризиків необхідно створювати гнучкі ланцюги постачання, диверсифікувати джерела постачання (постачальників), впроваджувати стратегії управління ризиками та моніторинг вибраних та перспективних ринків.

Як вже зазначалось, проактивний підхід включає впровадження заходів, що передбачають потенційні загрози та розробку планів та детальних заходів для їх усунення. Це означає, що замість реакції на вже наявні проблеми, економічні системи повинні прогнозувати можливі загрози та вживати заходів для їх запобігання, використовувати випереджувальні стратегії. На існуючих сегментах можливо також застосовувати «адаптивний підхід на підприємстві, який передбачає на основі безперервного детального моніторингу процесів розвитку бізнес-середовища та прогнозування впливу бізнес-середовища та прогнозування впливу можливих змін у зовнішньому середовищі, впровадження нових концепцій управління впровадження нових концепцій управління, які забезпечують» [6, с. 3122]. Наприклад, створення резервних копій даних, впровадження систем моніторингу та аналізу ризиків, а також розробка планів реагування на надзвичайні ситуації.

Створення гнучких економічних моделей, здатних швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі, є важливим елементом адаптивних стратегій. Це включає розробку моделей, які можуть швидко

переорієнтувати ресурси та процеси у відповідь на зміни у зовнішньому середовищі. Наприклад, компанії можуть створювати гнучкі виробничі лінії, які можуть швидко змінювати асортимент продукції у відповідь на зміни попиту. Оскільки, «розвиток транспортних підприємств України відбувається в умовах зміни державних пріоритетів, впровадження новітніх та удосконалення існуючих технологій, розширення переліку продукції й послуг, зміни потреб та смаків споживачів, посилення конкурентної боротьби та посилення військового стану в країні. Подібна висока динаміка сучасного економічного простору вимагає від транспортних підприємств розвитку такої ключової компетенції, як здатність швидко та ефективно реагувати на нагальні виклики. Розв'язання існуючої проблеми можливе шляхом використання нового підходу до формування системи забезпечення стратегічного розвитку підприємств авіаційного транспорту через управління змінами як системною цілісністю» [1].

Навчання та підвищення кваліфікації працівників та керівників для підвищення їх здатності реагувати на нові виклики є ключовим аспектом адаптивних стратегій. Це включає проведення регулярних тренінгів та навчальних програм, спрямованих на підвищення кваліфікації персоналу та розвиток навичок управління ризиками. Також важливо забезпечити доступ до актуальної інформації та знань про новітні технології та методи управління ризиками.

Соціальна відповідальність також відіграє важливу роль, оскільки підтримка екологічно та соціально відповідальних практик не тільки підвищує репутацію підприємства, але й створює додаткові конкурентні переваги.

Висновок

Таким чином, проактивний підхід, інноваційність та гнучкість є основними елементами, що дозволяють економічним системам ефективно реагувати на нові виклики та забезпечувати стабільне зростання. Завдяки розглянутим підходам підприємства можуть не лише подолати виклики, але й скористатися можливостями, що виникають у періоди економічної нестабільності, забезпечуючи таким чином стійкий розвиток і зростання.

Список літератури

1. Ареф'єва, О., Сімкова, Т., Жураківський, В. (2022). Стратегічний розвиток авіатранспортних підприємств в конкурентних умовах. *Економіка та суспільство*, (44). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-68

2. Лепейко Т.І.,Зось-Кіор М. В.,Федірець О. В. Диджитал-трансформація бізнес-процесів адаптивних підприємств в контексті сталого розвитку та управління змінами. *АГРОСВІТ*. 2024. № 13. С. 4-13. DOI: 10.32702/2306-6792.2024.13.4

3. Мушнікова С.А. Формування параметричних обмежень відповідності безпеки розвитку та життєвих циклів підприємства. *БІЗНЕСІНФОРМ*. 2020. № 2. С.252-258.

4. Прохорова В. В., Мних О. Б., Гузенко І. Ю. Людський капітал підприємства у глобальному просторі економіки знань. *Економічний вісник*. 2021. №2. С. 115-124.

5. Arefieva, O., Poberezhna, Z., Petrovska, S., Arefiev, S., & Kopcha, Y. (2024). Devising approaches to modeling enterprise business processes under conditions of modern digital technologies. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *1*(13 (127), 69–79. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298143

6. Arefiev S., Lagodiienko V., Tkachev V., Stavroiani S., Shevchenko O. Marketing and logistics in the adaptive management of enterprises in the conditions of digitalization. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2023. Vol.101. No 8. P. 3121-3132. http://www.jatit.org/volumes/Vol101No8/26Vol101No8.pdf

7. Khanin, S.; Arefieva, O.; Dergaliuk, M.; Popelo, O.; Tulchynska, S. Concepts of the activation of intellectual and innovative determinants for the development intensification of regional economic systems introduction. *Laplage em Revista (International)*, 2021, 7, p. 234-244. Available at: https://doi.org/10.24115/S2446-622020217Extra-E1180p.234-244.

УДК 004:658.310.4:330.341.1

Г.А. Тарасюк, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Цифрова трансформація як основа для інтелектуалізації капіталу підприємства

В тезах визначено місце інтелектуалізації капіталу в цифровій трансформації підприємств, що може стати вирішальним фактором їх успіху у глобальному цифровому середовищі, де нові технології відкривають нові можливості для зростання і стійкого розвитку.

Цифрова трансформація стає визначальним фактором для сучасного бізнесу, особливо в умовах нестабільності та швидких змін, що характерні для України в даний час. Пандемія COVID-19, економічні виклики, зумовлені військовою агресією та глобальною рецесією, стимулюють українські підприємства переглядати традиційні моделі ведення бізнесу та впроваджувати нові технології. В умовах цифрової економіки інтелектуалізація капіталу підприємства стає основним джерелом конкурентних переваг, оскільки забезпечує ефективніше управління ресурсами, оптимізацію бізнес-процесів та стійкий розвиток.

Цифрова трансформація передбачає впровадження хмарних сервісів, аналітики даних, штучного інтелекту та роботизованої автоматизації процесів (RPA). Це дозволяє підприємствам адаптуватися до швидких змін на ринку, мінімізувати витрати, підвищити ефективність операційної діяльності та забезпечити конкурентоспроможність. Українські підприємства активно впроваджують цифрові інструменти для інтеграції управлінських рішень, спрямованих на зростання інтелектуального капіталу та підтримку інноваційного розвитку в умовах сучасних викликів.

Цифрові технології створюють нові можливості для підвищення ефективності управління підприємством завдяки впровадженню новітніх інформаційних систем, автоматизації бізнес-процесів та розширенню можливостей аналізу даних.

В українських умовах особливу важливість мають технології, які дозволяють мінімізувати ризики та знизити витрати. Наприклад, підприємства активно використовують хмарні технології для забезпечення безперебійного доступу до інформації та роботи навіть під час нестабільної ситуації на ринку. Цифровізація дозволяє підприємствам підвищити свою гнучкість, адаптуватися до змін і зберігати конкурентоспроможність.

Основою інноваційної конкурентоспроможності України має стати творчий людський капітал, а також знання та результати досліджень. Їх ефективне впровадження в Україні та можливість виходу на світові ринки сприятиме успішному соціально-економічному розвитку країни. Загалом роль креативних індустрій в економіці зростатиме, а галузі, що складають цей сектор, постійно трансформуватимуться, що об’єктивно породжує

необхідність постійного перегляду змісту та інструментів державної політики та з'ясування взаємодії влади та бізнес. [5, с. 7].

Штучний інтелект (AI) та машинне навчання стали потужними інструментами для українських підприємств, які прагнуть підвищити ефективність своїх бізнес-процесів. За допомогою аналітики великих даних, компанії можуть швидко адаптуватися до змін на ринку, прогнозувати попит та налаштовувати свої стратегії відповідно до реальних потреб клієнтів. Це особливо важливо в українських реаліях, де ринки часто стикаються з невизначеністю та потребують швидких адаптаційних рішень. Наприклад, багато українських компаній успішно використовують AI для автоматизації рутинних завдань, що дозволяє скоротити витрати та підвищити ефективність роботи.

Використання аналітики даних, штучного інтелекту та автоматизації стає важливою складовою інтелектуалізації капіталу підприємства в Україні. Сучасні технології дозволяють ефективно збирати, зберігати та аналізувати дані для розуміння потреб клієнтів, виявлення трендів на ринку та прийняття стратегічних рішень. Українські підприємства активно інтегрують такі інструменти, як ERP-системи та платформи управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM), які допомагають оптимізувати операційні процеси, забезпечуючи більш прозору та ефективну роботу.

Автоматизація бізнес-процесів за допомогою роботизованих процесів автоматизації (RPA) дозволяє зменшити витрати та мінімізувати людські помилки, що є особливо важливим в умовах скорочення доступу до людських ресурсів та необхідності оптимізації витрат. «Ефективність функціонування підприємства, успішна реалізація його стратегічних планів залежить від суб'єктивних та об'єктивних чинників, таких як готовність впроваджувати інвестиційні проєкти, від знань, навичок та кваліфікації менеджерів, наявності фінансових, виробничих та інших ресурсів, тобто можна підвищити шанси успіху шляхом покращення кваліфікації керівництва, відшукуючи можливості кращого доступу до ресурсів, збільшуючи ймовірність досягнення більш масштабних і привабливіших цілей з урахуванням наявного стратегічно орієнтованого економічного потенціалу підприємства». [4, с. 18]

В Україні автоматизація стає ключовим елементом стратегії багатьох компаній, які прагнуть досягти більшої ефективності в умовах економічної нестабільності. Наприклад, підприємства в галузі логістики та дистрибуції використовують автоматизовані системи управління запасами, що дозволяють швидко реагувати на зміни в попиті та забезпечувати безперебійність поставок.

Цифрові інструменти стали невід'ємною частиною управлінських рішень, спрямованих на зростання інтелектуального капіталу підприємства. «Сучасне підприємство як складна поліструктурна система самостійно може обирати спрямування свого розвитку. Так, підприємство, яке існує виключно сьогоденням, без образу майбутнього використовує реактивний тип управління. Основна його ідея зводиться до того, щоб встигнути відреагувати на постійно виникаючі впливи навколишнього середовища. Головне завдання підприємства в такому випадку – накопичити якомога більше ресурсів до

виникнення несприятливих обставин. У такій організації немає майбутнього, якщо не зміниться характер дій, що, своєю чергою, повинно бути забезпечено шляхом зміни ментальної моделі керівництва» [3, с. 161].

В Україні інтеграція цифрових платформ забезпечує кращу координацію між різними підрозділами компанії та дозволяє оперативно приймати рішення, що знижує ризики та підвищує ефективність роботи. Цифрові інструменти, такі як платформи для спільної роботи, хмарні рішення для управління проектами та системи аналітики даних, дозволяють підвищити продуктивність і залучення співробітників до процесу прийняття рішень. «адаптивний підхід на підприємстві, який передбачає на основі безперервного детального моніторингу процесів розвитку бізнес-середовища та прогнозування впливу бізнес-середовища та прогнозування впливу можливих змін у зовнішньому середовищі, впровадження нових концепцій управління впровадження нових концепцій управління, які забезпечують» [6, с. 3122].

Особливий акцент варто зробити на цифрових інструментах для навчання та розвитку персоналу. Українські компанії активно використовують онлайн-курси, віртуальні тренінги та адаптивні системи навчання для підвищення кваліфікації працівників та розвитку їхніх навичок. « потребує належної інституалізації лідерства і економічних інтересів зацікавлених сторін із застосуванням їх якісного діагностування і моніторингу. Конструктивність формування їхньої єдності сприятиме вчасному прийняттю рішень щодо вибору напрямів розвитку підприємства, нівелювання загроз не виконання виробничої, комерційної, платіжної дисципліни» [1]. Це дозволяє ефективно управляти знаннями в організації та зберігати конкурентоспроможність в умовах швидких змін на ринку. Наприклад, багато українських компаній впроваджують платформи для обміну знаннями, що сприяє більшій залученості співробітників та підвищенню їх мотивації до саморозвитку.

Цифрова трансформація є важливим інструментом для підвищення конкурентоспроможності українських підприємств в умовах сучасних викликів. Впровадження новітніх цифрових технологій дозволяє підвищити ефективність управління, оптимізувати бізнес-процеси та сприяти розвитку інтелектуального капіталу. Зважаючи на особливості українського ринку, адаптація до цифрових технологій стає не просто можливістю, а необхідністю для забезпечення стабільного розвитку і зростання підприємств.

Висновок

Цифрова трансформація є ключовим фактором для підвищення конкурентоспроможності та стійкості українських підприємств у сучасних умовах глобальних викликів. Впровадження цифрових технологій, таких як хмарні сервіси, аналітика великих даних, штучний інтелект та роботизована автоматизація процесів, дозволяє компаніям оптимізувати бізнес-процеси, знижувати витрати та адаптуватися до швидких змін ринку. Особливо важливим це стає в умовах української економіки, де необхідність швидких та ефективних рішень є критичною для виживання і розвитку.

Розвиток інтелектуального капіталу через цифрові інструменти допомагає підприємствам не лише підвищувати свою ефективність, але й створювати інноваційні продукти і послуги, що відповідають новим вимогам ринку. Успішна інтеграція цифрових рішень у щоденну діяльність компанії сприяє підвищенню продуктивності працівників, покращенню управління знаннями та забезпечує розвиток організації на всіх рівнях.

Таким чином, цифрова трансформація є не просто технологічним трендом, а стратегічною необхідністю для українських підприємств. Вона відкриває нові можливості для зростання, підвищення ефективності та забезпечення стабільного розвитку в умовах мінливого глобального економічного середовища. Розумне використання цифрових технологій та інструментів допоможе українським компаніям зайняти гідне місце на міжнародному ринку та забезпечити своє майбутнє в цифрову епоху.

Список літератури

1. Ареф'єв С. Ґенеза розвитку лідерства в управлінні економічними інтересами підприємства. *Adaptive Management: Theory and Practice. SeriesEconomics*. 2020. 9 (18). DOI https://doi.org/10.33296/2707-0654-9(18)-01
2. Ареф'єва О.В., Яковенко А.О. (2012). Інтелектуалізація капіталу як чинник сталого розвитку підприємства. *Економічний вісник Національного гірничого університету*, (4), 96-102.
3. Мушнікова С.А. Теоретико-методичний базис управління безпекою розвитку підприємства. *Проблеми економіки*. № 1 (43). 2020. С.159-165.
4. Пілецька С.Т., Лункіна І.Ю. Стратегічно орієнтований економічний потенціал підприємства. *Економіка. Фінанси. Право*. 2022. № 9/1. С.17-23. URL : DOI: https://doi.org/10.37634/efp.2022.9(1).4.
5. Iarmosh, O., Prokhorova, V., Shcherbyna, I., Kashaba, O., & Slastianykova, K. Innovativeness of the creative economy as a component of the Ukrainian and the world sustainable development strategy (2021). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 628(1).* Режим доступу: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100727399&origin=resultslist&sort=plf-f
6. Arefiev S., Lagodiienko V., Tkachev V., Stavroiani S., Shevchenko O. Marketing and logistics in the adaptive management of enterprises in the conditions of digitalization. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2023. Vol.101. No 8. P. 3121-3132. http://www.jatit.org/volumes/Vol101No8/26Vol101No8.pdf

УДК 656.07

А.Г. Чернишенко, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Комплексний підхід до систематизації чинників впливу з позиції стратегічної адаптації

В тезах розглянуто основні зовнішні фактори, які обумовлюють здатність підприємства адаптуватись до змін через вплив основних складових: економічна нестабільність, диверсифікація ризиків, фінансове планування, можливості для підприємств, інноваційні можливості, партнерські відносини, соціальна відповідальність.

Сучасний світовий економічний ландшафт характеризується високим ступенем нестабільності та непередбачуваності. Глобальні фінансові кризи, політичні конфлікти, екологічні катастрофи та інші зовнішні фактори постійно змінюють умови ведення бізнесу. У таких умовах підприємства змушені швидко адаптуватися до змін і приймати стратегічні рішення, які дозволять не лише вижити, але й залишатися конкурентоспроможними.

У сучасних умовах економічної турбулентності підприємства стикаються з численними викликами, які вимагають комплексного підходу та гнучкості в управлінні. Розглянемо детальніше основні з них: економічна нестабільність, диверсифікація ризиків, фінансове планування, можливості для підприємств, інноваційні можливості, партнерські відносини, соціальна відповідальність.

Економічна нестабільність обумовлюється дією зовнішніх економічних факторів та проявляється через коливання валютних курсів, зміни цін на сировину та енергоносії, політичну нестабільність і глобальні економічні кризи. Ці фактори безпосередньо впливають на витрати підприємств, ціни на їхню продукцію та конкурентоспроможність на ринку. «Стимулюючий характер конкуренції висуває на перше місце ефективну кооперацію, оскільки, використовуючи її, можна значно знизити витрати на розроблення та виробництво продукції, підвищити її якість, збільшити корисні властивості та розширити збут». Наприклад, раптове зростання цін на нафту може значно підвищити виробничі витрати, що, в свою чергу, впливає на кінцеву ціну продукту та зменшує прибутковість. Також, «сучасна конкурентна стратегія у вигляді сумування сильних сторін різних суб'єктів сприяє підвищенню наукомісткості та високотехнологічності виробництва та продукції підприємств» [4, с. 38].

Підприємства повинні ефективно управляти своїми внутрішніми процесами та справлятись із відповідними викликами через васне рсурсне забезпечення, щоб зберегти стабільність і продуктивність. «Особливу роль у ресурсному забезпеченні безпекою розвитку підприємства в кризових умовах функціонування повинні займати державне та інвестиційне фінансування. В умовах, що склалися, підприємствам занадто складно виділити власні фінансові

ресурси для подальшого розвитку діяльності, що знижує рівень його безпеки розвитку». [3, с.164]

Це включає також оптимізацію витрат, підтримку рівня виробництва, забезпечення фінансової стабільності та мотивацію працівників. Умови економічної турбулентності часто призводять до зменшення інвестицій, скорочення робочих місць та зниження зарплат, що може негативно вплинути на моральний стан колективу і продуктивність.

Падіння попиту на продукцію, перебої в постачанні, підвищення витрат та зниження прибутковості – це лише деякі з ризиків, з якими стикаються підприємства в умовах економічної нестабільності. Зниження платоспроможності споживачів може призвести до скорочення продажів, а перебої в постачанні – до затримок у виробництві та виконанні замовлень. Ці фактори вимагають від підприємств розробки антикризових стратегій і планів дій для мінімізації негативного впливу.

В умовах економічної турбулентності особливо важливо оптимізувати витрати то сформувати відповідне матеріально-технічне забезпечення. «Раціональне використання матеріальних ресурсів – це доцільне обґрунтоване їх використання, їх витрати на рівні мінімуму при виробництві одиниці продукції. Система управління матеріально-технічним забезпеченням повинна відповідати сучасним інноваційним трансформаціям, що відбуваються у сфері забезпечення основними засобами та сфері матеріально-технічного постачання» [1, с.17]. Це можна досягти через впровадження інноваційних технологій, оптимізацію виробничих процесів, зниження операційних витрат. Наприклад, автоматизація виробництва дозволяє значно знизити витрати на трудові ресурси і підвищити ефективність виробничих процесів.

Використання нових технологій для створення конкурентних переваг, розробка нових продуктів та послуг дозволяють підприємствам залишатися на плаву і навіть зростати в умовах кризи. Інноваційні рішення, такі як цифровізація, автоматизація процесів, розвиток нових напрямків бізнесу, можуть стати ключовими факторами успіху. «Організаційно-економічні засади активізації залучення інвестиційних ресурсів вимагають формування відповідного сприятливого середовища, яке зацікавлює економічних суб'єктів до участі в інвестиційних процесах. Формування такого середовища потребує поєднання організаційних, правових та економічних заходів, які, будучи інтегрованими в єдиний механізм, здатні забезпечити синергетичний ефект щодо активізації залучення інвестицій». [5, с.133]

Ефективне фінансове планування допомагає підприємствам підготуватися до непередбачуваних змін і забезпечити фінансову стабільність. Це включає створення резервних фондів, пошук нових джерел фінансування, гнучке управління бюджетом. Резервні фонди дозволяють підприємствам покривати непередбачені витрати, а нові джерела фінансування – інвестувати в розвиток навіть в умовах економічної нестабільності.

Встановлення стратегічних партнерств, кооперація з іншими підприємствами та організаціями, участь у кластерних об'єднаннях можуть надати підприємствам додаткові ресурси та можливості для розвитку. Спільні

проекти дозволяють зменшити витрати, розподілити ризики і збільшити конкурентоспроможність.

Посилення соціальної відповідальності бізнесу, розвиток стійких екологічних практик, підтримка локальних громад не тільки підвищують репутацію підприємства, але й можуть стати джерелом нових можливостей. Споживачі все більше цінують екологічно та соціально відповідальні компанії, що створює додаткові конкурентні переваги

Для успішного подолання викликів, з якими стикаються підприємства в умовах економічної турбулентності, доцільно використовувати сім стратегічних підходів, які дозволять забезпечити стабільність і розвиток.

Висновок.

Економічна турбулентність приносить не лише виклики, але й значні можливості для розвитку підприємств. Уміння швидко адаптуватися до змін, використовувати інноваційні підходи та налагоджувати партнерські відносини дозволяє підприємствам залишатися конкурентоспроможними і досягати успіху навіть в умовах нестабільного економічного середовища. Підприємства повинні бути гнучкими, інноваційними та готовими до змін для успішного функціонування в умовах економічної нестабільності. Це включає впровадження сучасних технологій, оптимізацію витрат, ефективне фінансове планування та розвиток партнерських відносин..

Список літератури

1. Ареф'єва О. В., Сафонік Н. П., Кривенко Є. А. Фактори інноваційного розвитку системи матеріально-технічного забезпечення підприємства в умовах неотехнологічного відновлення. *Modern Economics*. 2021. № 30 (2021). С. 13-20. DOI: https://doi.org/10.31521/modecon.V30(2021)-02.
2. Лепейко Т.І.,Зось-Кіор М. В.,Федірець О. В. Диджитал-трансформація бізнес-процесів адаптивних підприємств в контексті сталого розвитку та управління змінами. *АГРОСВІТ*. 2024. № 13. С. 4-13. DOI: 10.32702/2306-6792.2024.13.4
3. Мушнікова С.А. Теоретико-методичний базис управління безпекою розвитку підприємства. *Проблеми економіки*. № 1 (43). 2020. С.159-165.
4. Пілецька С.Т., Лункіна І.Ю. Стратегічно орієнтований економічний потенціал підприємства. Економіка. Фінанси. Право. 2022. № 9/1. С.17-23. URL : DOI: https://doi.org/10.37634/efp.2022.9(1).4.
5. Arefiev, S., Filippov, V., Shepelenko, S., Zabashtanskyi, M., Chorna, T., & Yevtushenko, Y. (2024). Organizational and economic principles of activation of the attraction of investment resources in the development of economic systems. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, *46*(2), 131–138. https://doi.org/10.15544/mts.2024.14

УДК: 65.012.32:658.114.3

І.Ю. Лункіна, аспірантка
(Національний авіаційний університет, Україна)

Система антикризового управління підприємством на прикладі транспортного комплексу

Антикризове управління на транспортних підприємствах охоплює комплекс заходів, спрямованих як на усунення негативних наслідків вже виниклих проблем, так і на проактивну діяльність, яка дозволяє запобігти їх виникненню. Поведінковий організаційний аналіз допомагає виявити внутрішні та зовнішні чинники, що впливають на формування ризиків у транспортній галузі.. Вибір інструментів антикризового управління безпосередньо залежить від специфіки кризи, що виникла.

У ринковій економіці підприємства, як правило, мають широку свободу у прийнятті економічних рішень і несуть повну відповідальність за їх наслідки. Саме тому антикризове управління є важливим інструментом для кожного суб'єкта господарювання.

Створення ефективної системи антикризового управління на підприємстві – це багатогранний процес, який вимагає глибокого розуміння всіх аспектів його діяльності. Антикризовий менеджер повинен володіти комплексними знаннями про фінансово-господарські процеси, а також мати досвід застосування різноманітних інструментів і механізмів для запобігання та подолання кризових ситуацій. Високий рівень ризику, пов'язаний з антикризовим управлінням, підкреслює важливість професійної підготовки та досвіду фахівця, який бере на себе цю відповідальність. [4].



Рис. 1 Транспортний комплекс України

Транспортна галузь є фундаментальною складовою економіки України. Вона забезпечує безперебійне функціонування всіх секторів господарства, сприяє розвитку торговельних відносин як всередині країни, так і за її межами, а також задовольняє потреби населення в мобільності. Транспорт

відіграє ключову роль у соціально-економічному розвитку, підвищує конкурентоспроможність національної економіки та покращує якість життя громадян [6].

Транспортна система є життєво важливою інфраструктурою держави, що забезпечує взаємодію всіх сфер суспільного життя. Вона є рушійною силою економічного зростання, сприяє соціальному розвитку, зміцнює обороноздатність країни та поглиблює міжнародне співробітництво. Діяльність транспортної системи є гарантією економічної та національної безпеки держави [1].

Транспортний комплекс України включає в себе різноманітні види транспорту: залізничний, автомобільний, авіаційний, морський, річковий та трубопровідний. Крім того, до складу комплексу входять розгалужена мережа автомобільних доріг загального користування та системи міського електротранспорту, зображено на рис. 1. Транспортна система України характеризується значним розвитком. Станом на кінець 2023 року вона включала понад 21 тисячу кілометрів залізничних колій, понад 169 тисяч кілометрів автомобільних доріг з твердим покриттям, понад 2,7 тисячі кілометрів судноплавних річок, майже 46 тисяч кілометрів нафто- і газопроводів, 13 морських портів та 20 аеропортів. Ці дані не враховують окупованих територій [1]. Для стабільного економічного зростання в умовах глобалізації необхідний постійний розвиток транспортної системи, що відповідає принципам сталого розвитку.

Таблиця 1

Динаміка частки суб'єктів транспорту у загальній кількості підприємств України за 2017 – 2023 рр.

Показники	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Кількість суб'єктів господарювання, од	338256	355877	380597	373822	370 834	261 924	281 345
Частка суб'єктів господарювання транспорту, од	15 252	16 085	17 487	17 584	17 619	13 151	14 536

У період з 2017 по 2021 рік спостерігалась тенденція до зростання кількості новостворених підприємств у транспортній галузі, яка досягла свого піку в 2019 році. Однак, світова економічна криза, спричинена пандемією COVID-19, негативно вплинула на цей показник у 2020 році. Наслідки пандемії та повномасштабне вторгнення Росії суттєво вплинули на розвиток бізнесу в Україні, зокрема в транспортній галузі. Після досягнення пікової кількості транспортних підприємств у 2021 році (17 691), у 2022 році спостерігається спад на 26%, що свідчить про значні труднощі, з якими зіткнувся цей сектор. Аналогічна ситуація спостерігається і в транспортній

галузі. Після досягнення максимального рівня у 2021 році (17 691 підприємство), кількість суб'єктів господарювання у транспортному секторі різко скоротилася на 26% у 2022 році, склавши лише 13 151 суб'єкт (табл. 1)

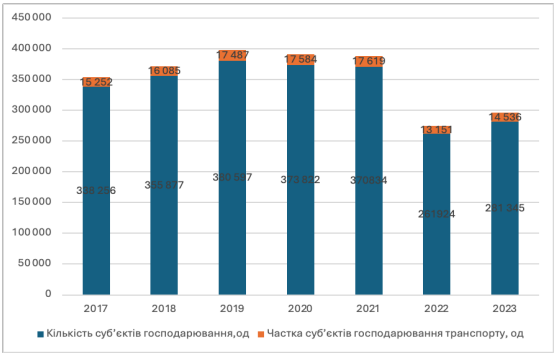


Рис. 2 Частка суб'єктів господарювання транспорту в загальній кількості суб'єктів господарювання, од.

Транспортна галузь України зазнала значних потрясінь під впливом низки зовнішніх чинників, таких як пандемія COVID-19, війна, економічна криза, а також зміни в соціально-культурній та політичній сферах. Ці фактори призвели до суттєвих коливань кількості суб'єктів господарювання у транспортному секторі протягом 2017-2023 років, що наочно проілюстровано на рис. 2.

Висновки

Стратегія управління транспортним підприємством є комплексною системою заходів, яка враховує безліч внутрішніх та зовнішніх факторів. Розробка антикризової стратегії в транспортному комплексі вимагає оперативного реагування на зміни ринкового середовища та пошуку ефективних рішень для подолання проблем.

Список літератури

1. Взаємодія видів транспорту/Навчальний посібник/М.І. Березовський, Т.В. Болвановська, В.В. Малашкін, С.В. Боричева, П.І. Стехін, М.Є. Перечіпко/Український державний університет науки та технологій – Дніпро, 2023. С. 204

2. Жадько А. О. Антикризове управління підприємством: сутність, етапи здійснення та основні антикризові заходи. URL : http://intkonf.org/zhadko-ao-antikrizove-upravlinnya-pidpriemstvom-sutnist-etapi-zdiysnennya-ta-osnovni-antikrizovi-zahodi/

3. Пілецька С. Т., Лункіна І.Ю. Основи антикризового управління в умовах впливу зовнішнього середовища. *Сталий розвиток економіки*, (1(48), 2024. 281-286. https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-48-39

4. Приходько Н. П. Сутність антикризового управління на підприємстві URL : http://masters.donntu.edu.ua/2011/iem/potatuev/library/article02.htm

5. Родченко В. В. Концептуальні підходи до проблеми побудови системного антикризового управління підприємством. URL : http://www.nbuv.gov.ua/ejournals/PSPE/2010_2/Rodchenko_210.htm

6. Світлична Т. І. Реалізація політики антикризового управління підприємствами транспортного комплексу України URL : http://www.economy-confer.com.ua/full_article/736/

UDC 339.9

A.V. Hrona, post-graduate student
(National Aviation University, Ukraine)

Study into the monetary regulation of EU aircraft industry

This paper provides introduction into the study of monetary regulation of the EU aircraft economic industry. It emphasizes the relevance of research studies into monetary policies aimed at achieving specific micro- rather than overall macroeconomic effects.

Introduction

In December 2023, the author proposed a methodology of studies into the processes of monetary regulation of international economic activity [1], based on the conceptual definition of monetary regulation of international economic activity proposed by the author in May 2023 [2]. In the context of the proposed methodology, the result of such monetary regulation activities can (and might be better to) be considered as a kind of joint, publicly available public agreement:

– The parties to which are all the stakeholders – certain agents of international economic activity and/or the global economy that are simultaneously participants in the international monetary system;
– the subject matter – the scope – of which are stakeholders' monetary transactions and/or international economic relations closely related to such;
– which clearly defines the rights and obligations of stakeholders in relation to its subject matter.

Accordingly, in the context of the proposed methodology, the monetary regulation of international economic activity does not include issuances by participants of the international monetary system, whose role includes monetary regulation activities (monetary authorities) of:

1. acts of individual action, which rather acquire the status of an administrative act rather than a regulatory act (the principle of general effect of a regulatory act);
2. agreements between clearly defined parties (the principle of depersonalization of a regulatory act);
3. regulatory acts, the scope of application of which does not exceed the country of adoption (the principle of international jurisdiction).

Given the methodology proposed by the author, the question of the possible sectoral focus of monetary regulation of international economic activity becomes relevant.

The purpose of the study, briefly outlined in this text, is to investigate the possibility of sectoral focus of monetary regulation of international economic activity, according to the methodology outlined below.

Research methodology.

To achieve this goal, define the of the research problem setting.

Given:

1. the scope (jurisdiction) of the monetary regulatory act applies at least to EU countries;

2. the activities of EU's national and/or international economic agents, which do not provide for zero receipts/expenditures of agents in foreign currency, are the object of regulation, i.e.:

2.1. exports;

2.2. imports;

2.3. export-oriented production;

3. The Harmonized International Nomenclature of Goods, the production and international trade of which is the subject of activity of some of the above-mentioned economic agents, is limited to goods of Group 88 «Aircraft, Spacecraft, And Parts Thereof» [3; c. 658-660], such as:

3.1. 8802 «… aircraft (for example, helicopters, aeroplanes), except unmanned aircraft of heading 8806; spacecraft (including satellites) and suborbital and spacecraft launch vehicles» [3; p. 658];

3.2. 8806 «Unmanned aircraft» [3; p. 659].

Find and study, examples of monetary regulation of international economic activity in the EU.

Summary of the main findings.

Let's consider an example of monetary regulation of the EU aircraft industry, such as the EU Regulation No 1233/2011 of 16.11.2011, regulating, in particular, the application of certain guidelines in the field of officially supported export credits (hereinafter – Regulation 1233/2011)

1. Regulation 1233/2011 meets the above conditions for reasons below:

1.1. no signs of individual action: according to the general part of the Regulation, the mechanism defined by it is at the same time carefully regulated, not defining a very limited list of industries to which the Regulation applies and not defining an exhaustive list of legal entities that can provide and receive state aid in the form of export credits, including their unique identification codes [4; p. 45 - 72];

1.2. At the same time, Annex III to the Regulation defines a separate, no less thorough than the general one, regulation for export crediting of economic agents in the civil aviation sector [4; p. 78 - 88];

2. and therefore is a monetary regulatory act, the effect of Annex III to which applies to a specific industry - the civil aviation industry.

We may mote some positive features of Regulation 1233/2011.

First, this approach provides flexibility in the implementation of official financial support. Monetary regulation is a prerequisite for actions that fall within the scope of official financial support making roadmap for the competent authorities in implementing such. At the same time, it is not evident whether the methodology of official financial support of agricultural exports is as effectively applicable in case of official financial support of civil aircraft exports. Hence, the Regulation 1233/2011 explicitly provides for defined in the Regulation 1233/2011 official financial support arrangement not to be applied to exports of Military Equipment and Agricultural Commodities [4; p. 52].

Second, there are amendments and additions that eliminate the pitfalls of the Regulation 1233/2011 first edition. For instance, "new civil aircraft" was defined in the first edition as such, as listed in Appendix I, as well as the engines installed in such, being owned by the manufacturer and having been neither delivered nor previously used

for its intended purpose of carrying fare-paying passengers and/or freight. [4; p. 78]. The Appendix I itself was disclaimed to be not exhaustive and to served only aircraft categorization purposes [4, 85-88]. At the same time, aircraft of some models according to the list were discontinued before the adoption of Regulation 1233/2011 [4; p. 85]. The current version of Regulation 1233/2011 does include Appendix I to Annex III. It also defines a new aircraft, as an aircraft that at the time of export is owned by the manufacturer and has neither been delivered nor been previously used for its intended purpose of carrying passengers and/or freight, including completely new engines installed [5; p. 61, 65]. This definition is by itself exhaustive in terms new aircraft and does not require any listings of possible models.

We might also note the beginning of the Regulation 1233/2011 current version's text [5; p. 1]. The header of the very first page provides for the following disclaimer: «This text is meant purely as a documentation tool and has no legal effect. The Union's institutions do not assume any liability for its contents. The authentic versions of the relevant acts, including their preambles, are those published in the Official Journal of the European Union and available in EUR-Lex.». De-facto, it is the official source of legal and regulatory information, which claims itself not to be responsible for any discrepancies between the publicly available amendments-adjusted consolidated version of the act contents and contents of officially published act in its first edition, including each of the amending acts contents. A possible consequence monetary authority's loss of credibility and trustfulness, which, according to contemporary theoretical academic literature on monetary policy, might sufficiently affect the effectiveness of official monetary policy [6; p. 125].

Conclusions.

The study of monetary regulation of the EU aircraft economic industry renders the study into the methodology of monetary regulation with explicit features of a narrow sectoral focus more relevant. The study emphasized needs for further studies into "microeconomic monetary policies", i.e. monetary policies aimed at achieving certain micro- rather than macroeconomic effects – at least, in regards of their regulatory frameworks.

References

1. Грона, А. В. (2023). Методологія дослідження процесів валютного регулювання міжнародної економічної діяльності. У IV international scientific and practical conference «researching advanced horizons of global progress: Challenges and innovative concepts» (с. 239–243). International Scientific Unity.
2. Grona, A. (2023). Classification of analytical approaches to monetary regulation. У Національні економічні стратегії розвитку в глобальному середовищі (с. 20–22). Національний авіаційний університет.
3. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/1832 of 12 October 2021 amending Annex I to Council Regulation (EEC) No 2658/87 on the tariff and statistical nomenclature and on the Common Customs Tariff. (2021). Official Journal of the European Union, L series, 64(L 385), Article 1. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=OJ:L:2021:385:TOC

4. European Union. (2011). Regulation (EU) No 1233/2011 of the European Parliament and of the Council of 16 November 2011 on the application of certain guidelines in the field of officially supported export credits and repealing Council Decisions 2001/76/EC and 2001/77/EC. Official Journal of the European Union, 54(L 326), 45–112. https://doi.org/10.3000/19770677.L_2011.326.eng

5. Consolidated text: on the application of certain guidelines in the field of officially supported export credits and repealing Council Decisions 2001/76/EC and 2001/77/EC, Regulation No. 1233/2011 (2011, December 8) (European Union). Official Journal of the European Union, 54(L 326). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1233-20231231

6. Salle, I., Yıldızoğlu, M., & Sénégas, M.-A. (2013). Inflation targeting in a learning economy: An ABM perspective. Economic Modelling, 34, 114–128. https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.01.031

УДК 658.3(045)

М.В. Барський, аспірант
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Адміністрування організаційно-економічного механізму попередження ризиків у глобальних ланцюгах постачання

Глобалізація світової економіки надає можливість ведення міжнародного бізнесу із залученням у свої процеси учасників з усього світу. Іншою стороною такої можливості є широкий спектр ризиків, настання яких може спричинити критичні руйнації компанії. Адміністрування механізмів протидії та уникнення ризиків стає однією з головних функцій управлінського персоналу.

У сучасному світі глобальні ланцюги постачання відіграють одну з ключових ролей у діяльності компаній, досягненню ними запланованих рівнів продажу та прибутку. В той же час ГЛП простягаються на дуже великі відстані, проходять через різні континенти та містять у собі багато точок обробки вантажу та зміни видів транспорту (авіаційний, морський, автомобільний, тощо…). Така протяжність і складність ланцюгів постачання призводить до наявності у них великої кількості ризиків, які несуть у собі загрозу досягненню компаніями запланованих результатів, а в окремих випадках ставлять під сумнів власне продовження існування підприємств.

Адміністрування механізму попередження та управління ризиками є однією з критично важливих функцій підприємства, що має на меті збільшення рівня стабільності функціонування компанії, яке водночас забезпечує як нормальну роботу власне підприємства, так і впевненість у ній ключових клієнтів. Останній фактор несе в собі значиму репутаційну перевагу перед конкурентами, оскільки коли клієнти компанії впевнені, що їх постачальник турбується про безперервність власної діяльності, то вони можуть надати перевагу у роботі з таким постачальником навіть попре певну не найнижчу вартість продукції такого постачальника.

При організації системи адміністрування механізму попередження і управління ризиками компанії за промовчанням повинні враховувати такі фактори, як:

- Виникнення критичних помилок, пов’язане із постійно зростаючою складністю ГЛП
- Торгові війни, економічні кризи та інші фактори фінансової боротьби
- Технологічний прогрес та штучний інтелект як водночас і перевага, і додаткові ризики у веденні бізнесу
- Соціальні та екологічні аспекти ведення комерційної діяльності, репутаційні ризики

Складність ГЛП та пов’язані з цим ризики збільшують ймовірність настання ситуації, при якій один, можливо відносно незначний збій виведе з ладу весь процес. До прикладу страйк працівників складу, які на проміжному етапі не перевантажили товар з вантажного автомобіля до морського

контейнеру у потрібні строки призведе до того, що ця партія товару не буде оброблена портом вчасно і не потрапить на запланований судовихід. А з урахуванням частого браку вільного місця на судах може статись так, що наступний слот з'явиться аж через декілька місяців. І компанія непередбачувано залишиться (і можливо залишить своїх клієнтів) без постачання важливих компонентів на додаткових декілька критичних місяців.

Фінансово-економічні протистояння призводять до постійного зростання вартості продукції, пов'язаної як із зростанням ціни власне продукту, так і зі зростанням вартості його обробки та доставки. Такі процеси можуть відбуватись при вже розпочатому процесі проходження товару через ГЛП.

Сучасні інформаційні системи та використання їх можливостей стають обов'язковими компонентами діяльності великих корпорацій. Обчислення великих масивів даних збільшує ймовірність прийняття правильних рішень в процесі управління ризиками. В той же час якщо компанія не запровадила у своїй діяльності процеси управління ризиками з використанням сучасних технологій то така компанія додатково отримує ризик стати аутсайдером у своїй ніші порівняно із більш продуманими конкурентами.

Ще кілька десятиліть тому питання екологічної та соціальної відповідальності бізнесу займало набагато нижчі позиції, ніж зараз. Раніше можливість управляти міжконтинентальною торгівлею зі свого офісу і одній країні із веденням бізнесу, до якого залучені учасники та виконавці з різних країн, вражала в тій мірі, що про соціальну рівність та навколишнє середовище мова заходила далеко не в першу чергу. Тепер же клієнти брендів звертають свою увагу в тому числі на те, як само підприємство веде свою діяльність. І для того, щоб не втрачати продажі через репутаційні ризики, бізнесу необхідно контролювати в тому числі власних постачальників та підрядників на момент виконання ними їх роботи в контексті дотримання екологічних та соціальних норм.

Для запобігання ризикам, а також для зниження шкідливого впливу від них в разі настання ризикової події, підприємства запроваджують у своїй господарській діяльності механізми попередження та управління ризиками. Розробка таких механізмів відбувається під безпосереднім контролем вищого керівництва компанії та її власників. Висока важливість таких механізмів зумовлює залучення також керівників всіх ключових підрозділів компанії. Адміністрування в даному випадку передбачає постійний моніторинг показників, пов'язаних із виявленням ризиків та способам протидії їм. Керівництво компанії повинно бути у постійному стані контролю цих показників.

За результатами аналізу існуючих досліджень, пов'язаних з управлінням ризиками у глобальних ланцюгах постачання, можливо виокреслити такі основні способи протидії ризикам.

1. Наявність у компанії кризового плану з протоколами дій у разі настання тієї або іншої події.
2. Наявність плану швидкого відновлення діяльності компанії на випадок, коли настання ризикової події уникнути не вдалось.

3. Оцінка постачальників сировини та послуг за їх ризиковим профілем, оцінка стійкості та стабільності постачальників
4. Візуалізація та опис ланцюгів постачань та актуальних процедур для виявлення слабких місць
5. Створення максимально можливої кількості альтернативних джерех отримання сировини та послуг
6. Контроль якості власної продукції, який сигналізуватиме у разі погіршення свого товару (як сигнал про те, що якісь процеси працюють некоректно)
7. Покращення комунікації всередині та зовні компанії. Організація вигідного співробітництва із постачальниками та клієнтами. В окремих випадках можлива розробка способів співробітництва із конкурентами.
8. Інвестування у сучасні технології

Висновки.

У сучасному світі глобальні ланцюги постачання відіграють одну з найважливіших ролей для бізнесу. Вони водночас відкривають можливості безкрайньої торгівлі та переміщення і обробки товарів по всій планеті. В той же час складність і протяжність ГЛП, залученість до них великої кількості учасників продукує велику кількість ризиків, настання яких може значно погіршити стан компанії і навіть призвести до припинення її діяльності.

Для протидії таким ризикам компаніям доводиться створювати механізми управляння ризиками. Адміністрування таких механізмів вимагає залучення вищого керівництва підприємства.

Реалізація заходів з управління ризиками у ГЛП надає можливості компаніям покращити своє становище на ринку, збільшити рівень власної конкурентоспроможності, отримати вищий рівень довіри від клієнтів та працювати стабільно і прогнозовано.

Список літератури

1. Trushkina, N. (2019). Improvement of the organizational-and-economic mechanism of management logistic activity of enterprise. Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal, 5(4), 156-172. https://doi.org/10.51599/are.2019.05.04.09

2. Bhatti, S., Bhatti, A. (2019). Impact of Supply Chain Risk Management on Organizational Performance: Moderating Role of Supply Chain Integration.

3. Um, J., Han, N. (2020). Understanding the relationships between global supply chain risk and supply chain resilience: the role of mitigating strategies. Supply Chain Management: An International Journal. ahead-of-print. 10.1108/SCM-06-2020-0248.

4. Hryhorak, M., Trushkina, N., Kitrish, K. (2022). Improving the strategic management of the sustainability of supply chains of industrial enterprises. Journal of Innovations and Sustainability, 6(1), 01. https://doi.org/10.51599/is.2022.06.01.01

5. Залознова, Ю. С., Трушкіна, Н. В., & Ринкевич, Н. С. (2019).

Удосконалення організаційно-економічного механізму управління розвитком організаційної культури підприємств. Економічний простір, (149), 65-75.

6. Кривов'язюк І. В. Смерічевський, Ю.М. (2018). Ризик-менеджмент логістичної системи машинобудівних підприємств: монографія / І. В. Кривов'язюк, С. Ф. Кулик. – К.: Видавничий дім «Кондор», 200 с

УДК 334.021

Д.Д. Говсєєв, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Інновації та соціальна відповідальність: як збалансувати бізнес-цілі з етичними принципами

В тезах визначено роль інновацій при здійсненні складових соціальної відповідальності через збалансування бізнес-цілей за визначеними етичними принципами та при впровадженні переваг сучасних економік.

У сучасному світі інновації є не лише рушійною силою економічного зростання, але й важливим чинником, що визначає репутацію і довіру до бізнесу. Компанії все частіше стикаються з необхідністю поєднання економічних цілей з етичними принципами, що забезпечують сталий розвиток, відповідальність перед суспільством і збереження навколишнього середовища. Інновації надають підприємствам можливість не тільки вдосконалювати свої продукти і послуги, але й впроваджувати соціально-відповідальні практики, які відповідають викликам сучасності. «Нові технології в межах інформаційної економіки дозволяють підприємствам знижувати собівартість продукції, підвищувати її якість, забезпечувати ріст вартості підприємства. Зростає швидкість реакції на зміни зовнішнього середовища, надзвичайно важливим стає довгострокове планування та побудова конкурентної стратегії. Увага приділяється внутрішній інтеграції підрозділів підприємства, прийняттю спільних стратегічних рішень» [4, с 37].

Соціальна відповідальність підприємства полягає у визнанні та активному реагуванні на соціальні, економічні та екологічні потреби суспільства в динаміці. Вона включає заходи, спрямовані на поліпшення умов праці, зменшення екологічного впливу на оточуюче середовище, підтримку місцевих громад та впровадження етичних стандартів у корпоративну культуру. Інновації, у свою чергу, надають інструменти для реалізації цих зобов'язань, дозволяючи підприємствам знаходити нові підходи до ведення бізнесу, які відповідають соціальним очікуванням.

Баланс між бізнес-цілями та етичними принципами досягається через розуміння і впровадження інноваційних технологій, які сприяють соціально-відповідальному розвитку. Одним із ключових інструментів у цьому процесі є використання новітніх технологій для зниження негативного впливу на довкілля. Наприклад, застосування "зелених" технологій та енергоефективних рішень дозволяє значно скоротити викиди вуглекислого газу, зменшити споживання води та інших ресурсів, а також мінімізувати відходи виробництва. У той же час ці інновації можуть знижувати витрати на енергію і ресурси, що сприяє підвищенню економічної ефективності підприємства.

Іншим важливим аспектом є впровадження прозорих бізнес-процесів, які базуються на етичних стандартах. Використання цифрових технологій, таких як блокчейн, дозволяє підвищити прозорість у всіх аспектах бізнес-

діяльності — від постачання сировини до кінцевого продажу продукції. Це створює можливості для відслідковування екологічного і соціального впливу компанії на кожному етапі її діяльності. Так і ініціативи сприяють підвищенню довіри до бренду серед споживачів і партнерів, адже демонструють відданість компанії етичним принципам і прозорості. «Управління людським капіталом є також важливою частиною соціально відповідального розвитку підприємства. Використання ресурсного потенціалу підприємства обумовлюється як рівнем корисного застосування їх у виробництві, так і швидкістю їх перетворенню у виручку від реалізації, здатності управлінської складової вчасно мобілізовувати фінансовий потенціал» [4]. Це також «потребує належної інституалізації лідерства і економічних інтересів зацікавлених сторін із застосуванням їх якісного діагностування і моніторингу. Конструктивність формування їхньої єдності сприятиме вчасному прийняттю рішень щодо вибору напрямів розвитку підприємства, нівелювання загроз не виконання виробничої, комерційної, платіжної дисципліни» [1]. Створення робочих місць з гідними умовами праці, забезпечення рівних можливостей для всіх співробітників незалежно від статі, раси або соціального походження — це лише кілька аспектів, на які повинна звертати увагу кожна інноваційна компанія.

Соціально відповідальні компанії активно інвестують у розвиток компетенцій своїх працівників, їхню здатність працювати в командах, стимулюючі їх професійне зростання та створюючи комфортне робоче середовище. Впровадження таких практик не лише підвищує мотивацію і залученість співробітників, але й створює позитивний імідж підприємства, що допомагає залучати талановитих фахівців до здійснення складних бізнес-процесів та утримувати їх також завдяки ергономічному робочому місці.

Окремо варто зазначити значення інновацій у сфері соціального підприємництва. Все більше компаній бачать у соціальних ініціативах можливість створення нових продуктів і послуг, які одночасно відповідають потребам ринку і вирішують соціальні проблеми. Наприклад, розвиток бізнес-моделей, що базуються на принципах циркулярної економіки, дозволяє підприємствам скорочувати витрати шляхом повторного використання матеріалів, а також створювати додаткову вартість за рахунок екологічної відповідальності.

Такі моделі стимулюють підприємства до впровадження інновацій як в основні, так і допоміжні бізнес-процеси, які сприяють сталому розвитку та зменшенню негативного впливу на довкілля та можливістю організовувати замкнені технологічні цикли.

До того ж, важливе місце займає «визначення пріоритетності управлінських завдань та набору необхідних організаційних компетенцій відповідно до обраного сценарію розвитку організації. Наслідком цього стане визначення різних напрямків трансформації структури організаційної компетенції, перегляду змісту і взаємної трансформації функцій. Далі вважається за доцільне оцінити рівень прояву компетенцій у діяльності організації та послідовно відібрати ті, що потребують першочергового розвитку або оновлення для своєчасного та ефективного вирішення завдань

поточного етапу ЖЦ, запобігання етапам занепаду та ліквідація організації» [6, с 100].

Важливу роль відіграють також інноваційні підходи до взаємодії з зацікавленими сторонами — споживачами, партнерами, регуляторами та громадськими організаціями, місцевими органами влади. Завдяки цифровим технологіям, таким як соціальні мережі та онлайн-платформи, компанії можуть швидко і ефективно комунікувати зі своїми аудиторіями, залучати х до діалогу та отримувати зворотній зв'язок щодо своїх соціально відповідальних ініціатив.

«Розвиток цифрових технологій і трансформація міжнародної конкурентоспроможності створюють нові можливості для розширення комерційної комунікації в електронному бізнес-середовищі. Таким чином, використання інформаційних технологій стає необхідною умовою функціонування компаній та забезпечення їх конкурентоспроможності на міжнародному ринку» [5, с 1528]. Це сприяє кращому розумінню потреб і очікувань суспільства, а також підвищує лояльність споживачів до бренду, що має позитивний вплив на фінансові показники та економічну безпеку підприємства.

Збільшення залежності від цифрових технологій підвищує ризики кібератак та втрати конфіденційної інформації. Кіберзлочинці стають все більш витонченими у своїх методах, використовуючи складні атаки на інфраструктуру компаній, державних установ та окремих користувачів.

Втрата конфіденційної інформації може призвести до значних фінансових втрат, пошкодження репутації та порушення нормальних операційних процесів. Для мінімізації цих ризиків необхідно впроваджувати передові заходи захисту, такі як шифрування даних, багатофакторна аутентифікація та постійний моніторинг мережевої безпеки.

Соціально відповідальний розвиток не може бути успішним без інтеграції етичних принципів у стратегічне планування підприємства та програми розвитку на ключових сегментах ринку. Компанії, що прагнуть досягти довгострокового успіху, повинні враховувати вплив своїх рішень на соціальну та екологічну сфери, впроваджуючи інновації, які сприяють як її сталому розвитку, так і . Такий підхід дозволяє не лише зберегти довіру до бренду, але й створити умови для зростання, підвищення конкурентного статусу і процвітання в умовах сучасної глобальної економіки.

Таким чином, поєднання інновацій та соціальної відповідальності є ключовим фактором успішного розвитку бізнесу в сучасному діловому світі. Інновації відкривають перед підприємствами нові можливості для досягнення встановлених бізнес-цілей, тоді як етичні принципи забезпечують сталий розвиток і зміцнюють ділову репутацію компанії.

Висновок. Впровадження інноваційних підходів до соціальної відповідальності як підприємства, так процедур ведення бізнесу дозволяє створити додаткову вартість не лише для акціонерів, але й для всіх зацікавлених сторін як в інформації, так і іміджевих впливах, сприяючи таким чином формуванню нової бізнес-культури, орієнтованої на добробут суспільства.

Список літератури

1. Ареф'єв С. Ґенеза розвитку лідерства в управлінні економічними інтересами підприємства. *Adaptive Management: Theory and Practice. SeriesEconomics*. 2020. 9 (18). DOI https://doi.org/10.33296/2707-0654-9(18)-01
2. Ареф'єва О.В. Крос-культурний менеджмент як детермінанта формування конкурентоспроможності підприємства. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2018. Вип. 20 (1). С. 19-22.
3. Васюткіна Н.В., Карбовська Л. О., Братусь Г. А. Концептуальна модель інтеграції системи соціально-відповідального маркетингу в стратегію управління промисловим підприємством. *Наукові праці МАУП*. 2019. №2 (58). С.48-56.
4. Пілецька С.Т., Ануфрієва М.О. Формування конкурентної стратегії підприємства в умовах економіки знань: теоретичний підхід. *Економіка. Фінанси. Право.* 2022. № 9/2. С. 37–40. URL : DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-43-35.
5. Arefiev S, Shevchenko I, Savkiv U, Hovsieiev D, Tsizhma Y. Management of the global competitiveness of companies in the field of electronic commerce in the conditions of digitalization. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2023. Vol.101. No 4. P. 1527-1537. https://www.jatit.org/volumes/Vol101No4/31Vol101No4.pdf
6. Gruzina I., Lepeyko T., Lohinova K., Pererva I., Myronova O. 2024. Determining directions for transforming the organization's competence structure depending on its life cycle stage in the context of enabling effective operation in the market. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(13 (128), 91–102. DOI: 10.33067/SE.1.2024.11
7. Iarmosh, O., Prokhorova, V., Shcherbyna, I., Kashaba, O., & Slastianykova, K. Innovativeness of the creative economy as a component of the Ukrainian and the world sustainable development strategy (2021). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 628(1)*. Режим доступу: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85100727399&origin=resultslist&sort=plf-f
8. Khanin, S.; Dergaliuk, M.; Arefieva, O.; Murashko, M., Nusinova,O. 2022 Organizational-Economic Mechanism of Providing Sustainabilition of the Region's Development Based on the Impact of the Potencial-Forming Space in Conditions of the Creative Ekonomy Formation. *IJCSNS Science and Network Securiry*, 22 (2)б 348-356. http://ijcsns.org/07_book/html/202202/202202044.html

УДК 339.543(06)

Б.Г.Шонія, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Митні процеси в економічній політиці України

В доповіді на основі аналізу митної системи України підкреслюється необхідність її реформування для відповідності європейським стандартам, боротьби з корупцією, покращення міжнародного співробітництва та впровадження цифрових рішень.

Митні процеси є важливою складовою економічної політики будь-якої держави, адже вони безпосередньо впливають на торгівлю, бюджетні надходження та захист внутрішнього ринку. В Україні митна політика визначається законодавством та реалізується відповідними державними органами, зокрема Державною митною службою. Основними завданнями митних процесів є регулювання ввезення та вивезення товарів, захист економічних інтересів держави, забезпечення митної безпеки та сприяння розвитку зовнішньоекономічних відносин.

По-перше, митні процеси передбачають обов'язковий контроль за переміщенням товарів через митний кордон України. Це включає перевірку документів, здійснення митного огляду, визначення митної вартості товарів, а також нарахування та стягнення митних платежів. Митні платежі, такі як мито, акцизний податок та податок на додану вартість, є важливим джерелом наповнення державного бюджету.

По-друге, митні органи виконують функцію захисту внутрішнього ринку. Це здійснюється через механізми тарифного та нетарифного регулювання, такі як квотування, ліцензування, антидемпінгові заходи тощо. Завдяки цим інструментам держава може захистити національних виробників від надмірного імпорту та недобросовісної конкуренції з боку іноземних компаній.

Окрім того, важливою функцією митних органів є боротьба з контрабандою та іншими правопорушеннями у сфері зовнішньоекономічної діяльності. Митні служби тісно співпрацюють з правоохоронними органами для виявлення та припинення незаконного переміщення товарів через кордон, що допомагає запобігти втратам для державного бюджету та підтримати економічну стабільність.

Важливо зазначити, що в останні роки в Україні активно впроваджуються реформи в сфері митної політики, спрямовані на спрощення митних процедур, покращення сервісу для суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності та підвищення прозорості роботи митних органів. Зокрема, це стосується впровадження електронних сервісів, що дозволяють швидше та ефективніше здійснювати митне оформлення товарів.

Таким чином, митні процеси є невід'ємною частиною державного управління, що сприяє розвитку національної економіки, захисту внутрішнього ринку та забезпеченню економічної безпеки України.

Митні процеси в Україні, попри значний прогрес у реформуванні та модернізації, стикаються з низкою проблем, які ускладнюють їхню ефективність та впливають на економічний розвиток країни. Основні проблеми включають:

Корупція залишається серйозною проблемою в митній системі України. Хоча впровадження електронних сервісів та прозорих процедур має на меті зменшити її рівень, факти хабарництва та неофіційних платежів все ще мають місце. Це створює нерівні умови для бізнесу та негативно впливає на інвестиційний клімат країни.

Митні процедури часто є надмірно складними, що призводить до затримок в оформленні вантажів та збільшення витрат для бізнесу. Складна система декларування, велика кількість документів, необхідних для митного оформлення, та численні перевірки можуть бути надмірним тягарем, особливо для малого та середнього бізнесу.

Хоча Україна активно впроваджує електронні сервіси, процес автоматизації митних процедур все ще не завершений. Недостатня інтеграція інформаційних систем та відсутність повної взаємодії між різними державними органами призводять до дублювання роботи та втрати часу.

Незважаючи на зусилля митних органів, контрабанда залишається значною проблемою. Це не лише завдає збитків державному бюджету, а й створює нерівні умови для легального бізнесу. Тіньова економіка підриває економічну стабільність та перешкоджає розвитку конкурентоспроможного ринку.

Якість підготовки митних працівників є важливим чинником ефективності митної служби. Відсутність належної підготовки, низький рівень кваліфікації та недостатнє знання сучасних методів митного контролю можуть негативно впливати на якість митного оформлення та контроль за дотриманням митних правил.

Митна служба може бути під тиском з боку різних політичних та бізнесових груп, що прагнуть отримати вигоду від пом'якшення митних процедур або уникнення митних зборів. Це може призводити до ухвалення неправомірних рішень та зменшення надходжень до державного бюджету.

Подолання цих проблем є важливим кроком на шляху до створення ефективної та прозорої митної системи, яка сприятиме економічному розвитку України та інтеграції країни до міжнародної спільноти.

Для вирішення проблем у митних процесах України необхідний комплексний підхід, який охоплює різні аспекти реформи та модернізації митної системи. Ось кілька ключових напрямків, які можуть допомогти вирішити існуючі проблеми (рис.1):

1. Боротьба з корупцією:

- Впровадження незалежних органів контролю та регулярні аудити діяльності митних органів можуть допомогти знизити рівень корупції.



Рис. 1. Шляхи вирішення основних проблем митних процесів в Україні

- Забезпечення прозорості процедур через впровадження електронних систем, які мінімізують людський фактор, може значно зменшити можливості для хабарництва.

- Посилення відповідальності за корупційні дії, включаючи жорсткіші покарання для порушників, може стримувати потенційних корупціонерів.

2. Спрощування бюрократичних процедур:

- Проведення ревізії існуючих процедур з метою їх спрощення та усунення дублюючих функцій може зменшити адміністративний тягар на бізнес.

- Цей підхід передбачає інтеграцію всіх необхідних процедур в одну платформу, де суб'єкти господарювання зможуть швидко і ефективно взаємодіяти з усіма відповідними державними органами.

3. Автоматизація та цифровізація:

- Подальший розвиток та інтеграція інформаційних систем дозволять значно скоротити час на оформлення вантажів та зменшити можливість для маніпуляцій.

- Використання сучасних технологій може допомогти виявляти ризики та підозрілі транзакції автоматично, знижуючи потребу в людському втручанні.

4. Боротьба з контрабандою та тіньовою економікою:

- Встановлення сучасного обладнання для сканування вантажів, а також впровадження спільних митних постів із сусідніми країнами можуть зменшити кількість контрабандних товарів.

- Тісна співпраця митних органів із правоохоронцями та міжнародними організаціями може допомогти ефективніше боротися з організованою контрабандою.

5. Покращення підготовки кадрів:

- Регулярна підготовка та підвищення кваліфікації митних працівників забезпечать їхню компетентність у новітніх методах митного контролю.

- Запровадження системи стимулів та кар'єрного зростання для працівників митниці може підвищити їхню мотивацію до чесної та ефективної роботи.

6. Зменшення політичного впливу:

- Забезпечення незалежності митної служби від політичного впливу може допомогти уникнути прийняття неправомірних рішень на користь окремих груп.

- Залучення міжнародних організацій для нагляду за реформами в митній сфері може забезпечити їхню ефективність та відповідність найкращим світовим практикам.

Реалізація цих заходів потребує тісної координації між урядом, бізнесом та міжнародними партнерами, а також політичної волі для подолання існуючих проблем. Важливою складовою успіху є постійний моніторинг та адаптація реформ до нових викликів, що виникають у процесі їх впровадження.

З проведеного аналізу митної системи України можна зробити наступні висновки:

1. Необхідність реформування. Митна система України потребує подальших реформ для досягнення ефективності та відповідності європейським стандартам. Зокрема, необхідно спростити митні процедури, зменшити бюрократію, та впровадити сучасні інформаційні технології, які дозволять автоматизувати процеси і знизити рівень корупції.

2. Важливість боротьби з корупцією. Корупція залишається однією з ключових проблем митної системи, яка перешкоджає її ефективності. Боротися з цим явищем можна за допомогою посилення контролю, збільшення прозорості процедур і застосування жорсткіших санкцій проти порушників.

3. Покращення міжнародного співробітництва. Інтеграція України до європейських та світових економічних структур потребує зміцнення міжнародного співробітництва та впровадження єдиних митних стандартів, зокрема через програми на кшталт Авторизованих Економічних Операторів (АЕО), які сприяють спрощенню процедур для надійних підприємців.

4. Автоматизація та цифровізація. Впровадження цифрових рішень, таких як системи автоматизованого аналізу ризиків, є необхідним кроком для підвищення прозорості та ефективності митних процедур. Це також допоможе зменшити можливості для людських помилок та корупційних дій.

Висновки. Загалом, успішна реформа митної системи вимагає комплексного підходу, що включає законодавчі зміни, впровадження нових технологій, підвищення прозорості і боротьбу з корупцією, а також активну співпрацю з міжнародними партнерами.

Список літератури

1. PwC Україна. Ukraine Report 2023 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.pwc.com/ua/en/publications/tax-and-legal-alert/2023/ukraine-report-2023.html. — Дата звернення: 07.09.2024.

2. EU4PFM. New customs mission in the EU: what challenges Ukraine is facing [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://eu4pfm.com.ua/interviews/new-customs-mission-in-the-eu-what-challenges-ukraine-is-facing/. — Дата звернення: 07.09.2024.

3. DEVMA. Митно-податкові аспекти економічної інтеграції України до ЄС [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://devma.com.ua/en/journals/t-21-2-2023/mitno-podatkovi-aspekti-ekonomichnoyi-integratsiyi-ukrayini-do-yes. — Дата звернення: 07.09.2024

UDC 339.9

K.V. Sydorenko, PhD, D.I. Boichuk
(National Aviation University, Ukraine)

International production cooperation in the field of aircraft construction

The purpose of the research is to study the specifics of international production cooperation in the field of aircraft construction. It has been established that the specifics of the application of mechanisms of international production cooperation in the field of aircraft construction depend on the legal system of countries, market conditions, production technologies, etc.

Nowadays, the issues of meeting the needs of large-scale production in many sectors of the economy, the growing demand for capital, the increase in the cost of scientific research, the expansion of sales markets, the further development of the international division of labor, long-term trends in shortages and rising prices of labor, raw materials and energy, environmental protection in the context of industrial development are particularly relevant. Therefore, in order to adapt to the changing conditions of competition and increase efficiency, market-oriented business structures establish long-term international economic cooperation, expanding the network of their partnership relations.

Strategic partnership and deepening of cooperative relations is also natural for the aerospace sector, one of the drivers of the international movement of technologies and global competitiveness of countries. However, not all integration associations are able to fully realize their cooperative potential, therefore, the study of the specifics of cooperative relations in the aviation sector in order to identify the best practices of organizing production cooperation is relevant.

The purpose of the research is to study the specifics of international production cooperation in the field of aircraft construction.

In international practice, the following types of cooperative relations of enterprises are distinguished:

– contractual cooperation based on the supply or exchange of component products between counterparties for the purpose of further assembly of the final product at the enterprise of one of the partners or at the enterprises of each of them;

– cooperation on the basis of joint production, when the resources of the participants of the production process are combined for the purpose of implementing a specific program for the creation and release of a new single final product;

– cooperation of corporations for joint production of complex complexes and organization of sales.

In international economic relations, cooperation agreements are concluded at different levels. For example, at the government level, agreements on cooperation between sovereign states are concluded, at the enterprise level - production cooperation between companies. At the level of non-commercial research institutions, scientific cooperation in the field of joint research between research institutes and institutions of higher education is also widespread [6]. Therefore, it is important to

note that relevant enterprises, governments, and scientific institutions play a significant role in the formation and development of industrial cooperative relations.

The advantages of international production cooperation are widely used in aircraft construction. After all, today no country in the world is able to provide a full cycle of aircraft production that would meet all safety requirements. As an example, we can cite the experience of the Boeing aircraft construction concern, which cooperates with more than 5,200 suppliers of components and parts from more than 100 countries of the world. Boeing has manufacturing cooperative relations with such companies as Hawker de Havilland (Australia), Smiths Aerospace (Great Britain), Rolls-Royce, Alenia Aeronautica (Italy), Messier-Dowty (Canada), Zodiac (France), SR Technics (Switzerland), Mitsubishi Heavy Industries, Kawasaki Heavy Industries, Fuji Heavy Industries (Japan) [1] etc.

The peculiarities of international production cooperation in the field of aircraft construction are that aircraft components and parts are manufactured under the terms of cooperation according to the technical tasks and requirements of customers, and foreign trade contracts for the production and supply of these products are carried out under contract manufacturing conditions [3]. The conclusion of cooperative agreements involves long-term cooperation. Within the scope of the agreements, the terms of production and supply of units and aggregates may be provided according to the customer's technical documentation or according to specific samples. Suppliers can manufacture products from their own materials or from the customer's raw materials, but the suppliers are responsible for the quality of the performance of the terms of the contract.

In aircraft construction, contract manufacturing is the most convenient and often used form of cooperative relations and involves a clear division of labor between suppliers and the customer.

The experience of the Boeing company, as well as Airbus [7], Bombardier [2] and Embraer [5], shows that in the conditions of globalization of the world economy, more and more volumes of the production cycle of aircraft construction are transferred to third-party suppliers. Today, the key aircraft manufacturing companies do not provide a full cycle of aircraft manufacturing, but are engaged only in aircraft design, final product assembly, testing, sales and after-sales service.

The main reasons why aircraft construction concerns transfer certain types of work and services to contractors are the following: reducing production costs, saving time, attracting professional performers and using their experience, sharing financial risks, access to a larger number of international markets [4]. At the same time, contract manufacturing carries certain risks and threats, such as loss of confidentiality and security, problems of communication and coordination of projects, unforeseen costs due to delays and the need for rescheduling, maintaining high quality standards, loss of full control over the business, etc.

Conclusion

Thus, international production cooperation in the field of aircraft construction is a separate form of international economic relations and activities that arise as a result of long-term contracts between partners belonging to different economic systems and go beyond the direct sale or purchase of goods and services, including a

set of complementary or mutually coordinated aircraft production operations, technology development and transfer, etc. And to this day, the establishment and development of international production cooperative relations of air transport enterprises is an important factor in the formation of their foreign economic potential, increasing competitive positions in international aviation markets.

References

1. Boeing. Suppliers. URL: https://www.boeingsuppliers.com/.
2. Bombardier. Worldwide Support Network. URL: https://bombardier.com/en/support/support-network.
3. Bugayko D. O., Gurina G. S., Korzh M. V., Sydorenko K. V. Challenges of sustainable development and safety of world civil aviation in the conditions of globalization. Intellectualization of logistics and Supply Chain Management. 2022. № 16. P. 41–50. DOI: https://doi.org/10.46783/smart-scm/2022-16-3.
4. Li R., Lu Y. Research on the Over-outsourcing in Aviation Manufacturing Industry – Case Analysis based on the Boeing 787. WSEAS transactions on business and economics. 2020. DOI: 10.37394/23207.2020.17.49.
5. Souza C. L. de, Kaltenecker E., Santos A. B. Internationalization of manufacturing and global value chains: analysis of manufacturing profiles between embraer and boeing. Pensamento &Amp; Realidade. 2022. № 36 (02). P. 117–127. DOI: https://doi.org/10.23925/2237-4418.2021v36i2p.117-127.
6. Spreen W. International Cooperation in the Aerospace Industry: Economics, Politics, Organization, and Management of Technology. N.Y., 2024. 358 p.
7. Woo A., Park B., Sung H.; Yong H., Chae J., Choi S. An Analysis of the Competitive Actions of Boeing and Airbus in the Aerospace Industry Based on the Competitive Dynamics Model. J. Open Innov. Technol. Mark. Complex. 2021. № 7. DOI: https://doi.org/10.3390/joitmc7030192.

UDC 911.3:338.48:656.7

V.S. Saichuk, PhD, O.A. Borysiuk, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

The quality of aviation services in tourism as a factor of aviation safety: the experience of European Union countries

The report examines the impact of aviation service quality on aviation safety, based on the experience of European Union countries. Current trends in improving passenger services, aircraft maintenance, and innovations in air traffic management are analyzed. It demonstrates that high service quality reduces the risk of incidents and increases the overall level of aviation safety.

The growing role of air transport in the tourism sector, particularly in European Union (EU) countries where aviation is a key mode of transport for international travel, highlights the importance of ensuring a high level of service quality in aviation. The quality of aviation services is a crucial factor in maintaining flight safety, especially in the context of increasing passenger traffic and complex operational processes.

It is important to note that the concept of aviation service quality encompasses not only passenger service but also aircraft maintenance, crew qualifications, ground services, and strict compliance with safety regulations. Deficiencies in service delivery, such as poor handling of passengers, inadequate response to emergencies, or insufficient aircraft maintenance, can create conditions that compromise aviation safety.

Quality indicators and challenges related to providing high-quality products (services) are specific to each industry, particularly in tourism as a multi-component system that combines diverse elements of production and service consumption: the tourism-resource subsystem, the tourism-production subsystem, the tourism-infrastructure subsystem, the general infrastructure subsystem, and the tourism-management subsystem. This specific nature of tourism influences approaches to understanding the content and criteria for evaluating the quality of tourism services [1].

The European Union has a stringent regulatory system in the aviation services sector aimed at maintaining high standards of quality and safety. Regulation (EC) No 261/2004 establishes passenger rights in cases of denied boarding, flight cancellations, or long delays, guaranteeing adequate services and consumer protection. Additionally, Regulation (EU) No 2018/1139 outlines general rules for ensuring flight safety, covering issues such as aircraft maintenance, air traffic management, and the monitoring of aviation infrastructure [2, 3].

Aviation transport in the EU plays an important role in tourism, especially for popular destinations such as Spain, Italy, and Greece, where high seasonal demand creates additional challenges for infrastructure. Managing tourist flows requires a balanced approach to improving service quality to avoid overloading and ensure safety. The use of advanced technologies, such as automated air traffic management systems, contributes to increased efficiency and safety of aviation services.

Examples of successful practices from EU countries demonstrate the importance of a systematic approach to service quality. In Germany, high coordination between airlines, airports, and regulators helps maintain consistently high safety indicators. In France, special attention is paid to innovations in passenger and ground operations services, which positively impacts overall aviation safety. Schiphol Airport in the Netherlands is a model of efficient passenger flow management and the integration of environmental standards alongside safety norms.

Improving the quality of aviation services to ensure flight safety includes the implementation of innovative technologies such as the digitization of aircraft condition and risk monitoring processes, as well as the enhancement of personnel qualifications, particularly technical specialists and crews. Improving communication between airlines and ground services is also crucial for rapid response to potential threats.

Based on data on incidents per 1 million flights and the quality of aviation services obtained from EASA and IATA reports for 2022-2023, several important conclusions can be drawn [5, 6]:

1. The data shows that countries with higher aviation service quality scores, such as the Netherlands and Sweden, have a lower incidence rate per 1 million flights. The Netherlands demonstrates the highest service quality (9.0) and the lowest incident rate (0.3 incidents per 1 million flights), indicating a direct correlation between service quality and flight safety.
2. High-quality aviation services include not only passenger service but also aircraft maintenance and effective air traffic management. Countries with high standards in these areas, such as Germany, France, and Austria, also exhibit consistently low aviation incident rates (0.4-0.5 incidents per 1 million flights).
3. The data indicates that innovations in air traffic management and aircraft maintenance directly impact the reduction of incidents. In countries where new technologies and standards are actively implemented, the lowest levels of aviation incidents are observed.

Overall, the EU is experiencing a trend toward improving aviation service quality and flight safety, contributing to a reduction in the number of incidents. Governments and aviation companies are investing in infrastructure improvements, which enhance both safety and passenger service quality.

Ukraine, as a country striving for integration with the European Union, can draw on the experience of EU countries to improve the quality of aviation services and enhance aviation safety. The key areas for development are:

1. The implementation of EU standards, including Regulations (EC) No 261/2004 on passenger compensation and (EU) No 2018/1139 on aviation safety, can be used in Ukraine to improve service quality and passenger rights protection.
2. A key lesson from European experience is the implementation of cutting-edge technologies in air traffic management and regular aircraft maintenance. Investments in these areas reduce the number of incidents and improve flight safety.

3. Active cooperation with EASA, ICAO, and IATA will enable Ukraine to integrate more rapidly into the international aviation safety and quality system by adopting best practices and standards.
4. Ukraine can follow the EU's example in modernizing airports and air traffic management systems, which will improve passenger service quality and reduce aviation risks.
5. Rebuilding damaged infrastructure requires significant financial investments. Ukraine can seek financial assistance from the EU and international organizations, but a challenge remains in the effective use of these resources. Corruption and inefficient management could pose a significant obstacle. Ukraine needs to establish transparent mechanisms for monitoring the use of funds, which was one of the key reforms in some EU countries after the crisis.
6. To apply the EU's experience, Ukraine needs to undertake extensive institutional reforms aimed at improving governance and the rule of law. Reforming the judicial system, decentralizing power, and increasing the transparency of government structures are key tasks Ukraine must focus on for the effective use of EU assistance and experience.
7. Applying the EU's experience requires harmonizing Ukrainian legislation with European norms. This may be a challenging and lengthy process, especially in the context of post-war recovery. The challenge lies in adapting not only economic and social standards but also environmental and technical standards of the EU.

Conclusions. Data analysis shows that aviation service quality is a key factor in ensuring flight safety. Countries that place more emphasis on service quality and innovation have lower incident rates, confirming the importance of integrating these aspects to enhance aviation safety in Europe.

Thus, the quality of aviation services plays a crucial role in ensuring flight safety. The growth of tourist flows requires the adaptation of existing quality and safety standards to minimize risks. The experience of EU countries confirms that continuous monitoring and the implementation of innovative solutions are effective tools for maintaining safety and passenger comfort.

The experience of EU countries demonstrates that high-quality aviation services directly impact the level of aviation safety. For Ukraine, the integration of these standards and practices could be the key to enhancing aviation safety and competitiveness in the tourism sector.

Applying the EU's experience to Ukraine's post-war recovery is a promising path, but it requires addressing several issues, including institutional reforms, combating corruption, attracting investment, and implementing social programs. Harmonizing legislation with EU standards and implementing sustainable technologies could be key to successful rebuilding.

References

1. Дудник І.М., Борисюк О. А., Сайчук В. С. Особливості менеджменту якості авіаційних послуг в туризмі. *Економіка та суспільство: електронний*

журнал. 2023. №51. URL:
https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2516

2. European Commission. Regulation (EC) No 261/2004 establishing common rules on compensation and assistance to passengers in the event of denied boarding, flight cancellations, or long delays. URL: https://eur-lex.europa.eu

3. European Union Aviation Safety Agency (EASA). Regulation (EU) No 2018/1139 on common rules in the field of civil aviation. URL: https://www.easa.europa.eu

4. ICAO (International Civil Aviation Organization). "Manual on the Regulation of International Air Transport" URL: https://www.icao.int

5. IATA (International Air Transport Association). "Annual Review 2022." URL: https://www.iata.org

6. European Union Aviation Safety Agency (EASA). "European Plan for Aviation Safety 2021-2025." URL: https://www.easa.europa.eu

7. Eurocontrol. "Challenges for Air Traffic Management in Europe: Ensuring Safety Amid Rising Passenger Numbers." URL: https://www.eurocontrol.int

8. European Travel Commission (ETC). "Impact of Air Transport on Tourism Development in the EU." URL: https://www.etc-corporate.org

УДК 339.9

О.Г. Горобець, аспірантка
Л.М. Побоченко, к.е.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Вплив штучного інтелекту на авіаційну галузь

Досліджено роль штучного інтелекту у інноваційному розвитку авіації. Проаналізовано позитивний вплив використання ШІ та машинного навчання для авіаперевезень. Розглянуто використання ШІ авіакомпаніями світу.

В умовах швидкого інноваційного розвитку у світі, штучний інтелект відіграє одну з провідних ролей для бізнесу та суспільства загалом. Штучний інтелект (ШІ) має здатність виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту, наприклад навчання, міркування та прийняття рішень [1]. Так 77% сучасних пристроїв використовують ту чи іншу форму ШІ [2].

На сьогоднішній день спостерігається революційний вплив штучного інтелекту на різні індустрії, у тому числі авіаційну. Авіація є однією з найдорожчих та найбільш регульованих галузей у світі. Компанії витрачають мільярди доларів на проектування, розробку та виробництво літаків.

Сучасний авіаційний сектор стикається з проблемами, такими як зростання ціни на паливо, необхідність зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище, нестабільний попит клієнтів із різким зростанням чи зменшенням, змінами погодних умов, старіння обладнання та технологій, висока вартість перевезень та утримань літаків та іншими. Так, компанії змушені шукати нові способи покращити свою ефективність і залучення клієнтів. Використання штучного інтелекту розглядається як важливий інструмент для розробки нових інноваційних послуг і рішень [3].

ШІ має потенціал трансформувати авіаційну галузь багатьма способами, наприклад покращити безпеку, ефективність і клієнтський досвід. Так штучний інтелект може допомогти авіакомпаніям оптимізувати свої стратегії ціноутворення, передбачити та запобігти проблемам технічного обслуговування, а також покращити та оптимізувати політ, включно з управлінням повітряним рухом. Штучний інтелект також може допомогти аеропортам оптимізувати свою роботу, безпеку та обслуговування пасажирів, а також надавати пасажирам персоналізовані та гнучкі пропозиції [1].

Щодо оцінки розміру ринку ШІ у авіагалузі, то варто зазначити, що не існує єдиної думки. Так, оцінки мають різниці у декілька млрд. дол. США. На думку авторів, розбіжність пов'язана з використанням різних методик, показників, територій, а також вужче або ширше визначення ШІ у авіації, віднесення додаткових підгалузей або навпаки звуження до основних. Для прикладу, відповідно до дослідження консалтингової компанії Research Nester, розмір ринку штучного інтелекту в авіації становив понад 2,1 млрд. дол. США у 2023 році і, за прогнозами, досягне 84 млрд. дол. США до кінця 2036 року, зростаючи приблизно на 36% щорічно протягом прогнозованого періоду, тобто з 2024 по 2036 рік. У 2024 році розмір ринку штучного інтелекту в авіації оцінюється у 2,8 млрд. дол. США [4].

Варто відмітити, що організація повітряного руху — це складна система, яка вимагає високого рівня точності, ефективності та безпеки. Зі швидким розвитком технологій ШІ став перспективним рішенням для вдосконалення роботи авіаперевезень.

Так, до переваг впровадження ШІ можна віднести підвищену безпеку та ефективність. Аналізуючи великі обсяги даних, штучний інтелект може передбачати й запобігати потенційним загрозам, тим самим знижуючи ризик нещасних випадків. Наприклад, ШІ може розробити інструменти прогнозування небезпек і інструменти оцінки складності, які можуть пом'якшити або уникнути ризикованих ситуацій. ШІ допомагає приймати рішення, запобігаючи перевантаженню персоналу непотрібною роботою та помилковими сигналами про небезпеку.

Крім того, ця технологія керує розподілом завдань, щоб зменшити ризик конфліктів між завданнями. Системи на основі штучного інтелекту можуть оптимізувати маршрути та зменшити затримки, що принесе користь як авіакомпаніям, так і пасажирам. Ранні випробування показали приріст передбачуваності та ефективності на 20-30%. Крім того, оскільки загрози кібербезпеці продовжують зростати, захист даних ставатиме складнішим. На цьому етапі можливості ШІ значно перевищуватимуть людський досвід, дозволяючи ефективніше пом'якшувати ці технічні проблеми [5].

Аналізуючи сучасні тренди використання ШІ в авіаційній галузі, не можна не приділити уваги екології. Без сумніву, авіація має величезний вуглецевий слід [6]. На авіаперельоти припадає близько 3% світових викидів парникових газів. Ось чому багато людей, авіакомпаній і виробників літаків зосереджуються на повністю електричних літаках, щоб зменшити вуглецевий слід населення, яке подорожує у повітрі. Професіонали відстежують маршрути польотів, споживання палива та роботу літака за допомогою ШІ для максимальної ефективності та економії [2].

Зі зобов'язаннями до 2050 року в більшості країн авіаційна промисловість відстає у зменшенні викидів. Штучний інтелект здатен переглядати дані та розуміти складність проблеми. Оцінюючи завдання створення більш стійкої та екологічно чистої галузі, ШІ може розглядати окремі проблеми, екстраполювати дані та прокладати шлях до рішень, які могли б суттєво вплинути на стійкість та загальну ефективність авіації. Це дозволить скоротити не лише викиди вуглекислого газу, але й витрати, а також прискорити розвиток та інновації в напрямку екологічніших і стійкіших авіаційних технологій [6].

Згідно зі звітом IPCC, хмари, утворені слідами літаків, відповідають за приблизно 35% ефекту глобального потепління від авіації. На відміну від звичайних викидів CO2, зворотні сліди утворюються через певні температури та вологість. Менше рейсів відповідальна за потепління, спричинене зворотними слідами. Інструменти штучного інтелекту краще передбачають, які рейси, швидше за все, їх сформують. Сучасні прогнози погоди передбачають погодні явища на малих висотах, але вони не пристосовані для роботи з висотою польотів літаків. Продукти авіакомпаній зі штучним інтелектом гіпотетично зможуть передбачити їх утворення, пропонуючи комплексний аналіз даних про

висоту польоту та погоду. Літаки зможуть використовувати цю інформацію, щоб уникнути утворення слідів [7].

Робототехніка все частіше використовується в будівництві та обслуговуванні літаків. ШІ має потенціал взяти на себе більш цілеспрямовану роль у майбутньому. FAA повідомило, що позапланове технічне обслуговування спричинило понад 7% затримок комерційних рейсів у 2023 році. Використовуючи штучний інтелект для аналізу даних, авіакомпанії та оператори можуть виявити можливі проблеми з безпекою на основі даних, зібраних і оцінених за допомогою реєстраторів і датчиків даних польотів. Роблячи це, оператор або навіть виробник може виявити та усунути потенційні проблеми, які потенційно можуть призвести до зупинки цілого парку літаків або навіть коштувати життя, якщо їх не перевірити. Кінцевий результат цієї здатності розглядати великі дані в найдрібніших деталях і виділяти ключові елементи є найбільшою перевагою ШІ, коли йдеться про безпеку. ШІ може набагато ефективніше керувати плануванням технічного обслуговування [6].

Варто відмітити, що навчання пілота потребує часу та грошей. Перепідготовка є безперервним процесом, оскільки нові технології з'являються в мережі, і операторам доводиться змінювати свої ролі як на землі, так і в самому літаку. Використовуючи штучний інтелект, навчання пілотів стає набагато ефективнішим, оскільки штучний інтелект може точно аналізувати, як пілот реагує на симуляційне тренування, включаючи реєстрацію та перевірку як їхніх помилок, так і їхньої ефективності. Інструктор і стажер можуть детально ознайомитися з результатами після заняття на тренажері, розробленому ШІ. Це дозволяє тренерам налаштовувати свої навчальні програми відповідно до індивідуальних потреб.

Це також стосується додавання нових технологій. Штучний інтелект на літальних апаратах особливо ефективний у розвідці, військових застосуваннях і пошуку. Завдяки впровадженню протоколів доповненої реальності в операційну систему екіпажі можуть бути більш ефективними в цільовому місці. Для літальних апаратів, експлуатація яких є дорогою, наприклад гелікоптерів, кожна секунда є важливою та дорогою. Слід вітати будь-яку систему, яка робить час, проведений у повітрі, більш ефективним [6].

Удосконалені системи автопілота чи цифрового другого пілота дозволяють літальним апаратам виконувати різноманітні польотні функції без необхідності прямого втручання пілотів. ШІ використовується для розробки нових типів планів польотів, які ефективніші за традиційні маршрути. Використовуючи дані про погоду, дорожній рух та інші джерела, планування польотів на основі штучного інтелекту може допомогти пілотам уникнути затримок і вчасно доставити своїх пасажирів у пункт призначення.

Авіакомпанії активно впроваджують ШІ у різні процеси. Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques, SITA, компанія, що спеціалізується на наданні IT та телекомунікаційних послуг для авіаційної галузі, нещодавно оновила свій звіт Meet the Megatrends. У звіті розглядаються 12 нових технологічних, соціальних, туристичних та економічних тенденцій, які суттєво вплинуть на ландшафт подорожей до 2033 року. Зокрема, 97% авіакомпаній планують програму розробки генеративного ШІ. У 71%

аеропортів завдяки співпраці з інноваційними партнерами та технологічними компаніями впроваджуються досягнення в галузі ШІ, машинного навчання та комп'ютерного зору. ШІ-рішення впроваджено в 31% аеропортів; однак у 36% аеропортів впровадження очікується до кінця 2026 року. Лише 3% авіакомпаній заявили, що не планують інвестувати в технології ШІ. Крім того, згідно зі звітом SITA IT Insights 2023, 16% аеропортів використовують ШІ та машинне навчання для покращення прийняття рішень, а ще 51% підтвердили, що вони планують запровадити рішення ШІ до кінця 2026 року [8].

У своїй білій книзі Boston Consulting Group, BCG, повідомила, що американська авіакомпанія JetBlue співпрацює з постачальником технологій для реалізації комплексного генеративного рішення з підтримкою штучного інтелекту для автоматизації та розширення каналу чату, допомагаючи своїм контакт-центр в обслуговуванні клієнтів. Таким чином контакт-центр зміг заощадити в середньому 280 секунд на чаті, що становить приблизно 73 000 годин агентського часу, зекономленого лише за один квартал [8].

Alaskan Airlines заощадили тонни авіаційного палива на своїх рейсах за допомогою ШІ. Водночас Swiss International Air Lines минулого року заощадила 5,4 млн. дол. США лише за рахунок впровадження технології ШІ для розрахунку сценаріїв ефективності [9].

Німецька авіаційна компанія Lufthansa використовує алгоритми ШІ і машинного навчання для прогнозування вітрів, що дмуть з північного сходу на південний захід Швейцарії. Вітер, що спричиняє затримки, зменшує пропускну здатність аеропорту Цюріха до 30%. Штучний інтелект, заснований на моделях прогнозування Google Cloud, допомагає передбачати режими вітру та відповідно планувати польоти. [9]

Boeing будує безпілотні літаки на основі автопілотів зі штучним інтелектом. Airbus робить те саме. Чотири роки тому відбувся перший автономний зліт і посадка пілотної версії безпілотного аеротаксі Airbus. Зліт і посадка базувалися на програмному забезпеченні розпізнавання зображень на основі ШІ, яке може розпізнавати пейзажі [9].

Минулої осені Хітроу розширив партнерство з технологічною компанією Capgemini, уклавши угоду, зосереджену на покращенні обслуговування клієнтів шляхом збору інформації про пасажирів. Вони використовують штучний інтелект Einstein від Salesforce для навігації пасажирів в аеропорту, надання інформації про багаж тощо. Проте історія ШІ Хітроу не обмежується розумнішим клієнтським досвідом. Аеропорт співпрацював із Smiths Detection, щоб навчити ШІ виявляти незаконні перевезення диких тварин. ШІ на базі Azure може сканувати до 250 тисяч сумок на день і досягати рівня успішного виявлення понад 70% [9].

Такі платформи, як Flyways, використовують ШІ для кращого керування польотом і оптимізації траєкторії. Ці рішення використовують для цього дані із зовнішніх джерел і численні вбудовані датчики. Ця інформація допомагає диспетчерам і пілотам зменшити затримки через турбулентність, погану погоду та інші шкідливі фактори [7].

Висновки: Штучний інтелект революціонізує авіацію, відкриваючи новий горизонт можливостей для повітряної трансформації. Ця технологія має

потенціал для підвищення ефективності роботи, підвищення безпеки та покращення досвіду пасажирів. ШІ може відігравати вирішальну роль в оптимізації польотів як для безпеки, так і для ефективності. Аналізуючи різні фактори, такі як погодні умови, дані управління повітряним рухом і моделі паливної ефективності, ШІ може запропонувати оптимальні маршрути польоту. Крім того, штучний інтелект використовується для створення програм прогнозного технічного обслуговування, які можуть виявляти потенційні проблеми з літаками до їх виникнення. Також, ШІ використовується для створення цифрових других пілотів, які можуть взяти на себе деякі завдання керування літаком.

Список літератури

1. Beyond the chatbot – How AI can transform aviation, and the challenges it faces. URL: https://www.cirium.com.
2. Implications Of AI In Aviation: The Good, Bad, & Ugly. URL: https://vref.com/implications-of-ai-in-aviation-the-good-bad-ugly.
3. Impact of artificial intelligence on aeronautics: An industry-wide review. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923474824000055.
4. Artificial Intelligence in aviation. URL: https://www.researchnester.com/reports.
5. The Benefits and Challenges of AI in Air Traffic Management. URL: https://airportindustry-news.com.
6. Exploring the Use of Artificial Intelligence in Aviation. URL: https://www.flysight.it/exploring-the-use-of-artificial-intelligence-in-aviation/.
7. How AI In Aviation Can Transform This Industry. URL: https://cases.media/en/article/how-ai-in-aviation-can-transform-this-industry
8. CX Redefined: Trendsetting Use Cases of Gen AI in Aviation. URL: https://www.cio.inc/cx-redefined-trendsetting-use-cases-gen-ai-in-aviation-a-241.
9. Горобець О.Г. The influence of ai on global business. Contemparary International Relations: Topical Highlightss of Theory And Practice – 2023: the collective monograph / Edited by N. Vasylyshyna. Warsaw: RS Global Sp. z O.O., 2023. С. 395-403.
10. 6 Real-Life Use Cases of AI In Aviation. URL: https://www.linkedin.com/pulse/6-real-life-use-cases-ai-aviation-jagdeep-chawla-7aamc/.
11. Набок І.І., Побоченко Л.М., Татаренко Н.О., Прокоп'єва А.А. Віртуалізація міжнародного бізнесу в умовах розвитку інформаційних технологій. Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". 2023. №3. https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-3.
12. Побоченко Л.М., Горобець О.Г. Вплив розвитку штучного інтелекту на трансформацію глобальної економіки // Міжнародна наукова конференція «Штучний інтелект у науці та освіті» (AISE 2024). Artificial intelligence in science and education: збірник матеріалів міжнародної наукової конференції (Київ, 1-2 березня 2024 р.), Київ: УкрІНТЕІ, 2024. С.446-450.

УДК 339.97/351

Н.М. Грущинська,
доктор економічних наук, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Глобальні горизонти міжнародного співробітництва України в авіаційній і космічній сферах

Стаття присвячена аналізу стану та перспектив інтеграції України у світову авіаційну та космічну економіку. У ній розглядаються основні напрямки міжнародного економічного співробітництва України, зокрема, виклики, з якими стикається країна в цих стратегічних галузях. Особлива увага приділена ролі міжнародних організацій, геополітичним факторам та можливостям для подальшого розвитку співпраці з новими ринками. Стаття має на меті висвітлити ключові аспекти інтеграції України у світові процеси та підкреслити важливість міжнародного партнерства для національного технологічного прогресу та економічного зростання.

Авіаційна галузь є стратегічно важливою складовою транспортної системи України, що має значний вплив на економічний розвиток, національну безпеку та міжнародні зв'язки. Державна політика в цій сфері спрямована на забезпечення ефективного функціонування авіаційного сектора, його конкурентоспроможності та інтеграції у світову авіаційну систему. В статті розглядаються основні напрямки державної політики в авіаційній галузі України, виклики та перспективи її розвитку з урахуванням впливу російсько-української війни.

Авіаційна галузь є однією з ключових для економічного розвитку будь-якої країни, не виключенням є і Україна з можливостями та потенціалом в даній сфері. З початком російсько-української війни в 2014 році в авіаційній інфраструктурі відбулись значні зміни. Втрата контролю над частиною територій, зумовила початок серйозних проблем для цивільної авіації, а з початком широкомасштабної російсько-української війни у лютому 2022 року авіаційна галузь України зіткнулася з безпрецедентними викликами. ІСАО та інші міжнародні авіаційні організації видали рекомендації щодо уникнення польотів над Україною, що значно вплинуло на глобальні авіаперевезення.

Українська авіабудівна галузь, зокрема компанія «Антонов», опинилася у складній ситуації через знищення або пошкодження виробничих потужностей. Завод «Антонов» у Гостомелі, який був відомий своїми транспортними літаками, такими як Ан-124 «Руслан» та Ан-225 «Мрія», зазнав значних пошкоджень. Особливо болючою втратою стало знищення єдиного у світі Ан-225 «Мрія». Незважаючи на втрати, українська авіабудівна галузь продовжує функціонувати та здійснювати спроби адаптуватися до нових умов, підприємства активно шукають нових партнерів для кооперації, зокрема серед країн НАТО та ЄС.

Підписання Угоди про спільний авіаційний простір з ЄС у 2021 році стало важливим кроком для України, а війна підкреслила важливість ще тіснішої інтеграції. Українські авіакомпанії співпрацюють з європейськими та

американськими партнерами для забезпечення безпеки польотів та підтримки операційної діяльності, включаючи постачання гуманітарної допомоги та військової техніки, що здійснюється за допомогою авіації.

Зазнав серйозних змін і ринок праці в авіаційній галузі. Багато працівників були змушені залишити свої робочі місця через бойові дії або евакуацію. Водночас виникла потреба у нових фахівцях для відновлення та підтримки авіаційної інфраструктури, технічного обслуговування літаків та забезпечення безпеки польотів. Державні та приватні ініціативи з підготовки та перепідготовки кадрів стали важливими для забезпечення потреб ринку праці.

Зміна геополітичної ситуації та потреба в адаптації до нових умов підштовхують до пошуку нових рішень та створенню інновацій. Одним з ключових напрямків розвитку є необхідність в модернізації аеронавігаційних систем та впровадженні сучасних технологій для підвищення ефективності управління повітряним простором та забезпечення безпеки польотів. Відповідність міжнародним стандартам України, як члена ICAO, зобов'язує дотримуватися рекомендацій у сфері цивільної авіації, що включає в себе стандарти безпеки польотів, авіаційної безпеки, охорони навколишнього середовища та інших аспектах авіаційної діяльності. Співпраця України з такими міжнародними організаціями, як ICAO, EASA та IATA (Міжнародна асоціація авіаперевізників) повинна продовжуватись і сприяти інтегруванню української авіації до світової авіаційної системи, підвищувати рівень безпеки польотів та обслуговування пасажирів.

Процес цифровізації в авіаційній галузі набуває нагальності особливо в непростий для країни військовий період: впровадження сучасних систем управління повітряним рухом, таких як ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) та CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communications), для покращення контролю та координації польотів; підвищення рівня кібербезпеки для захисту критичних інфраструктур від кібератак, що є особливо актуальним в умовах військових дій; розвиток і використання безпілотних літальних апаратів для різних задач: розвідки, доставки вантажів, евакуації поранених, тощо; інтеграція БПЛА у загальну систему управління повітряним рухом для забезпечення безпеки польотів; використання штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних, прогнозування потреб та оптимізації використання ресурсів. Наведені заходи направлені не лише на підтримку авіаційної галузі України в складних умовах війни, але й закладають основу для її подальшого розвитку у мирний час.

Сучасний стан космічної галузі також потребує фінансової підтримки та модернізації. Україна співпрацює з провідними космічними агентствами NASA, ESA (Європейське космічне агентство), а також з приватними компаніями, такими як SpaceX. Дана співпраця включає спільні проекти з розробки та запуску супутників, участь у міжнародних програмах з дослідження космосу та обміну науковими даними. Одним із найбільш значущих міжнародних проектів є участь України у програмі «Морський старт», де Україна постачала ракети-носії «Зеніт» для запуску супутників. Хоча проект призупинено через геополітичні зміни, він підкреслює високий рівень компетентності українських фахівців. Іншим важливим проектом є співпраця з

канадською компанією «Maritime Launch Services» щодо створення космодрому в Канаді для запуску українських ракет-носіїв, що демонструє можливості України виводити на орбіту супутники для комерційних і наукових цілей.

Висновки. Державне регулювання авіаційної галузі України є комплексним і багатогранним процесом, що включає розробку та впровадження законодавчої бази, нагляд за безпекою польотів, підтримку національних авіаперевізників, розвиток інфраструктури та залучення інвестицій. В умовах сучасних викликів, таких як корупція, економічна нестабільність та військові конфлікти, держава продовжує працювати над вдосконаленням регуляторних механізмів та створенням сприятливих умов для розвитку авіаційної галузі. Перспективи розвитку галузі тісно пов'язані з впровадженням нових технологій, інновацій та міжнародних стандартів, що дозволить Україні зайняти гідне місце на світовому авіаційному ринку.

Список літератури

1. Цивільна авіація України. Державна авіаційна адміністрація Міністерства інфраструктури України: веб-сайт. URL: http://www.ukraviatrans.gov.ua/ (дата звернення 06.07.2024)
2. Конвенція про міжнародну цивільну авіацію (ІКАО) від 7 грудня 1944 року. 84с.
3. Перелік нормативно-правових документів з авіаційної безпеки. URL: https:// avia.gov.ua (дата звернення 06.07.2024)
4. Повітряний Кодекс України Документ 3393-VI, чинний, поточна редакція Редакція від 07.08.2020, підстава 759-IX
5. Антонишина Н.І. Система державного регулювання авіаційних перевезень в Україні. Інвестиції: практика та досвід N 23/2013
6. Гринченко Ю.Л. Економічна політика розвитку авіаційної галузі України: теорія та практика. Гельветика, 2020 – 512 с.
7. Гусар О.А. Адміністративно-правова організація персоналу цивільної авіації. ВебсайтURL:http://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/16959/1/DIS_O.%20Husar%20%20.docx
8. *Деревягін М.В.* Державна координація розвитку авіаційної промисловості в ЄС та Україні. Економічний вісник, 2023, N 3 с.20-31
9. Полянська А.Є. Державне забезпечення безпеки польотів повітряних суден цивільної авіації. Науковий вісник Ужгородського Національного Університету, 2021 Серія ПРАВО. Випуск 68 190-194 с.

УДК 339.9:656.7

І.І. Набок, доцент, В.К. Жеведь
(Національний авіаційний університет, Україна)

Аеротрополіси як детермінанти розвитку глобальних міст

Розглянуто концепцію аеротрополісу як нового типу міського розвитку, зосередженого навколо аеропортів. Наведено приклади успішних аеротрополісів, а також висвітлено роль аеропортів як рушійної сили сучасного міського зростання та глобальної економіки.

Аеротрополіс – це нова міська економічна форма, в якій міста будуються навколо аеропортів, що поєднують виробників та дистриб'юторів з їхніми постачальниками, клієнтами та партнерами по бізнесу, як поблизу, так і віддалено. Правильно спроєктований аеротрополіс створює безшовну мультимодальну «міську трубу», яка зменшує часові та фінансові витрати, пов'язані з відстанню на місцевому, національному та глобальному рівнях, підвищуючи операційну ефективність підприємств, що залучені в аеротрополіс, пропонуючи їм «економію на швидкості», яка стала такою ж важливою, як і економія на масштабах та економія на обсягах для багатьох підприємств і міст, щоб конкурувати і процвітати [1].

Авіація та аеропорти є рушійною силою розміщення бізнесу та розвитку міст у XXI столітті так само, як автомагістралі у XX столітті, залізниці у XIX, річки та канали у XVIII та морські порти у XVII столітті. Аеротрополіс представляє п'яту велику хвилю транзитноорієнтованого економічного розвитку міст.

Аеротрополіс складається з двох компонентів: (1) аеронавігаційних, логістичних та комерційних об'єктів аеропорту, які є основою мультимодального, багатофункціонального міста-аеропорту; (2) зовнішніх коридорів і кластерів авіаційно-орієнтованих підприємств і галузей, які живляться один від одного і мають доступ до аеропорту та інших ключових транспортних і міських/комерційних/житлових вузлів [1].

Аеротрополіс – це використання комплексної стратегії, що складається зі скоординованого набору мультимодальної інфраструктури, комерційної нерухомості та заходів державної політики, які покращують міську інфраструктуру та робочі місця в районі аеропорту, щоб скоротити час і витрати на наземний транспорт, а також розширити національне та глобальне повітряне сполучення.

Аеротрополіси покращують бізнес-операції, залучаючи спеціалістів та стимулюючи торгівлю високовартісними, критично важливими товарами та бізнес-послугами, роблячи аеропорт та його прилеглі території більш глобально пов'язаними, доступними на місцевому рівні, економічно ефективними, привабливими та сталими. Така стратегія інтегрує цілі планування аеропортів і наземного транспорту, оптимізуючи мобільність людей і вантажів до і з аеропорту та комерційних об'єктів, цілі планування бізнес-майданчиків для максимізації операційної ефективності та прибутку підприємств, що

здійснюють капітальні інвестиції, а також містобудівні цілі, що стосуються комфортності проживання та екологічної стійкості.

На сьогодні аеропорти – це центри комерційного та промислового розвитку, перетворившись на щось більше, ніж просто транспортні вузли. Наприклад, міжнародний аеропорт Даллас Форт-Ворт у Техасі розбудував місто-аеропорт AllianceTexas [2]. Це яскравий приклад того, як аеропорти стають економічними локомотивами, що пропонують переваги для напівміської, багатофункціональної забудови. Ці міста-аеропорти стратегічно розташовані поблизу великих аеропортів для легкого доступу, що забезпечує зручність для мандрівників і бізнесу. Вони спроєктовані як самодостатні громади з житловими, комерційними та промисловими районами і мають потенціал для зменшення заторів на дорогах та покращення транспортних мереж у міських регіонах.

На базі південно-корейського міжнародного аеропорту Інчхон (ICN) діє аеротрополіс Air-City. Тут розміщено безліч офісних будівель, висококласних торгових центрів і ресторанів, 4-зіркових і 5-зіркових готелів, конференц-центрів і виставкових центрів, розкішних інтегрованих курортів, оздоровчих комплексів, полів для гольфу та інших зон відпочинку, логістичні комплекси. 13-мильний міст вартістю 2,3 млрд. дол. США з'єднує ICN та Air-City з Сонгдо IBD, розумним містом, орієнтованим на авіацію, вартістю 35 млрд. дол. США, що побудований на землі, на відвойованій у моря територія, та є наріжним каменем значно ширшої вільної економічної зони Інчхон (IFEZ) [3].

Комерційні об'єкти Air-City не тільки приносять значний неаеронавігаційний прибуток для IIAC (Incheon International Airport Corporation), але й роблять аеропорт більш привабливим місцем для ділових мандрівників та звичайних туристів. Крім того, його сучасні вантажні та логістичні об'єкти в зоні вільної торгівлі сприяють позиції аеропорту як провідного вантажного хабу (що постійно входить до п'ятірки найкращих у світі обсягів міжнародних вантажів), одночасно покращуючи ефективність ланцюга постачання в галузях вільної економіки Інчхона.

Аеротрополіси найбільш поширені в Європі, Азії та на Близькому Сході. Однак концепція аеротрополісу також набуває поширення в розвинених країнах світу, особливо в таких містах США як Атланта, Детройт і Філадельфія. Ці міста використовують території своїх аеропортів для стратегічної багатофункціональної забудови. Міжнародний аеропорт Даллас-Форт-Ворт (DFW) – це аеротрополіс, якому приписують значну частину економічного зростання Північного Техасу. Столична агломерація Даллас-Форт-Ворт (DFW Metro Area) охоплює 12 округів у північно-центральному Техасі і створення аеропорту DFW вимагало співпраці та взаємодії з усіма цими округами. Ділова активність в районі метрополітену DFW, що підтримується повітряними перевезеннями через аеропорт, генерує 16,7 млрд дол. США в загальному обсязі щорічної економічної активності. Ділові операції в аеропорту DFW прямо чи опосередковано генерують 31,6 млрд дол. США в регіональній економічній діяльності та підтримують понад 143 тис. робочих місць в районі метрополітену DFW. Крім того, витрати відвідувачів, пов'язані з подорожами, збільшують податкові надходження до державного та місцевих бюджетів на додаткові 115

млн. дол. США щороку. Окрім того, аеропорт DFW ще має кілька тисяч гектарів землі, доступних для майбутнього розвитку аеротрополісу [2].

Міжнародний аеропорт Амстердама Схіпхол (AMS) сьогодні є об'єктом значного містобудівного розвитку, що відбувається під гаслом «creating airport cities». Це один з перших аеропортів у Європі, який розвивається за цією концепцією. Сьогодні він складається з (1) мультимодального центру, який відповідає ядру аеропорту, з чітко ідентифікованою архітектурою; (2) першого кільця, призначеного для логістики та технічного обслуговування (для всього, що безпосередньо пов'язано з повітряним рухом); (3) зони економічного розвитку, що відповідає міському і діловому коридору (центр Схіпхол-Зуїдас-Амстердам).

У світі є багато прикладів того, як міжнародні аеропорти перетворили старіючу економіку на оновлену високотехнологічну економіку та регіон зростання. Міжнародний аеропорт Схіпхол - один з них. Звичайно, для такої ревіталізації місто, як і сама країна, повинно мати вже існуючу інфраструктуру. Не будучи глобалізованою країною, важко глобалізувати місто в країні.

Висновки

Аеротрополіс є важливим напрямом розвитку міст у XXI столітті. Такі міста, як Амстердам, Чикаго, Дубай, Гонконг, Мемфіс, Париж, Шанхай і Сінгапур, стали глобально пов'язаними. Великі компанії та виробники, які прагнуть більшого успіху в економічному масштабі, розташовуються в містах, які вже мають достатньо можливостей для підтримання конкурентного рівня і такими є аеротрополіси.

Отже, модель аеротрополісу формує майбутнє міського розвитку, сприяючи інноваціям, економічному процвітанню та добробуту громадянам. Тенденція зростання міст-аеропортів і мегаполісів відображає трансформаційні зрушення в міському плануванні та розвитку, позиціонуючи аеропорти не лише як транспортні вузли, але й як каталізатори економічної та соціальної активності. Оскільки ці тенденції продовжують набирати обертів, їхній вплив на міські ландшафти та регіональну та світову економіку стає все більш очевидним, пропонуючи уявлення про їхній потенціал для забезпечення сталого зростання та сполучуваності.

Список літератури

1. Greg Lindsay. Aerotropolis: Future City Infrastructure: https://www.pca-stream.com/en/explore/aerotropolis-future-city-infrastructure/
2. Examples of Aerotropolis Cities and Aerotropolises. https://www.codot.gov/projects/archived-project-sites/study-archives/aerotropolis/reports/visioning-study-memo.pdf
3. The Past, the Present and the Future of the Aerotropolis: Strategies Emerging in Asia and the Rest of the World: https://www.superterminalexpo.com/aerotropolis-strategies-emerging-in-asia/

УДК 339.9

Л.М. Побоченко, к.е.н., доцент
М.О. Зародюк
(Національний авіаційний університет, Україна)

Виклики в управлінні аеропортами в умовах інноваційного розвитку

Досліджено виклики, які стоять в управлінні аеропортами в умовах інноваційного розвитку. Проаналізовано Програму професійної акредитації керівництва аеропорту (AMPAP), яка надає професіоналам аеропортової діяльності можливість розвивати свою кар'єру в управлінні аеропортом.

В умовах сьогодення інновації та цифрові технології надають унікальні можливості в процесі розвитку економіки, підвищують конкурентоспроможність країни та якість життя суспільства. Розвиток світової економіки вимагає активізації та значного розширення масштабів інноваційної діяльності в усіх галузях світового господарства, не виключенням є і авіаційний сектор [1].

За прогнозними даними Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) очікується, що в 2024 році показники щодо завантаження аеропортів, авіакомпаній та перевезених авіапасажирів повернуться до показників 2019 року. Однією з головних проблем, яка пов'язана з відновленням цих даних або, навіть, їх перевищенням, є здатність повернутися в авіаційний бізнес з кваліфікованою робочою силою. Пандемічна криза спричинила збій якого не очікувала ніколи в історії комерційна авіація [2].

В умовах кризи досвідченим керівникам авіаційного бізнесу та навченому авіаперсоналу з міжфункціональними знаннями довелося шукати іншу роботу, щоб утримувати себе та свої сім'ї. Відповідно, після кризибільшість працівників залишилися на новому місці роботи, в результті чого в авіаційній галузі виникла прогалина, яку на сьогодні дуже важко заповнити [3].

Відповідно Міжнародна рада аеропортів (ACI) та Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) вирішили про необхідність відкриття навчальної програми щодо підвищення кваліфікації саме для вищого керівного складу аеропортів. Ця програма була розроблена в 2007 році та називалася Програмою професійної акредитації керівництва аеропорту (AMPAP). Після її проходження близько 1200 керівників аеропортів пройшли навчання і отримали позначку IAP «International Airport Professional» [4].

Мета програми полягає в тому, щоб розвивати та визнавати старших керівників аеропортів, регуляторів аеропортів та бізнес-партнерів ACI World Business Partners, які продемонстрували розуміння професійної досконалості в управлінні аеропортом, відповідні SARPS ICAO та підтримку найкращих галузевих практик ACI. Міжнародно визнане позначення IAP визнає досконаліть особи в управлінні аеропортом і вміння застосовувати найкращі практики ACI та SARPS ICAO [4].

Усі обов'язкові та факультативні курси повинні бути завершені протягом 3 років (36 місяців). Факультативи, прийняті до початку програми AMPAP, будуть визнані, якщо загальний часовий проміжок 6 курсів становить 36 місяців [5].

Довге партнерство між ACI та ICAO забезпечує галузь навчанням, заснованим на компетенціях, за останніми галузевими стандартами, стандартами та рекомендованою практикою ICAO (SARP), міжнародними правилами та найкращими практиками ACI [6].

Таким чином, програма професійної акредитації керівників аеропортів (AMPAP) - це програма підвищення кваліфікації керівників аеропортів у всьому світі, яка сприяє дотриманню найвищих професійних стандартів, охоплюючи всі функціональні сфери аеропортового бізнесу. Випускники отримують звання International Airport Professional (IAP), [4].

Ґурджіт Гілл є директором програми AMPAP в ACI World, яка є корпоративним навчальним партнером ICAO TRAINAIR PLUS. З 2007 року він бере участь у міжнародній авіаційній підготовці, спочатку керуючи глобальною партнерською мережею навчання в IATA (Міжнародна асоціація повітряного транспорту), а з 2023 року керує програмою AMPAP в ACI (Міжнародна рада аеропортів), [7].

Також, ICAO запускає глобальний конкурс на тему «Штучний інтелект у міжнародній цивільній авіації», який відкритий для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються на останньому курсі програми бакалавра або магістра. Він розроблений, щоб викликати інноваційні ідеї та концепції для нових рішень або послуг, що підтримують п'ять стратегічних цілей ICAO.

До складу журі цього конкурсу увійдуть відомі представники авіаційної галузі та ООН.

Учасників запрошують вирушити у подорож відкриттів і творчості, уявляючи та розробляючи рішення на основі штучного інтелекту, які заново визначають межі того, що можливо в авіації. Пропозиції мають втілювати дух інновацій та прокладати шлях до майбутнього, де авіація процвітає відповідно до вимог сучасного світу, від підвищення безпеки та ефективності до сприяння стійкості.

У рамках цих зусиль студентам пропонується досліджувати широкий спектр можливостей застосування штучного інтелекту в галузі авіації. Незалежно від того, чи йдеться про оптимізацію систем управління повітряним рухом, революцію в дизайні та виробничих процесах літаків або переосмислення досвіду пасажирів, можливості безмежні. Рішення повинні не лише демонструвати технічну здійсненність та інноваційність, але й віддавати пріоритет реальній застосовності, масштабованості та стійкості [8].

З огляду на збільшення глобального повітряного руху та необхідність вирішення таких проблем, як зміна клімату, безпека та економічна стійкість, авіаційна галузь шукає інноваційні рішення на основі штучного інтелекту, які не лише підвищують стійкість, але й сприяють прогресу в досягненні стратегічних цілей ICAO.

Учасникам пропонується запропонувати передові програми AI, які стосуються таких ключових сфер:

1. Підвищення безпеки.
2. Аеронавігаційний потенціал та ефективність.
3. Авіаційна безпека та спрощення формальностей.
4. Економічний розвиток повітряного транспорту.
5. Охорона навколишнього середовища [8].

Таким чином, за допомогою розглянутої Програми професійної акредитації керівництва аеропорту (AMPAP) в сучасних трансформаційних умовах можна отримати професійні знання щодо управління аеропортом керівникам в кризових умовах. Мета програми полягає в тому, щоб розвивати та визнавати старших керівників аеропортів, регуляторів аеропортів та бізнес-партнерів, які продемонстрували розуміння професійної досконалості в управлінні аеропортом та підтримку найкращих галузевих практик ACI. Міжнародно визнана позначка IAP визнає досконаліть особи в управлінні аеропортом і вміння застосовувати найкращі практики ACI та SARPS ICAO. Програма AMPAP дає можливість керівникам аеропортової діяльності розвивати свої професійні навички в управлінні аеропортом.

Список літератури

1. Бугайко Д. О., Гуріна Г. С., Заблоцька Р. О., Корж М. В., Сидоренко К. В. Світовий ринок технологій у сфері авіації як форма реалізації міжнародних науково-технологічних відносин // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". 2022. №12. https://doi.org/10.25313/2520-2294-2022-12-8491.
2. Соколова, З., Набок, І., Прокоп'єва, А., Сидоренко, К., Бойчук, Д., & Радіонов, П. (2022). Аналів ефектів втілення угоди про спільний авіаційний простір з ЄС для галузі пасажирських авіаперевезень України. - Financial and Credit Activity Prob-lems of Theory and Practice, 6(46), 334–348. https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.46.2022.3854.
3. Румянцев, А., Побоченко, Л., Пічкурова, З., Толпежнікова, Т., Ковбич, Т., & Ляшов, Д. (2022). Уплив глобальної диджиталізації на розвиток ринку праці України. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 5(46), 334–348. https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.46.2022.3854.
4. Airport Management Professional Accreditation Program (AMPAP). URL: https://aci.aero/programs-and-services/global-training/ampap/.
5. Are airport executives ready for the airports of tomorrow. URL: https://unitingaviation.com/news/safety/are-airport-executives-ready-for-the-airports-of-tomorrow/.
6. Офіційний сайт Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO). URL: https://www.icao.int/Pages/default.aspx.
7. Офіційний сайт Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA). URL: http://www.iata.org/index.htm.
8. Challenges and Opportunities for Artificial Intelligence (AI) in Aviation. URL: https://www.icao.int/Meetings/innovation-series/Pages/Challenges-and-Opportunities-for-Artificial-Intelligence-(AI)-in-Aviation.aspx.

УДК 339.97:327.7

Г.О. Надоленко, Надзвичайний і Повноважний Посол
(Дипломатична академія України, Україна)

Багатостороння економічна дипломатія ІКАО і проблеми розвитку авіаційної галузі України

Досліджено роль багатосторонньої економічної дипломатії ІКАО у регулюванні міжнародної авіаційної діяльності та стандартизації авіаційної галузі. Розглянуто ключові аспекти співпраці України з міжнародними організаціями, зокрема питання безпеки авіаперевезень, відновлення авіаційної інфраструктури після війни та залучення інвестицій для модернізації галузі. Дане дослідження підкреслює перспективи України у відновленні авіаційної галузі, а також роль міжнародних ініціатив у цьому процесі, що сприяє економічному зростанню країни.

Міжнародна економічна дипломатія спрямована на забезпечення стабільності та передбачуваності в глобальному економічному розвитку, створення справедливих умов для торгівельних відносин і ефективне вирішення глобальних економічних викликів.

Багатостороння економічна дипломатія своєю чергою спрямована на регулювання економічних відносин між багатьма державами або міжнародними організаціями через переговори, узгодження позицій і спільні рішення. Вона функціонує в межах багатосторонніх форумів, конференцій або міжнародних організацій, таких як ООН, СОТ, МВФ, ІКАО та інші.

Багатостороння економічна дипломатія ІКАО (Міжнародної організації цивільної авіації) відіграє ключову роль у регулюванні глобальної авіаційної діяльності та розвитку авіаційних стандартів. ІКАО є спеціалізованою агенцією ООН, створеною у 1944 році для координації міжнародної співпраці в цивільній авіації. Її багатостороння економічна дипломатія полягає в узгодженні інтересів різних держав, авіаційних компаній, аеропортів та інших учасників ринку через діалог і регуляторну співпрацю на міжнародному рівні.

Основні аспекти багатосторонньої економічної дипломатії ІКАО включають розробку та впровадження міжнародних стандартів і норм (SARPs), що стосуються безпеки польотів, авіаційної безпеки, охорони довкілля, економічної регуляції та захисту прав споживачів. Це стосується тарифів, зборів, економічних регуляцій аеропортів та аеронавігаційних служб. SARPs є обов'язковими для країн-членів і дозволяють забезпечувати економічну стандартизацію авіаційної галузі, що дозволяє уникнути економічних конфліктів і стимулює прозорість міжнародних авіаперевезень та безпечність авіаційної діяльності на глобальному рівні.

Також ІКАО активно працює над вирішенням питань авіаційної безпеки і має ключову роль у міжнародних ініціативах щодо скорочення викидів парникових газів від авіаційної діяльності. Наприклад, програма CORSIA (Схема компенсації та скорочення викидів вуглецю для міжнародної авіації) є важливим механізмом боротьби з кліматичними змінами.

Іншим важливим аспектом багатосторонньої економічної дипломатії ІКАО є економічне регулювання міжнародного ринку авіаційних послуг, зокрема щодо лібералізації авіаперевезень та управління тарифами, аеропортами і аеронавігаційними системами. Це дозволяє країнам-членам домовлятися про доступ до своїх ринків авіапослуг через багатосторонні угоди, які, зокрема, включають відкриття ринків для міжнародних авіакомпаній і спрощення регуляцій, які стосуються маршрутів, цін і обслуговування пасажирів. Двосторонні та багатосторонні угоди про повітряні перевезення за участю ІКАО сприяють розширенню економічних можливостей на ринках авіаційних перевезень, підтримуючи економічне зростання і конкуренцію.

Окрім цього ІКАО забезпечує технічну та економічну допомогу країнам-членам, особливо тим, що розвиваються, включаючи Україну, допомагаючи їм вдосконалювати національне авіаційне законодавство, модернізувати інфраструктуру та дотримуватись міжнародних стандартів. Це включає навчання персоналу, технічні дослідження та залучення міжнародних інвестицій.

І останнім, але не менш значимим аспектом багатосторонньої економічної дипломатії ІКАО є організація дипломатичних та політичних платформ (міжнародні конференції, симпозіуми та засідання), на яких представники держав обговорюють актуальні питання розвитку авіаційної галузі та домовляються про нові механізми співпраці. Таким чином, ІКАО створює платформу для багатостороннього діалогу між урядами і приватним сектором.

Таким чином механізми багатосторонньої економічної дипломатії ІКАО дозволяють координувати та регулювати економічні аспекти авіаційної діяльності на глобальному рівні. Вони забезпечують гармонізацію правил, стимулюють розвиток міжнародних ринків, підтримують фінансову стабільність та сприяють інтеграції країн у світову економіку авіаперевезень.

Для України участь в ІКАО є важливою для розвитку національної авіаційної галузі, оскільки вона сприяє інтеграції в міжнародну авіаційну спільноту, залученню інвестицій і підвищенню стандартів безпеки та якості авіапослуг.

Стан авіаційної інфраструктури України значно погіршився внаслідок війни та економічної кризи, які розпочалися після російського вторгнення в 2022 році. До війни Україна мала розвинену авіаційну мережу, яка включала понад 20 аеропортів, серед яких міжнародні хаби, такі як «Бориспіль», «Львів» і «Одеса». Ці об'єкти забезпечували стабільний потік міжнародних і внутрішніх авіаперевезень, активно залучаючи іноземні авіакомпанії. Протягом останніх років до війни Україна модернізувала аеропорти, впроваджуючи сучасні технології управління повітряним рухом і розвиваючи інфраструктуру в рамках інтеграції до європейської авіаційної системи.

З початком війни стан авіаційної інфраструктури різко погіршився. Багато аеропортів у південних та східних регіонах країни зазнали масованих руйнувань через обстріли та авіаудари. Наприклад, аеропорти Маріуполя, Миколаєва, Херсона та Дніпра були або частково, або повністю зруйновані, що унеможливило їхнє використання. Крім того, через постійну загрозу ракетних

ударів цивільний авіапростір України був закритий для регулярних комерційних рейсів, що фактично паралізувало внутрішні та міжнародні авіаперевезення. Це суттєво вплинуло на економічну активність, зокрема на туризм, транспортні послуги та логістику, що традиційно залежали від повітряних перевезень.

Війна також спричинила значний економічний спад, що ускладнює фінансування відновлення та модернізації авіаційної інфраструктури. Економічна криза, викликана війною, призвела до обмежених можливостей інвестувати в реконструкцію аеропортів, закупівлю нових технологій для управління повітряним рухом та відновлення авіаперевезень. Багато підприємств авіаційної галузі зазнали фінансових труднощів, а державний бюджет, перенаправлений на оборонні витрати та гуманітарну допомогу, не має достатніх ресурсів для підтримки авіаційної галузі на довоєнному рівні.

Серед основних викликів відновлення авіаційної інфраструктури є не лише фізичні руйнування аеропортів, але й необхідність забезпечити їх безпеку в умовах триваючої війни. Також важливо модернізувати застарілу інфраструктуру та інтегрувати її в європейську авіаційну систему після завершення війни. Окрім цього, для відновлення авіаперевезень необхідно буде відновити довіру міжнародних авіакомпаній, які припинили польоти до України через високі ризики.

Попри ці виклики, Україна має значний потенціал для відновлення авіаційної інфраструктури завдяки підтримці міжнародних партнерів, зокрема ЄС, ІКАО та Світового банку. Відновлення аеропортів і впровадження сучасних технологій після завершення активних бойових дій стане критично важливим для економічного відродження країни, відновлення міжнародних торговельних зв'язків та розвитку транспортної системи в цілому.

Для відновлення та розвитку авіаційної галузі України важливу роль може відіграти багатостороння економічна дипломатія. Перше, що необхідно зробити, – це активізувати участь України у міжнародних авіаційних організаціях, таких як ІКАО, для отримання технічної допомоги та залучення до глобальних ініціатив з розвитку авіації. Співпраця з міжнародними фінансовими установами, такими як Світовий банк і Європейський банк реконструкції та розвитку, може допомогти залучити інвестиції для модернізації інфраструктури та впровадження нових технологій. Важливо також використовувати багатосторонні форуми для налагодження співпраці з іншими країнами в галузі авіабезпеки, обміну технологіями та управління повітряним рухом.

Україні слід активно працювати над підписанням нових міжнародних угод про авіаційне сполучення та лібералізацію ринків, що дозволить збільшити обсяги міжнародних перевезень та створити конкурентні умови для українських авіакомпаній. Співпраця з міжнародними організаціями у сфері авіаційної безпеки та екологічної стійкості, зокрема в рамках програми CORSIA, допоможе підвищити стандарти авіаперевезень і відповідати сучасним вимогам.

Таким чином, для подолання внутрішніх проблем авіаційної галузі України та її подальшого розвитку необхідно активно використовувати можливості багатосторонньої економічної дипломатії для залучення інвестицій,

модернізації інфраструктури та інтеграції в міжнародні авіаційні ринки. Не зважаючи на те, шо стан авіаційної інфраструктури України сьогодні залишається важким, після закінчення війни та стабілізації економіки є перспективи для її відбудови та подальшого розвитку.

Висновки

Міжнародна економічна дипломатія, зокрема багатостороння економічна дипломатія ІКАО, є ключовою для відновлення авіаційної галузі України після війни. ІКАО відіграє важливу роль у регулюванні глобальної авіаційної діяльності, встановлюючи міжнародні стандарти (SARPs), що забезпечують безпеку польотів, економічну регуляцію аеропортів та сприяють екологічній стійкості через програми на зразок CORSIA. Для України участь в ІКАО та співпраця в рамках багатосторонньої дипломатії дає можливість отримати технічну та економічну допомогу, необхідну для модернізації застарілої авіаційної інфраструктури, що сильно постраждала внаслідок війни.

Україна має скористатися можливостями багатосторонньої економічної дипломатії для залучення міжнародних інвестицій у відбудову аеропортів, впровадження сучасних технологій та підвищення авіаційної безпеки. Участь у міжнародних ініціативах ІКАО допоможе країні інтегруватися в глобальні ринки авіапослуг, підвищити конкурентоспроможність національних авіакомпаній та створити сприятливі умови для міжнародного співробітництва у сфері авіації. Це критично важливо для економічного відродження країни, відновлення транспортних зв'язків та зміцнення її позицій на світовому ринку авіаперевезень.

Список літератури

1. Деделюк К. Ю. Економічна дипломатія : конспект лекцій. Луцьк : Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, 2017. С. 7–9.
2. Abeyratne, R. (2014). The Nature and Role of ICAO. In: Regulation of Air Transport. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-01041-0_1
3. Kobierecki, M. M. (2021). Aviation diplomacy: a conceptual framework for analyzing the relationship between aviation and international relations. *Place Branding and Public Diplomacy*, vol. 17(4), P. 293–303.

UDC 338.2

S.V. Onysiuk, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

The economics of the energy transition in the EU aviation industry

The report analyzes the economic aspects of the energy transition in the EU aviation sector. It also analyzes the challenges associated with the introduction of environmental technologies, CO_2 emission reductions, financial instruments and investments in green aviation fuel solutions, and the impact of these changes on the competitiveness of the aviation sector.

Energy transition

The energy transition in the EU aviation sector is a key element in the fight against climate change and in achieving the goals of the Paris Agreement to reduce greenhouse gas emissions. The aviation sector is one of the most intensive sources of CO_2 emissions and an important target for the introduction of new energy technologies. The main goal of this transition is to reduce the aviation industry's dependence on fossil fuels and switch to more environmentally friendly and sustainable energy sources such as biofuels, hydrogen, and electricity.

The EU aviation sector plays an important role in ensuring the economic mobility of citizens and businesses, but its growth has also led to an increase in greenhouse gas emissions: aviation accounts for about 3% of total EU CO_2 emissions, but its importance as an environmental issue is growing due to the rapid growth in traffic. The importance of aviation as an environmental issue is growing due to the rapid growth of transportation. The main motivation for the energy transition in aviation is the EU's international commitment to reduce greenhouse gas emissions by 2030 and achieve climate neutrality by 2050. Economic factors, such as rising fossil fuel costs and new environmental taxes, are also pushing companies to look for alternative energy solutions. In addition, public demand for environmentally friendly modes of transportation, such as aviation, is also supporting the development of the sector.

The new global reality of economic development has significantly changed the rules of the game in the aviation market. The opening of borders and minimization of barriers between economies have paved the way for access to new markets, resources and opportunities in general, encouraging companies to increase the speed and efficiency of decision-making in an increasingly competitive environment. Ensuring stability and sustainable development is of utmost importance for the aviation sector, which is seen as the backbone of the air transport system and thus a vital link in the global economy. Although the European aviation sector has a very dynamic and competitive structure, the last decade has seen significant changes in the structure and management of the sector [1, p. 360].

There are several promising areas of modern technological development in aviation. One of them is the use of biofuels, which can significantly reduce CO_2 emissions compared to conventional aviation fuel. Second-generation biofuels derived from agricultural and forestry waste have the potential to reduce emissions by 50-80%.

However, they are expensive to produce and require significant investment in infrastructure. Hydrogen is another promising energy source that can significantly reduce emissions in the long term. Its use is still limited due to underdeveloped infrastructure for production and storage, but the EU is actively developing this technology. In addition, the electrification of air transport is becoming increasingly feasible on short-haul routes, which could reduce dependence on fossil fuels in the future.

One of the new ways of using business initiatives in the field of energy efficiency is through voluntary agreements. They are voluntary, without government intervention to monitor their implementation. There is a wide range of voluntary actions in the industry, including unilateral commitments, agreements, codes of conduct, and environmental conventions. In addition, the institutional mechanisms for regulating energy saving at the national level are closely linked to the regulatory mechanisms in the energy sector and transport, which are the largest consumers of energy and energy resources [2, p. 9].

In other words, the EU is moving towards an integrated approach through the development of institutional mechanisms for regulating energy saving to achieve the goals of reducing the consumption of imported energy resources, efficient use of energy and the start of energy production from alternative sources. Energy and transportation policies should take into account energy saving aspects.

Energy conservation policies aimed at saving energy resources by improving the efficiency of energy use at individual enterprises and in the economy as a whole are a complex combination of internally and externally oriented measures. The choice of these measures depends on the specifics of the country at this stage of its socio-economic and political development.

Studying the experience of the EU countries in the field of energy saving can help to improve the energy efficiency of national economies and the efficient use of energy resources in the regional and national economy as a whole [3].

Since the beginning of the industrial era, the availability of various forms of energy has transformed the lives of billions of people, allowing them to enjoy unprecedented levels of comfort and mobility. Amid growing concerns about global climate change, the need for a major transformation of the world's energy production and use infrastructure is widely recognized. This report examines the main trends in the global energy market in late 2021 and early 2022. It identifies the countries with the most favorable energy balances and characterizes progress in the transition to low-carbon energy systems [4, p. 187].

The transition of the economy to new types of energy is fraught with significant challenges. One of the main obstacles is the high cost of new technologies, which requires significant investments from airlines and governments. The European Commission estimates that more than 50 billion euros are needed in the aviation sector to meet the 2030 targets. A lack of financial instruments and opportunities to attract private investment is also a serious obstacle. Infrastructure issues, such as modernizing airports to use hydrogen and other alternative fuels, require significant resources and time. However, the EU is developing financial instruments to support innovation in the aviation sector. The Horizon Europe program, which funds research and development, provides grants for environmental projects. In addition, tax incentives encourage

investment in green technologies, and the EU Emissions Trading Scheme puts economic pressure on companies to reduce emissions and implement new solutions.

Green energy is an electricity generation technology that minimizes environmental pollution, including greenhouse gas emissions. Green energy utilizes inexhaustible and renewable resources such as wind, solar and hydropower.

The war between Ukraine and Russia has made its own adjustments to green energy and Ukraine's transition to green energy. The value of renewable energy has shifted from ecology to security, and from there to the economy. Six months ago, renewable energy sources were seen by the international community primarily as a means of combating inevitable climate change and reducing carbon emissions [5, p. 171].

Today, wind, solar, bio-, small hydro, and hydrogen energy are key to the country's energy security and independence and are significantly cheaper than fossil fuels. As of 2021, Ukraine's renewable energy sector is fighting for the right to operate under fair conditions guaranteed by the state, will become one of the pillars of Ukraine's post-war reconstruction by 2023, and will further increase the country's energy independence.

In most developed countries, the use of renewable energy sources is currently one of the main priorities for energy development. This is due to the need to address the energy instability caused by the energy crisis in countries and to reduce harmful emissions from the use of traditional energy sources. An important aspect is the possibility of creating a stock of organic raw materials for non-energy demand and preserving energy resources for future generations [6, p. 13].

The competitiveness of the EU aviation sector is also affected by the energy transition. The transition to cleaner technologies will temporarily increase the costs of European companies compared to competitors in other regions, but could be beneficial in the long run as international requirements for cleaner transportation become more stringent. As a leader in innovation, the EU could benefit from the introduction of new technologies in the aviation sector as global demand for cleaner transportation grows.

Conclusions.

The energy transition in the EU aviation sector is a key element in the fight against climate change and the achievement of the Sustainable Development Goals. While this process will require significant investment and face many challenges, it will also bring new opportunities for economic growth and innovation. The continued success of this transformation will depend on the ability of governments, the private sector and international organizations to work together and provide the necessary financial and technical resources.

References

1. Challenges and prospects for the development of the EU aviation sector in the context of the Green Deal. Economy, finance, management: world problems and development prospects. C. 353-425. URL: https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2024/04/ISG.2024.MONO_.ECON_.1.9.3.pdf (accessed September 12, 2024).

2. European experience of institutional relations of executive authorities responsible for the formation and implementation of state policy in the field of

energy efficiency/energy saving and/or development of renewable energy sources. European Information and Research Center. URL: https://infocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/28964.pdf (accessed September 12, 2024).

3. Ryzhkova G.V. Energy saving policy: directions and sources of financing. Science and Economics. 2011. № 2 (22). C. 37-43

4. Perevozova I.V., Morozova O.S., Sakun A.J., Mainka M.K. Review of the modern world energy market. Actual problems of regional economic development. Issue 18. T.1. C. 186-199.

5. Green energy transition in the concept of post-war reconstruction of Ukraine. Bulletin of Economics. 2023. Issue 3. C. 170-181.

6. Renewable energy sources. Edited by S.O. Kudri. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2020. 392 c.

УДК 339.9

І.І. Набок, доцент, А.С. Петренко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Трансформація бізнес-моделей українських авіакомпаній в умовах війни

Досліджено адаптацію української авіаційної галузі до викликів війни. Збройний конфлікт суттєво змінив середовище авіаційної галузі, змусивши авіакомпанії переглянути стратегії, оптимізувати операційні процеси та шукати нові джерела доходу. Відновлення авіаперевезень вимагає інноваційних підходів, таких як координація з міжнародними партнерами з питань безпеки повітряного простору та розвиток нових сервісів для підтримки пасажирських перевезень.

До війни українська галузь авіаційних перевезеньстрімко розвивалася. За останні десять років до нас зайшли найбільші європейські лоукостери, у 2021-му – Україна та ЄС підписали угоду про відкрите небо, а виконавчий директор Ryanair Майкл О'Лірі за пів року до війни назвав Україну одним з найперспективніших ринків та пообіцяв стати найбільшим інвестором в місцеву авіагалузь [10].

Прогрес також був помітний у зростанні кількості лоукостерів, які відкривали нові рейси та підключали Україну до більшої кількості європейських міст. До війни українська авіагалузь демонструвала стабільне зростання та перспективи для інвестицій, стаючи одним із ключових гравців у регіоні. Також на українському ринку працювало багато іноземних авіакомпаній (рис.1), серед них такі відомі компанії як WizzAir, Raynair, Airbaltic, TurkishAirlines та інші.

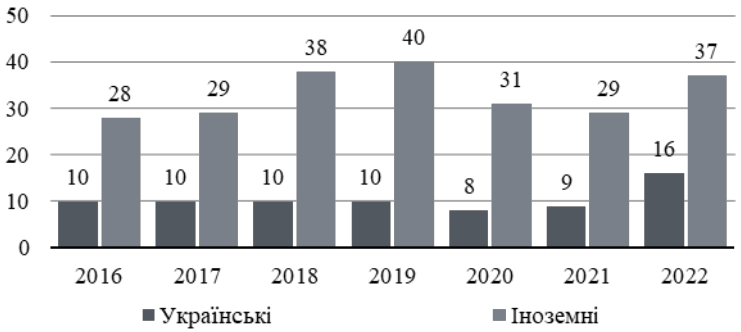


Рис. 1. Кількість вітчизняних та іноземних авіакомпаній у 2016-2022 (до 24.02.2022) рр., що здійснювали свою діяльність в Україні [5].

Серед чинників, що здійснили значний вплив на пасажирські авіаційні перевезення, є підписання у 2021 році угоди про відкрите небо між Україною та ЄС, що дозволило європейським авіакомпаніям вільно виконувати рейси до України. Україна стала важливим ринком для бюджетних авіакомпаній, таких як Ryanair та WizzAir.

Однак із початком війни, ситуація кардинально змінилася. Закриття повітряного простору, руйнування інфраструктури та обмеження на польоти призвели до зупинки діяльності більшості авіакомпаній. Багато міжнародних авіаперевізників призупинили свої рейси до України, а деякі українські авіакомпанії змушені були зупинити свою діяльність або ж змінити маршрути через повітряний простір сусідніх країн.

Через закриття українського повітряного простору деякі авіакомпанії, такі як SkyUp, змушені були перенести свої бази до інших європейських країн. Це дозволило їм продовжувати роботу, виконуючи чартерні та регулярні рейси з іноземних аеропортів.

Головна проблема, яка постала перед українськими авіакомпаніями,- це переміщення свого флоту з України. На момент 24.02.2022 року 10 з 11 літаків Компанія SkyUp перебували в Європі, один літак, який знаходився в Україні, не вдалося перевезти.4 квітня 2023 року авіакомпанії вже вдалося вивезти і цей борт за межі України – до румунського летовища Яси [3].

Головне джерело роботи і доходу для тих українських компаній, які змогли евакуювати свої літаки, - чартерні перевезення для туроператорів, гуманітарні рейси та так званий «мокрий» лізинг, або ветлізинг, коли компанія здає в оренду літак разом з екіпажем, технічним обслуговуванням [10].

SkyUp одна з найуспішніших авіакомпаній яка змогла затвердитись на європейському ринку. Компанія почала працювати за ветліз-контрактами у квітні 2022 року. Перші контракти були з Air Moldova та Corendon Airlines. Зараз у портфоліо близько 10 авіаперевізників: WizzAir, Corendon Airlines, Freebird Airlines, Tailwind Airlines, Air Albania, Smart Wings та інші [9].

SkyUp здійснює перевезення європейськими країнами, вже отримала сертифікат FAOC та FAR129, що дозволило масштабуватися у Північній Америці.

5 травня 2023 року авіакомпанія зареєструвала дочірнє підприємство «SkyUp MT» на Мальті, яке вже отримало сертифікат експлуатанта (AOC), ліцензію на виконання рейсів (AOL) і сертифікат організації з підтримки льотної придатності (CAMO).Також в березні 2024 року SkyUp отримала підтвердження реєстрації в IOSA, що відкриває великий спектр можливостей для компанії.

У компанії МАУ, яка до 2024 мала найбільший флот серед українських авіакомпаній, більш ніж з 20 літаків залишилося 4, адже багато літаків застрягли в українських аеропортах. Спочатку вони намагалися підтримувати бізнес, літаючи європейськими містами, але компанія отримала великі збитки в 1,3 млрд грн. [2]. Наразі компанія для підтримання бізнесу виконує вантажні перевезення.

Ще одна відома авіакомпанія Windrose Airlines (Роза Вітрів) зазнала великих втрат, як і інші компанії, але змогла зберегти частку свого флоту, яку на теперішній момент здає в оренду іноземним перевізникам.

Наразі йде багато розмов про те, щоб відновити польоти на території України під час війни, але є багато перешкод, які не дозволяють це зробити. Відновлення польотів можна реалізувати за однією із трьох моделей.

По-перше, через міжнародні домовленості щодо створення безпечних повітряних коридорів та зон, як це було реалізовано із зерновими коридорами з портів півдня України.

По-друге, за аналогією з чинною практикою у Молдові, може бути визначено перелік порівняно безпечних аеропортів і спеціальних виділених повітряних трас, що дадуть змогу швидко покинути повітряний простір і перебазувати літаки.

По-третє, можлива дезагрегація окремих зон повітряного простору з урахуванням рівня ризику та визначення для кожної з вимог щодо безпеки польотів та спеціальних заходів для їх підтримки [1, с. 256].

Ці заходи вимагають активної координації з міжнародними партнерами, включно з авіаційними регуляторами, авіакомпаніями та країнами-сусідами. Співпраця з міжнародними організаціями, такими як ICAO, EUROCONTROL, НАТО та іншими, може бути критично важливою для розробки та впровадження таких схем безпеки. Тільки за умов всебічної підтримки з боку міжнародної спільноти авіаційна сфера в Україні зможе швидше відновитися та повернутися до стабільної роботи.

Висновки

Після війни авіаційна сфера в Україні, ймовірно, буде відновлюватися поступово, оскільки це залежатиме від багатьох факторів, включно з безпековою ситуацією, економічним станом країни та міжнародною підтримкою. Очікується, що іноземні авіакомпанії повернуться до України, але це станеться тільки після того, як буде гарантована безпека польотів, відновлена інфраструктура аеропортів, і стабілізується політична та економічна ситуація.

Іноземні перевізники, ймовірно, будуть обережними у прийнятті рішень щодо повернення на український ринок. Для залучення іноземних компаній можуть знадобитися додаткові заходи стимулювання, такі як податкові пільги чи знижені аеропортові збори.

Терміни повного відновлення можуть варіюватися, але варто очікувати, що це займе кілька років після завершення активних бойових дій. Залежно від масштабів пошкоджень інфраструктури, логістичні та технічні виклики можуть вплинути на швидкість відновлення авіасполучень. Також велика роль буде відведена міжнародним партнерам та інвестиціям, які зможуть прискорити цей процес.

Список літератури

1. Горбаль Н. І. Стан та перспективи розвитку авіатранспортної галузі України в умовах євроінтеграції, пост пандемії та війни/ Горбаль Н. І., Радченко Я.П.// Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку – № 1 (9), 2023 – С. 249-260
2. https://www.flyuia.com/ua/ua/home - офіційний сайт авіакомпанії МАУ.
3. https://skyup.aero/en/ - офіційний сайт авіакомпанії SkyUp.
4. https://windrose.aero - офіційний сайт авіакомпанії WindRose.
5. https://avia.gov.ua/ - офіційний сайт Державної авіаційної служби України.
6. Відновлення аеропорту, або Коли Україна знову злетить [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3650935-vidnovlenna-aeroruhu-abo-koli-ukraina-znovu-zletit.html
7. Коли в Україні запрацюють цивільні аеропорти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.epravda.com.ua/columns/2022/11/4/693439/
8. Працюємо і підтримуємо одне одного: як пройшов рік для SkyUp в умовах війни [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://skyup.aero/uk/news/pracyuemo-i-pidtrimuemo-odne-odnogo-yak-proyshov-rik-dlya-skyup-v-umovah-viyni_453
9. Стереотип ЄС: якщо ти з України, то маєш коштувати дешевше. CEO SkyUp Дмитро Сєроухов про роботу під час війни, власну європейську авіакомпанію та плани щодо США [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://forbes.ua/company/stereotip-es-yakshcho-ti-z-ukraini-to-maesh-koshtuvati-deshevshe-seo-skyup-dmitro-seroukhov-pro-robotu-pid-chas-viyni-vlasnu-evropeysku-aviakompaniyu-i-plani-shchodo-ssha-10032023-12189
10. Як українські авіакомпанії заробляють і занепадають під час війни [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.bbc.com/ukrainian/features-63403865.amp

УДК 339.9

Л.М. Побоченко, к.е.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Перспективи розвитку інновацій в цивільній авіації в умовах цифровізації

Досліджено пріоритетні напрямки розвитку інноваційних стратегій в галузі цивільної авіації в умовах цифровізації. Розкрито ініціативи ІСАО щодо цифровізації авіації. Проаналізовано, які заходи моніторингу та оцінки інновацій впроваджує ІСАО, щоб вони приносили потенційні переваги для переходу авіаційної галузі до цифрових технологій.

В умовах інноваційного розвитку майбутнє цивільної авіації залежить від здатності впроваджувати інновації та використовувати потенціал штучного інтелекту (ШІ) для вирішення багатогранних завдань, що постають перед галуззю [3].

Міжнародна організація цивільної авіації (ІСАО) активно впроваджує інноваційні стратегії в свою діяльність в умовах цифровізації, а також, координує інновації в авіації в глобальному масштабі.

Варто зазначити, що державами-членами організації, під час 40-ї сесії Асамблеї ІСАО, була прийнята резолюцію А40-27 під назвою «Інновації в авіації», яка визнала, що інновації несуть значний потенціал у покращенні авіаційної безпеки, ефективності, сприяння, екологічної стійкості та економічного розвитку повітряного транспорту. Також, інновації можуть призвести до більш ефективних і спрощених процесів регулювання авіації [10].

Відповідно до Резолюції А40-27 Асамблеї ІСАО такі ініціативи спрямовані на:

- оцінити необхідність, а також необхідні ресурси для розвитку процесів організації, включаючи її методи роботи з галуззю, щоб йти в ногу з інноваціями, які впливають на сталий розвиток цивільної авіації;
- взаємодія з державами, урядовими та неурядовими організаціями, приватним сектором, академічними колами та відповідними органами системи Організації Об'єднаних Націй (ООН) з метою встановлення інклюзивного діалогу на стратегічному рівні, який сприятиме подальшій співпраці та обміну досвідом щодо інновацій;
- розробити політику високого рівня для врахування висновків вищезгаданої оцінки та згодом створити структуру, яка допоможе забезпечити своєчасну розробку глобальної політики та стандартів, які підтримують постійне вдосконалення безпеки, ефективності, безпеки, сприяння, економічної та екологічної ефективності [4].

Зрештою, вплив роботи ІСАО на інновації буде матеріалізуватися таким чином:

1. **Обізнаність і просування.** Підвищувати обізнаність про інновації серед держав, галузевих партнерів та авіаційного співтовариства в цілому та просувати їх потенційні переваги.

2. **Своєчасне розгортання.** Заохочувати та підтримувати своєчасне розгортання інноваційних технологій, процесів і діяльності з розбудови потенціалу на основі оперативних потреб.

3. **Взаємодія з промисловістю.** Забезпечити структуру, яка дозволяє галузі взаємодіяти з ІСАО на належному рівні, дозволяючи ІСАО розробляти обґрунтовану політику та здійснювати інноваційні ініціативи підтримки впровадження.

4. **Взаємодія з науковими колами.** Забезпечити структуру, яка дозволить ІКАО стимулювати та залучати наукові кола до розробки інноваційних досліджень і проектів за підтримки держав і промисловості.

5. **Інновації в ІСАО**. Підвищення інноваційної культури в ІСАО з належною увагою до гендерної рівності та залучення [5].

Важливо, щоб ІСАО та її держави-члени вчасно вживали заходів для моніторингу та оцінки інновацій, щоб вони приносили свої потенційні переваги таким чином, щоб жодна країна не залишилася позаду, одночасно підтримуючи Цілі сталого розвитку (ЦСР).

В зв'язку з цим, організація випустила Стратегію секретаріату ІСАО щодо інновацій, що має на меті забезпечити добре скоординовану стратегію та план впровадження інновацій в ІСАО відповідно до цілей і директив, встановлених Резолюціями Асамблеї ІСАО та Стратегічними цілями ІСАО.

Інновації є частиною роботи бюро та офісів ІСАО завдяки впровадженню нових передових підходів і процесів, а також залученню технічних експертів ІСАО до спільноти інновацій. Незважаючи на це, зараз потрібні додаткові зусилля для досягнення «Єдиної інноваційності ІСАО», для запровадження культури інновацій у всій організації та, таким чином, сприяння динамічній інноваційній екосистемі, що відповідає мандату організації. Метою цієї інноваційної стратегії є забезпечення внутрішньої взаємодії для досягнення цієї мети та забезпечення ефективного використання обмежених ресурсів організації для залучення останніх інновацій [4].

Інновація – це впровадження нових речей, ідей, концепцій або способів виконання чогось, що випереджає сучасне мислення та спрямоване у майбутнє. При застосуванні до ІСАО це включає визначення, розробку та впровадження, у координації з державами, регуляторними органами та/або галузевими партнерами, більш ефективних і результативних та/або інноваційних рішень, які сприяють досягненню стратегічних цілей ІСАО відповідно до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію (Чиказької конвенції), а також сприяти реалізації Стратегії підтримки [5].

Секретаріат ІСАО постійно інтегрує технологічні інновації у свою роботу, що відображено в прийнятті міжнародних стандартів і рекомендованої практики (SARPS), політиках і програмах ІСАО, а також у здійсненні діяльності з розбудови потенціалу для підтримки їх впровадження. ІСАО також впроваджує інновації в просування допоміжних стратегій шляхом оптимізації процесів і посилення оцифрування та автоматизації, беручи до уваги фінансові обмеження та регуляторні проблеми [6].

Однак значне прискорення темпів інновацій у поєднанні з експоненційним збільшенням різноманітності та величезної кількості

інноваторів вимагає від ІСАО координації та, якщо необхідно, розвитку своїх підходів відповідно до положень Чиказької конвенції, щоб сприяти та уможливлювати інновації в авіації в глобальному масштабі своєчасно. Якщо підхід до інновацій не розвиватиметься, існує ризик розриву між технологіями та процесами, що розробляються, та рівнем обізнаності персоналу ІСАО, експертів із держав та зацікавлених сторін авіації, що призведе до можливого відставання у розробці міжнародної політики. Крім того, оскільки очікується, що будуть розроблені нові ініціативи щодо інновацій, спрямовані на більш різноманітне коло зацікавлених сторін, ясність і послідовність у комунікації з громадою є першорядною.

Незважаючи на те, що інновації традиційно враховуються в роботі ІСАО, вони здебільшого обмежуються прямим розгортанням цих інновацій у програмі, для якої вони були створені. Будь-який потенціал для масштабованості та міжорганізаційної застосовності часто втрачається, і його слід досліджувати далі. Будь-яка невдача в цьому відношенні може негативно вплинути як на управління знаннями, так і на ефективність організації та розширення можливостей персоналу для вирішення питань інновацій. Тому, визнаючи, що ІСАО та її персонал впроваджують інновації, важливо, щоб Організація і надалі заохочувала та прискорювала темпи інновацій [4].

Згідно з основними цінностями ІСАО, вся діяльність ІСАО базується на належній увазі до гендерної рівності та залучення. Ці основні цінності пронизують підвищення інноваційної культури ІСАО та реалізацію цілей ІСАО щодо інновацій. ІСАО реалізує свої цілі з цілеспрямованою збалансованістю та справедливістю. Що стосується інновацій, ІСАО прагне:

– підвищувати обізнаність про інновації серед держав, галузевих партнерів та авіаційного співтовариства в цілому та сприяти їхнім потенційним перевагам;

– заохочувати та підтримувати своєчасне розгортання стійких інноваційних технологій, процесів і діяльності з розбудови потенціалу на основі оперативних потреб;

– забезпечити структуру, яка дозволяє галузі взаємодіяти з ІСАО на належному рівні та, де це доцільно, в рамках існуючих структур, дозволяючи ІСАО розробляти обґрунтовану політику та здійснювати інноваційні ініціативи підтримки впровадження; і

– забезпечити рамки, які дозволяють ІСАО залучати наукові кола до розробки інноваційних досліджень, навчання та проектів за підтримки держав та промисловості [4; 6].

Спільна група координаторів Секретаріату ІСАО з питань інновацій, призначених їхніми відповідними бюро та офісами, координована Офісом стратегічного планування, координації та партнерства (SPCP), відповідає за підтримку та управління розробкою та впровадженням міжорганізаційних ініціатив, викладених у мандаті. Завдяки обміну інформацією між організацією координаційні центри забезпечують виявлення синергії та сприяють координації та реалізації діяльності для досягнення невід'ємних цілей. Координатори також відіграють ключову роль у визначенні можливостей для

вдосконалення інструментів і процесів ІСАО, повністю враховуючи програму цифрової трансформації.

У рамках цього процесу SPCP відповідає за управління та адміністрування дорожньої карти, узгодженої групою координаторів. Це включає конкретні види діяльності та процеси під прапором інновацій і не впливає на конкретні події кожної стратегічної цілі, зазначаючи, що події можуть бути пов'язані за запитом Бюро. Розробка контенту буде відповідальністю Бюро в координації з регіональними офісами за підтримки наступних офісів, де це можливо, але не обмежуючись:

– SPCP для аспектів, пов'язаних із координацією та адмініструванням контенту;

– Офіс Global Aviation Training (GAT) для сприяння вдосконаленню змісту та подачі відповідно до стандартів ІСАО щодо навчання;

– Секція управління доходами та продуктами (RPM) для залучення зацікавленості можливих спонсорів у тісній співпраці з Бюро;

– Бюро з правових питань та зовнішніх зв'язків (LEB) для надання консультацій щодо відповідності нових ініціатив застосовним правилам і процедурам ІСАО у координації з Бюро;

– Підрозділ управління місцем і подіями (VEM) для підтримки процесу реєстрації та розробки потенційних нових підходів для сприяння участі в інноваційній діяльності;

– Комунікаційний підрозділ (COM) для підтримки формулювання ключових повідомлень ІСАО щодо інновацій та їх стратегічного поширення, у координації з Бюро [9].

Ці ініціативи повинні слугувати основою для трирічного операційного бізнес-плану для досягнення стратегічних цілей. Однак важливо враховувати позабюджетні ресурси, отримані в результаті цільової мобілізації ресурсів і варіантів відшкодування витрат, для тих заходів, які визначені як частково профінансовані або не профінансовані, зокрема ті, які сприяють трансформаційній меті ІСАО щодо інновацій. Кожне Бюро та Офіс залишаються відповідальними за виконання своїх відповідних повноважень згідно з відповідними Резолюціями Асамблеї та відповідними рішеннями Ради. Однак створення групи координаторів ІСАО з питань інновацій надає можливість покращити внутрішню координацію та обмін знаннями для надання допомоги у впровадженні керованих Бюро діяльності [10].

Інноваційна стратегія також передбачає чітку підзвітність щодо діяльності, яка належить групі координаторів, і діяльності, яку очолюють відповідні бюро та офіси, – усі вони сприяють досягненню стратегічних цілей. Таким чином, Стратегія включає: 12-місячний динамічний план дій та безперервний обмін інформацією та надання оновлених відомостей про всю діяльність, пов'язану з інноваціями, оскільки вони стосуються бюро, узгоджені з трирічним операційним планом бізнес-плану, для надання інформації під час зустрічей координаційного центру. Такі зустрічі також є можливістю оцінити та надати поради щодо визначення пріоритетів діяльності, спрямованої на просування інновацій у Секретаріаті ІСАО.

Висновки: Таким чином, подібно до багатьох організацій, ICAO оцифровує аспекти своєї роботи, щоб полегшити доступ до документації та покращити внутрішні процеси. У застосуванні до інновацій в авіації оцифрування може допомогти отримати більш ефективний доступ до складної інформації та надати можливість взаємодіяти з авіаційною спільнотою в цілому. Крім того, цифрові активи можна вставити у віртуальний досвід, щоб продемонструвати, як їх можна інтегрувати в існуючі процеси, і допомогти зрозуміти їхні переваги

Список літератури

1. Соколова, З., Набок , І., Прокоп'єва , А., Сидоренко , К., Бойчук , Д., & Родіонов , П. (2022). АНАЛІЗ ЕФЕКТІВ УТІЛЕННЯ УГОДИ ПРО СПІЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ ПРОСТІР ІЗ ЄС ДЛЯ ГАЛУЗІ ПАСАЖИРСЬКИХ АВІАПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ В ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *6*(47), 400–423. https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.47.2022.3937.
2. Румянцев, А., Побоченко, Л., Пічкурова, З., Толпежнікова, Т., Ковбич, Т., & Ляшов, Д. (2022). УПЛИВ ГЛОБАЛЬНОЇ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ НА РОЗВИТОК РИНКУ ПРАЦІ УКРАЇНИ. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *5*(46), 334–348. https://doi.org/10.55643/fcaptp.5.46.2022.3854.
3. 2024 ICAO Innovation Fair "Digital Aviation: the Future is Now". URL: https://www.icao.int/Meetings/InnovationFair2024/Pages/default.aspx.
4. ICAO secretariat strategy on innovation. URL: https://www.icao.int/innovation/Documents/ICAO-Sec-Strategy-Innovation.pdf.
5. 2024 Innovation competition. URL: https://www.icao.int/innovation/Competition/Pages/default.aspx.
6. Офіційний сайт Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO). URL: https://www.icao.int/Pages/default.aspx.
7. Офіційний сайт Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA). URL: http://www.iata.org/index.htm.
8. Pobochenko Lesya. Current trends in the development of the global business aviation market in conditions of digitalization. Міжнародна науково-практична конференція «Fundamental shifts in geoeconomic systems of the world». 20 грудня 2022 року: тези доп. – К., 2022.– С.85–91.
9. Challenges and Opportunities for Artificial Intelligence (AI) in Aviation. URL: https://www.icao.int/Meetings/innovation-series/Pages/Challenges-and-Opportunities-for-Artificial-Intelligence-(AI)-in-Aviation.aspx.
10. Future of Aviation. URL: https://www.icao.int/innovation/Pages/Future-of-Aviation.aspx.
11. Побоченко Л.М. Цифрова трансформація світового ринку бізнес-авіації. X Авіаційний конгрес "Авіація в XXI ст. - безпека в авіації та космічні технології". Kyiv, Ukraine. Вересень 28. 2022. Kyiv. URL: https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2022/paper/viewFile/8682/7215.

UDC 332.2 : 351.777.6

A.A. Prokopieva, PhD, A.A. Myslik, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

Aviation sustainability in the context of European security

The research is dedicated to the analysis of the main principles of environmentally safe land use in aviation transport, as well as the justification of modern problems of environmental security in this field and the ways to solve them in the context of European security.

Aviation sustainability is a key concern in the context of European security, as the aviation industry is not only essential to Europe's transport infrastructure but also a significant source of greenhouse gas emissions. Minimizing the environmental impact of aviation is closely connected to energy security, climate stability, and the EU's overarching security policies. Tackling the issues associated with aviation emissions is crucial for both lowering the sector's carbon output and fostering long-term sustainability within Europe's environmental and energy frameworks.

Aviation's heavy dependence on fossil fuels plays a major role in driving up global CO2 emissions, which in turn accelerates climate change. As a result, transitioning to more sustainable and eco-friendly aviation practices is critical for achieving Europe's larger objective of decreasing reliance on finite energy resources and addressing environmental threats. To meet these goals, the European Union has implemented various measures, such as promoting sustainable fuels, advancing the development of electric and hybrid aircraft, and enhancing air traffic management systems to boost efficiency and cut emissions [1].

In summary, advancing aviation's environmental sustainability aligns with Europe's aims for greater energy independence and a stronger ability to cope with climate challenges, making it a vital part of the region's long-term security agenda.

Key Aspects of Aviation Sustainability in the Context of European Security:

1. Reduction of Greenhouse Gas Emissions

- Aviation is responsible for approximately 2-3% of global CO2 emissions, yet its overall contribution to climate change is significantly higher. This is due to additional emissions such as nitrogen oxides, water vapor, and soot, which have a pronounced effect on the upper atmosphere and exacerbate global warming.
- The European Green Deal outlines an ambitious goal to achieve net-zero greenhouse gas emissions by 2050, with the aviation sector playing a crucial role in this plan.
- Various initiatives, including the European Green Aviation Initiatives and Clean Sky, are focused on advancing innovative technologies aimed at reducing the carbon footprint of aviation. These programs promote research into energy-efficient aircraft, sustainable aviation fuels (SAF), and more eco-friendly operational practices, such as optimized flight routes and improved air traffic management systems.

In addition to cutting CO2 emissions, these initiatives also target reducing the aviation sector's impact on other atmospheric layers, acknowledging the broader role aviation plays in global environmental dynamics. Europe's effort to modernize the aviation industry reflects its commitment to meeting international climate targets,

including those set under the Paris Agreement, by fostering a transition to greener, low-emission air travel.

Reducing aviation emissions is not only essential for curbing climate change but also aligns with Europe's broader goals for energy security. By investing in cleaner technologies and sustainable energy sources, Europe aims to decrease its reliance on fossil fuels, ensuring greater energy independence and stability while simultaneously contributing to global environmental protection efforts.

2. Aviation Biofuels and Alternative Energy Sources

- Biofuels represent a key short-term solution for reducing CO2 emissions from the aviation sector. These sustainable fuels, derived from organic materials, have the potential to significantly lower carbon output compared to traditional fossil-based jet fuels. The European Commission has taken an active role in promoting the research, development, and adoption of aviation biofuels, recognizing their importance in transitioning to greener air travel.
- In the long term, electric and hybrid aircraft are being developed as a means to further reduce the industry's reliance on fossil fuels. These new technologies hold promise for minimizing environmental impact, particularly for short-haul flights where electric propulsion systems could be more feasible. Several European countries are already investing in the development and testing of electric planes, aiming to introduce them for domestic and regional flights in the coming years.

Alongside the progress in biofuels, these advancements in electric and hybrid propulsion could lead to a future where air travel is not only more energy-efficient but also drastically reduces emissions. Europe’s commitment to sustainable aviation reflects its broader ambition to lead the way in climate innovation and to ensure the aviation sector aligns with the continent’s overall environmental goals. As electric and hybrid technologies advance, they could revolutionize short-distance flights, reducing noise pollution and fuel consumption, and making aviation a cleaner, more eco-friendly mode of transport.

3. EU Regulations and Initiatives

- The EU Emissions Trading System (ETS) encompasses the aviation sector, requiring airlines to purchase allowances for their CO2 emissions. This cap-and-trade system incentivizes airlines to invest in cleaner technologies by imposing a financial cost on excessive emissions. As a result, it encourages carriers to adopt more sustainable practices, such as improving fuel efficiency, optimizing flight operations, and transitioning to alternative fuels.
- The ReFuelEU Aviation initiative is specifically designed to boost the usage of Sustainable Aviation Fuels (SAF). SAFs, made from renewable resources like biomass or waste products, have a significantly lower carbon footprint than traditional jet fuels. This initiative aims to increase the share of SAF in aviation fuel consumption, pushing the sector toward a greener future by promoting more widespread adoption of these environmentally friendly alternatives.
- Under the "Fit for 55" program, the EU has set ambitious targets to reduce CO2 emissions by 55% by 2030 compared to 1990 levels, with aviation being a critical part of this goal. The plan includes strict regulations for the aviation industry, driving progress towards carbon neutrality through the implementation of more rigorous emissions standards, increased use of sustainable fuels, and enhanced technological

innovations.

These regulatory efforts and initiatives not only aim to curb emissions but also to accelerate the transformation of the aviation industry. By fostering innovation in sustainable energy and operational practices, the EU is positioning aviation as a leader in the global shift towards climate resilience. Moreover, the introduction of stringent environmental standards ensures that the industry remains aligned with the EU's broader climate and energy goals, contributing to a more sustainable and secure future.

4. Infrastructure Modernization

- Enhancing Europe's airspace management through the Single European Sky initiative will lead to more efficient flight operations by optimizing air traffic routes and reducing the number of unnecessary flights. This streamlining of air traffic control not only helps to lower fuel consumption but also significantly cuts CO2 emissions by minimizing detours and delays.
- The implementation of more advanced air navigation systems can further reduce flight delays and eliminate unnecessary flights, leading to more direct and fuel-efficient routes. By improving coordination across Europe's airspace, the initiative aims to reduce congestion, increase airspace capacity, and enhance overall efficiency in aviation operations.

These upgrades in infrastructure will play a crucial role in reducing the aviation sector's environmental footprint. By optimizing routes and leveraging cutting-edge navigation technologies, airlines will be able to operate more sustainably, lowering both operational costs and environmental impact. Additionally, this modernization aligns with the EU's broader goals of making aviation safer, more efficient, and more environmentally friendly, thus supporting the long-term objectives of energy conservation and emissions reduction across the continent.

5. European Energy Security

- The adoption of eco-friendly fuels and advanced technologies is crucial for reducing Europe's dependence on imported energy sources, particularly traditional fossil fuels such as coal, oil, and gas. By transitioning to cleaner alternatives, Europe can mitigate its vulnerability to fluctuations in global energy markets and enhance its energy sovereignty.
- Investing in renewable energy sources for the production of synthetic aviation fuels represents a strategic move towards achieving greater energy independence for Europe. These synthetic fuels, produced from renewable resources or through innovative processes, can help reduce reliance on imported petroleum products and align with broader energy transition goals.
- By fostering the development and use of sustainable energy solutions, Europe aims to create a more resilient and self-sufficient energy system. This not only supports the continent's efforts to reduce greenhouse gas emissions but also enhances its capacity to manage energy needs effectively. Such advancements contribute to a more secure and stable energy landscape, ensuring that Europe remains competitive in the global economy while addressing the challenges of climate change.

6. Climate Security and Disaster Resilience

- Reducing greenhouse gas emissions is essential in the fight against global warming, which is a key element of Europe's climate security strategy. By curbing emissions, Europe aims to mitigate the impacts of climate change and support global efforts to

limit temperature rises.

- Aviation's environmental strategies are designed not only to cut emissions but also to adapt to the effects of climate change. This includes preparing for increased frequency of extreme weather events that can impact infrastructure and aviation operations. Such adaptation measures may involve enhancing the resilience of airport facilities, improving weather forecasting and management systems, and developing more robust operational procedures to ensure safe and efficient air travel during adverse conditions.

By integrating climate resilience into aviation planning, Europe seeks to protect its infrastructure and maintain operational continuity in the face of evolving climatic challenges. These efforts are part of a broader strategy to build a more adaptable and secure aviation system, capable of withstanding and recovering from the impacts of climate-related disruptions [2].

Conclusion

Addressing aviation sustainability within the framework of European security is a multifaceted challenge encompassing environmental, economic, and technological dimensions. Investing in innovative green technologies, alternative fuels, and upgrading infrastructure is essential for minimizing aviation's environmental impact and supporting Europe's climate and energy security goals.

Advancements in these areas are crucial not only for reducing greenhouse gas emissions and enhancing energy efficiency but also for ensuring the aviation sector's resilience against climate change and energy disruptions. By fostering the development and adoption of sustainable practices and technologies, Europe aims to align its aviation industry with broader environmental objectives and contribute to global efforts in combating climate change [3].

Overall, achieving a sustainable aviation sector involves a coordinated approach that integrates regulatory measures, technological innovation, and strategic investments. This comprehensive strategy is vital for safeguarding Europe's environmental health, enhancing its energy independence, and securing its transportation infrastructure against future climate-related challenges.

References

1. Information on the environmental impact of aviation [Електронний ресурс]: URL: https://www.caa. co.uk/Consumers/Environment/Information-on-the-environmental-impact-of-aviation/#4294984360- accordioncollapse-4
2. Information on aviation's environmental impact [Електронний ресурс]: URL: http://publicapps.caa. co.uk/docs/33/
3. Innovation Process Management in Ukraine: problems in commercialization of scientific and technical developments: Monograph / Yurii Vovk, Oleh Karyy, Ihor Kulyniak, Yosyf Petrovych, and other / Edited by Yurii Vovk, Oleh Karyy. Lviv : LLC «Rastr-7», 2018. 266 p.

УДК 656.7.052:629.735.33.016.54]:656.7.01:061.25(043.2)

З.С. Соколова, к.е.н.
(Національний авыацыйний Університет, Україна)

Організація повітряного руху як один з напрямків міжнародної співпраці в галузі авіації

Висвітлені тенденції зростання трафіку повітряного транспорту. Описано систему організації повітряного руху. Вказані особливості системи організації повітряного руху в Європі, серед яких однією з головних є дуже сильна фрагментація. Це заважає розвитку авіатранспорту. Зазначено важливість гармонізації цих систем.

Ключовим драйвером розвитку сучасної світової економіки є висока мобільність, головною опорою якої є високоякісні послуги всіх видів транспорту — повітряного, наземного, морського. Завдяки швидкості, ефективності та взаємопов'язаності вони забезпечують підтримання соціальних зв'язків, доступ до різноманітних товарів та послуг, включаючи торгівлю, робочі місця, охорону здоров'я та освіту.

Авіатранспорт через перевагу надвисокої швидкості є найактивнішим чинником зростання соціальної мобільності, а з цим і — загального добробуту.

Історія розвитку галузі є такою ж стрімкою як і сама галузь. Динамічно розвиваючись, галузь повітряного транспорту трохи більше ніж за століття пролетіла еволюційний шлях, де на кожному етапі була нова ціль: навчитися літати, літати швидше, літати на більш далекі відстані, літати на більш важких літаках. Після Другої світової війни активно зростала кількість рейсів повітряних перевезень. І сьогодні по всьому світу здійснюється щодня більше 100 тис. комерційних авіа рейсів, а щогодини — понад 400 вильотів, при тому, це дані лише запланованих комерційних перевезень [1].

В часи відносної стабільності до пандемії 2019 року ці показники були ще більшими. Зокрема, у 2017-2018 роках у світі повітряний транспорт щодня виконував близько 120 тис. рейсів, щодня перевозили близько 10-12 млн пасажирів і на 18 — 19 мілрд дол. США вантажів [2, p. 1].

Авіаційний сектор швидко розвивається і буде продовжувати зростати. Прогнозують, що протягом наступних 20 років попит на повітряний транспорт зростатиме в середньому на 4,3% на рік. Очікується, що до середини 2030-х років по всьому світу буде виконуватися не менше 200 тис. рейсів на день [2].

Сучасна глобальна система повітряного транспорту складається з близько 1,3 тис. авіакомпаній, більшість з яких зовсім невеликі. Членами Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA) є 342 авіакомпанії, які виконують понад 80% світового повітряного трафіку [3].

Загальний флот всіх авіакомпаній в світі налічує понад 31 тис. літаків. Вони здійснюють польоти з майже 4000 аеропортів через мережу повітряних сполучень у кілька мільйонів кілометрів, якою керують приблизно 170 провайдерів аеронавігаційного обслуговування [2, p. 1]. За умов некерованого

зростання трафіку, розвиток авіатранспорту може мати негативні наслідки, що може призвести до підвищення ризиків безпеки.

Через глобальний характер, повітряний транспорт найкращим найшвидшим чином забезпечує зв'язок між країнами, і що, особливо — між континентами. Очевидним є те, що для його ефективного стабільного функціонування необхідним є дотримання міжнародних стандартних правил і операційних процедур. Це передбачає процес організації повітряного руху (ОрПР, англ. Air Traffic Management — ATM) на основі певної стандартизованої системи. Формування такої системи в глобальних масштабах потребує співпраці органів країн світу, відповідальних за забезпечення функціонування авіатранспорту.

Нагадаємо, що сучасна авіація почалася з першого успішного польоту літака в 1903 році. Відтоді повітряний транспорт почали інтенсивно використовувати спочатку для перевезення пошти та вантажів, а згодом — і пасажирів. Пізніше в 1920-х роках, із зростанням пасажирських перевезень, стало необхідним забезпечити функціонування повітряного транспорту за будь-яких метеорологічних умов та уникнення можливих зіткнень між літаками та з різноманітними перешкодами. Тоді як перші інструменти ОрПР почали використовуати маяки [4] та радіопозивні. Останні вперше були виділені в 1912 році на третьому конгресі Міжнародної комісії з аеронавігації (англ. International Commission for Air Navigation — ICAN), працювала до 1945 року, є попередником Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО, англ. International Civil Aviation Organization — ICAO) [5].

У 1930-х роках ОрПР набуло сучасних ознак, [Sengur, F.K., 2022, Air Traffic Management, in Buhalis, D. (ed.), Encyclopedia of Tourism Management and Marketing Edward Elgar Publishing, Cheltenha] і з тих пір, зрозуміло, що втілювалися різні технологічні досягнення, однак в цілому інструменти ОрПР все ще потребують удосконалення, і особливо узгодження та адаптації між суб'єктами надання послуг авіа перевезень з різних країн.

Наприкінці Другої світової війни з метою вирішення проблем регулювання цивільного повітряного транспорту у 1944 році була підписана «Конвенція про міжнародну цивільну авіацію» (Чиказька конвенція). Додатки до Чиказької конвенції містять основні стандарти та рекомендовані практики (англ. Standards and Recommended Practices — SARPS) міжнародної цивільної авіації. Конкретніше, додаток 11 «Обслуговування повітряного руху» стосується будівництва повітряного простору, підрозділів і засобів, необхідних для сприяння безпечному, впорядкованому та швидкому потоку повітряного руху.

Відповідно до Чиказької конвенції у 1947 році була заснована ІКАО як спеціалізована установа ООН. ІКАО є головною організацією з розробки та впровадження міжнародних правил, що кодифікують безпеку міжнародного повітряного транспорту та підтримують його прогрес для забезпечення його безпечного та впорядкованого розвитку.

ICAO визначає ОрПР як «динамічне інтегроване управління повітряним рухом і повітряним простором, включаючи обслуговування повітряного руху, управління повітряним простором і управління потоками

повітряного руху – безпечно, економічно та ефективно – шляхом надання засобів і безперебійних послуг для виконання бортових і наземних функцій у співпраці з усіма сторонами».

ОрПР забезпечує надання послуг для виконання ефективних повітряних перевезень на кожному етапі польоту. Це дозволяє літакам безпечно переміщатися між аеропортами відправлення та призначення. Послуги включають планування, управління та виконання завдань, пов'язаних з повітряним рухом. ОрПР охоплює як повітряний простір, так і наземні операції аеропортів.

На практиці ОрПР є інтегрованою системою з трьох підсистем:

- служби повітряного руху (англ. air traffic services — ATS) — диспетчерська служба повітряного руху, консультативні служби з питань повітряного руху, послуги польотної інформації та служби оповіщення;

- управління повітряним простором (англ. airspace management — ASM) — розподіл повітряних маршрутів, зон, рівнів польоту для різних користувачів повітряного простору та структури повітряного простору і

- управління потоком повітряного руху (англ. air traffic flow management — ATFM or air traffic flow and capacity management – ATFCM — управління повітряним потоком і пропускною спроможністю) — максимально ефективне регулювання потоку повітряних суден з метою уникнення заторів у повітряному просторі та аеропортах.

Критично важливим завданням для забезпечення стабільності повітряних трафіків є міжнародна співпраця всіх учасників цього процесу з метою побудови глобальної мережі повітряного транспорту, яка формувалася б з континентальних підсистем.

Світова система управління повітряним рухом (англ. Air Traffic Contol – ATC) досі використовує компоненти, визначені при створенні ІКАО: аналогові радіосистеми для зв'язку, навігації та спостереження повітряних суден (англ. Communications, Navigation, Surveillance — CNS).

Першопочатково Чиказька конвенція 1944 року (її підписали 52 держави) вимагала, щоб кожна країна надавала аеронавігаційні послуги в межах свого авіа простору. Перші провайдери аеронавігаційного обслуговування (англ. air navigation service provider – ANSP) були монополіями, які були під державним контролем.

З 1980-х років потоки повітряного руху зростали дуже швидкими темпами. Поступово все чіткіше почало окреслюватися завдання подолати фрагментованість в ОрПР в глобальних масштабах. І щоб відповідати цим новим викликам, для ОрПР тоді з'явилися нові процедури управління рухом і нові підходи для більш оптимального використання простору [4].

ІКАО почало розробляти спеціальні системи «Майбутнє аеронавігаційної системи» (англ. Future of Air Navigation System – FANS) як операційні концепції майбутнього ОрПР, а також план зв'язку, навігації, спостереження та управління повітряним рухом (англ. CNS/ATM). Були впроваджені аеронавігаційні системи FANS-1 у 1983 році та FANS-2 у 1991 році [4].

Далі для просування систем CNS/ATM у 1996 році був втілений Глобальний аеронавігаційний план (англ. Global Air Navigation Plan – GANP). Цей глобальний план був розроблений з урахуванням операційної концепції та стратегічних цілей ІКАО на основі галузевої дорожньої карти, яка була розроблена після Одинадцятої аеронавігаційної конференції (2003 рік) [2, p. 4].

Через десять років у 2005 році було представлено Глобальну операційну концепцію організації повітряного руху (англ. Global Air Traffic Management Operational Concept – GATMOC) для реалізації взаємодіючої глобальної системи управління повітряним рухом для всіх користувачів на всіх етапах польоту [4].

На цій основі держави-члени ІКАО розробили свої програми аеронавігації: в Європі — Дослідження ОрПР в рамках Єдиного європейського неба (англ. Single European Sky ATM Research — SESAR); в США — Система повітряного транспорту наступного покоління (англ. The Next Generation Air Transportation System — NextGen); в Японії — CARATS; в Бразилії — SIRIUS, а також та інші в Канаді, Китаї, Індії. Ці країни намітили свої плани щодо відповідних модулів блочної модернізації для забезпечення глобальної сумісності своїх аеронавігаційних рішень у найближчій та довгостроковій перспективі. Ці національні програми аеронавігації відповідають основним цілям згаданого Глобального плану. [2, p. 4].

З поглибленням економічної співпраці в рамках Європейського Союзу, були докладені зусилля для гармонізації правил управління повітряним рухом та організації повітряного руху, що також стало необхідним через значні затримки авіа рухів. В результаті у 2001 році за ініціативою Європейської Комісії було створено Єдине європейське небо (англ. Single European Sky — SES) над Європою.

Передбачалося, що розподіл повітряного простору і його керування будуть єдиними для більшості країн Європи. Головний орган, через який держави-члени здійснюють ОрПР в ЄС є міжурядова організація Євроконтроль — Європейська організація з безпеки аеронавігації.

Через територіальну близкість це також важливо і для України. Наша держава є членом Євроконтролю з 1 травня 2004 року.

Однак, не дивлячись на створення Єдиного європейського неба, ОрПР в ЄС дуже фрагментована. Кожна держава-член має своїх провайдерів аеронавігаційного обслуговування, які керують вежами та центрами аеропортів за різними моделями власності. На 10,8 млн км² в Європі 37 європейських провайдерів керують 60 диспетчерськими центрами. З числа цих провайдерів 5 (по одному в Німеччині, Франції, Іспанії, Італії та Великій Британії) є найбільшими, на них припадає 60% загальних витрат на надання послуг від воріт до воріт в Європі та 54% європейського трафіку. На інші 32 провайдери (менші за об'ємами роботи) припадає решта 40 % витрат на трафік від воріт до воріт (вежі аеропортів та служби підходу). Така фрагментація призводить до затримок і коштує 4 млрд євро на рік [6].

Системи управління та організації повітряного руху в Європі розрізнені, переважають місцеві провайдери аеронавігаційних послуг, які мають монополію на надання таких послуг [2, p. 3].

Для подолання проблем у реалізації Єдиного європейського неба в ЄС була запущена програма Дослідження ОрПР в рамках Єдиного європейського неба (SESAR). Метою цієї програми є покращення продуктивності системи ОрПР шляхом її модернізації та гармонізації для збільшення спроможності мережі ОрПР справлятися з постійно зростаючою кількістю польотів, одночасно покращуючи економічні показники та показники безпеки.

Будучи двома найбільш значущими програмами авіаційної модернізації у світі, NextGen і SESAR мають спільний інтерес до гармонізації як засобу забезпечення оперативної сумісності.

В Європі та США розмір повітряного простору є приблизно схожим, відповідно 11,5 та 10,4 млн км², кількість аеропортів — 450 та 509. Також приблизно схожий рівень обслуговування ОрПР. Однак, система ОрПР США здатна керувати на 67% більшою кількістю рейсів (15,9 млн — в США та 9,5 млн – в Європі) з меншою кількістю авіадиспетчерів (14,6 тис. - США та 16,7 тис. в Європі) і на 38% менше персоналу (35,2 тис. у США проти 57 тис. у Європі). Основною причиною такої різниці є фрагментація європейської системи ОрПР, оскільки в Європі 37 провайдерів аеронавігації, а в США - лише 1, маршрутні центри в Європі – 63, а в США — 20 у США [2, p. 5].

У глобальному масштабі кожна з цих програм розвитку – SESAR і NextGen – зосереджена на проблемах свого регіону. SESAR зосереджена на технологічному розвитку, який дозволить побудувати спільну структуру для всього ЄС з цілісної точки зору і усунення фрагментації, яка притаманн європейській авіації. На відміну від ЄС, США, де діє лише один унікальний провайдер аеронавігаційних послуг, і які не настільки роздроблені, програма розвитку зосереджена на покращенні продуктивності за допомогою нових технологій, що дозволяє зменшити затримки у повітряному просторі країни та аеропортах, а також збільшити їхню пропускну здатність [2, p. 5].

У 2011 році США та ЄС підписали Меморандум про співпрацю у сфері досліджень і розробок (НДДКР) цивільної авіації, в який згодом були внесені зміни, щоб охопити повний життєвий цикл програм SESAR і NextGen. NextGen і SESAR разом досягли значного прогресу в кількох важливих сферах, зокрема, в таких питаннях як наскрізна діяльність; управління інформацією; управління траєкторією; зв'язок, навігація та спостереження (CNS) і бортова сумісність; а також проекти співпраці [7].

Висновки

ОрПр має еволюційну концепцію. Нові розробки, збільшення трафіку та нові технології вимагають змін в глобальній системі.

Завдяки технічному прогресу, управління ризиками та прийняття рішень здійснюються за допомогою програмного забезпечення. Цифрова революція дозволяє реалізувати ще такі нові впровадження як віддалена вежа та віртуальна вежа для керування збільшеною пропускною здатністю в небі.

Крім того, сучасні системні розробки врівноважують інтереси повітряного простору та злітно-посадкових смуг, з одного боку, та

перевантаження пропускної спроможності мережі руліжних доріжок та терміналів – з іншого.

Зрозуміло, що системи ОрПР в світі не обов'язково повинні бути ідентичними, але повинні мати узгоджені вимоги до стандартів обладнання та технічної сумісності. Тому необхідно досягати якомога більшої гармонізації в управлінні авіа потоками, що дозволить забезпечити безперебійну роботу польотів та мінімізувати витрати та визначити синергію шляхом обміну результатами та зусиллями.

Список літератури

1. ICAO. Future of Aviation. [Electronic resource]. Access mode: https://www.icao.int/Meetings/FutureOfAviation/Pages/default.aspx
2. Andrzej MAJKA, Pawel WACNIK Cooperation in aviation beyond Europe's Borders. 8th European Conference For Aeronautics And Space Sciences (Eucass), p. 1-12. DOI: 10.13009/EUCASS2019-852
3. IATA. Airline list. [Electronic resource]. Access mode: https://www.iata.org/en/about/members/airline-list/
4. Sengur, F.K., 2022, Air Traffic Management, in Buhalis, D. (ed.), Encyclopedia of Tourism Management and Marketing Edward Elgar Publishing, Cheltenha
5. GOLDEN YEARS OF AVIATION. [Electronic resource]. Access mode: http://www.airhistory.org.uk/gy/reg_index.html
6. Single European Sky. [Electronic resource]. Access mode: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/single-european-sky_en
7. NextGen – SESAR. State of Harmonisation. 2015. [Electronic resource]. Access mode: https://sesarju.eu/sites/default/files/documents/news/2016.5919_State_of_Harmonisation_finalweb.pdf

УДК 338.2:620.9

Н.О. Татаренко, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Виклики глобального енергетичного переходу і завдання авіації у їхньому контексті

Проаналізовано виклики енергетичного переходу та їх вплив на авіацію, зокрема впровадження екологічно чистого палива (SAF). Висвітлюються проблеми, пов'язані з війною в Україні, економічною турбулентністю та високими витратами на SAF, які сповільнюють декарбонізацію, але залишають авіацію ключовим напрямом змін.

На нинішньому етапі світова економіка знаходиться у зоні турбулентності, для якої характерні тенденції часткової економічної деглобалізації, пов'язані з підвищеною волатильністю, загостренням торгових війн, боротьбою за ринки, ресурси і логістичні шляхи. Війна в Україні також додає проблем світовій економіці, боляче б'ючи по конкурентоспроможності країн і виробників та примушуючи її до реструктуризації і переформатування усталених економічних зв'язків.

Прогнозування майбутнього розвитку глобального економічного простору, яке вже відзначалось новими тенденціями і пов'язувалось інноваційними зрушеннями, такими, зокрема, як діджиталізація світової економіки, глобальний енергетичний перехід, вирішення глобальної екологічної проблеми ставиться під сумнів викликами, що стоять на шляху подальшого розвитку міжнародної економічної взаємодії на цих напрямах і загрожує деглобалізацією. Зокрема, особлива напруга відчувається в досягнені глобальних цілей енергетичного переходу – процес дещо сповільнився через загострення конкурентного протистояння держав, які через високу вартість енергії, отримуваної з відновлюваних джерел, починають втрачати конкурентоспроможність, та через війну в Україні, яка призвела до втрати низкою розвинених країн традиційних джерел.

Звичайно, з цих причин процес енергопереходу та реалізація екологічного порядку денного може сповільнитись, але з часом набиратиме прискорення з міркувань нового контексту глобальної і національної соціально-економічної, а згодом і економічної ефективності. Водночас, слід зазначити, що всі стримуючі фактори можуть швидко перетворюватись на стимули, адже втрати конкурентоспроможності і ефективності певною мірою спонукають ці країни до пошуку і розвитку суверенного ринку енергоресурсів і є рушієм розвитку зеленої енергетики.

За даними RMI [1], що працює над масштабними трансформаційними змінами в глобальній енергетичній системі над проблемою скорочення викидів парникових газів (ПГ) щонайменше на 50% до 2030 року, у 2023 році встановлена потужність електростанцій, які використовують відновлювані джерела енергії, зросла на 8%, як і у попередньому році (в основному за рахунок сонячної енергетики), і за прогнозами в 2024 році продовжить зростати або зафіксується на цьому ж рівні. Це зростання буде забезпечено за рахунок Китаю,

Євросоюзу та Латинської Америки. Природний газ після падіння споживання на 0,8% у 2022 році відновив позиції в світовій економіці лише на половину цього обсягу, а споживання нафти знизилось з 1,9 млн бар/день у 2022 році до 1,7 млн бар/день у 2023 і продовжує знижуватись. Натомість, зростає споживання екологічно-чистого палива. При цьому спостерігалось лише в Індії та Китаї незначне зростання (з відомих причин – перерозподілу потоків дешевих викопних ресурсів на їхню користь) і незначно знижувалось його використання в ЄС, США та деяких інших розвинених країнах світу, які на короткий час зосередились на відновленні потенціалу конкурентоспроможності, але при цьому стрімко зростало число споживачів у низці галузей, які раніше перейшли на його використання. Зокрема, в галузі цивільної авіації обсяги його використання зростають, і не лише завдяки глобальній економічній політиці – вимоги дотримання умов глобального порядку денного в авіаційні сфері, але й як такій, що найбільше прив'язана до процесів глобалізації, що об'єктивно зумовлене.

Хоча стандарти викидів вуглецевого газу в різних країнах мають розбіжності, проте перехід на екологічно-чисте авіаційне паливо (SAF) є технологічним процесом, який стоїть на заваді швидкої заміни використовуваного палива – застосування авіаційною індустрією все більшого обсягу екологічного авіаційного палива зумовлено як потенціалом SAF щодо скорочення приблизно на три чверті викидів вуглецю, пов'язаних з польотами, так і сумісність SAF з літаками, які зараз використовуються.

Водночас, використання SAF поступово доводить не лише його соціально-економічну (екологічну) ефективність, а й наближає до нових маркерів економічної ефективності, і відкриває нові можливості для розвитку не лише цивільної авіації – це суттєво сприяє вирішенню глобальної екологічної проблеми. Так, у 2023 році вперше комерційний рейс Boeing 787 компанії Virgin Atlantic з аеропорту Хітроу до аеропорту Кеннеді на 100% було здійснено на безпечному авіаційному паливі; Gulfstream G600 пролетів із Штату Джорджія, до Лондона, ставши першим приватним літаком, який здійснив трансатлантичний переліт на SAF. Кожен політ скорочував типові викиди вуглецю приблизно на 70–80%. Це також стало прикладом для промисловості, де проблема декарбонізації є ще гострішою: вона є джерелом близько 2% (800 мегатонн) глобальних викидів парникових газів (ПГ)[2]. Проте в контексті розвитку мережі авіасполучень, річні викиди від авіації перевищують обсяги промислових викидів більшості країн, включаючи Канаду, Німеччину та Південну Корею. Тому декарбонізація авіаційної сфери є надважливим завданням.

Незважаючи на переваги, які переконливо демонструють пробні польоти, інвестиції у SAF, який сьогодні заміщує менше 1% світового авіаційного палива для щоденних 100 000 рейсів, зростають незначними темпами.[2] Мова йде про економічну ефективність. Тим часом, як витратна частина на заміну палива зростає незначною мірою, а привабливість SAF полягає в його сумісності з нинішніми літаками (адже SAF може бути додатковим паливом і авіакомпанії можуть використовувати його як суміш зі звичайним реактивним паливом), падає загальна інвестиційна привабливість

галузі. Цей аспект має вирішальне значення – і Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA), і Міжнародна організація цивільної авіації ООН (ICAO), а також виробники літаків визначають SAF як головний інструмент для досягнення цілі щодо нульового чистого прибутку, що не спонукає інвесторів до вкладення капіталів, хоча й передбачає певні компенсації за скорочення викидів вуглецю за Схемою компенсації для міжнародної авіації (CORSIA). Використання літаків з акумуляторними або водневими двигунами, що також сприятиме скороченню викидів, навряд чи досягне комерційних масштабів, але вимагатиме значних додаткових витрат – наприклад, заміни літаків, розвитку спеціальної інфраструктури, тощо. Для інвесторів це великі і сталі масштаби, що гарантуватимуть зростання доходів приблизно до 2050 року. Проте серед інструментів, які галузь має у своєму розпорядженні в 2024 році, SAF, має найбільший потенційний вплив на скорочення залишкових викидів вуглекислого газу і є поки що єдиним реальним шляхом досягнення цілі, але теж негативно впливає на економічну ефективність через більш високу ціну на SAF.

Деякі авіакомпанії просуваються далі, ніж інші, у пошуку та забезпеченні SAF. На даний момент близько двох третин (61%) авіакомпаній вже змішують SAF зі звичайним реактивним паливом для невеликої частини рейсів.[3] Але лише 41% перевізників задекларували ціль використовувати певний відсоток SAF до 2030 року (регулятори зобов'язали до 2023 року збільшити його виробництво для забезпечення визначених потреб).

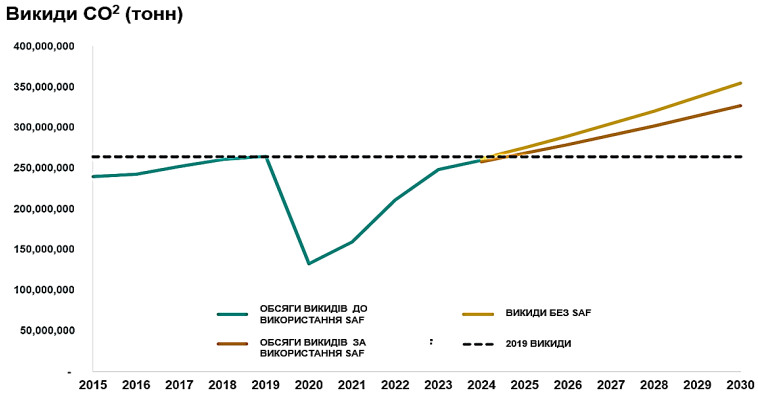


Рис. 1. Зростання викидів CO_2 , спричинених цивільною авіацією
Джерело: Available on IATA Economics page. [3]

Найбільші перевізники встановили цілі SAF і net-zero, але, наприклад, дві авіакомпанії – Lufthansa і Turkish Airlines, приховують детальну інформацію про використання SAF, проте вимагають збільшення його обсягів, щоб відповідати світовим вимогам декарбонізації. Недорогі авіакомпанії використання SAF узгоджують зі своїми бізнес-моделями – бюджетні

авіакомпанії, такі як Frontier Airlines і Gol Linhas Aéreas Inteligentes, працюють завдяки мінімізації операційних витрат, пропонуючи конкурентні тарифи. Вимоги CORSIA та висока вартість SAF порівняно зі звичайним паливом можуть створити значні проблеми для бюджетних перевізників. Southwest, EasyJet, Cebu Air, JetBlue і Jet2 виділяються серед своїх аналогів у встановленні цілей використання SAF до 2030 року, що приведе до скорочення викидів лише на 10%.

Для розширення масштабів використання SAF 2030 рік стане переломним, оскільки призведе до набагато більшого скорочення викидів (*рис.1*)[3]. Згідно аналізу MSCI ESG Research [4] за умови використання авіакомпаніями SAF в максимізованих обсягах, викиди вуглецю, які складають у 2024 році від 70% до 80% від загального сліду викидів авіакомпаній, зменшилися б у 2030 році більше ніж на 8%, але всерівно б зростали. Тим часом, незалежно від використання SAF авіакомпанії у 2024 році викидають більше, ніж будь-коли раніше, що пов'язано із запланованими темпами зростання пасажиропотоків.

Звичайно, більшість авіакомпаній, які беруть участь у CORSIA з 2019 року дотримуватимуться вимог мандату щодо скорочення викидів CO_2 , який визначає норму: не більше 85% викидів CO_2. 11] Зниження викидів, пов'язаних з використанням SAF авіакомпаніями зменшить фінансовий тягар, який CORSIA покладає на авіакомпанії з 2024 року. Але, зважаючи на негативні тренди зростання викидів (*рис.2*), можна зробити висновки, що авіаційний бізнес (як і всі інші види бізнесу, які засновані на принципі ефективності), не може самотужки справитись із завданням впровадження чистого палива через відсутність ефективних внутрішніх економічних стимулів.

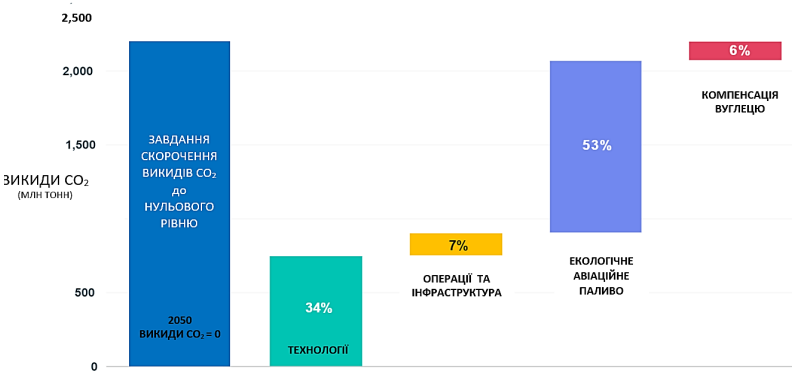


Рис.2 Завдання досягнення нульових вуглецевих викидів в атмосферу в авіаційній галузі до 2050 року – мікст низьковуглецевих технологій
Джерело: MSCI ESG Research [4]

Завдання скорочення до нульового рівню викидів вуглекислого газу в 2050 році в авіаційній сфері *(рис.2)* тісно пов'язане з пошуком нових

некарбонізованих джерел, зокрема електронного і кисневого пального. За підрахунками IATA [5] у 2050 році промисловості знадобиться понад 400 мільйонів метричних тонн SAF, щоб досягти мети декарбонізації. Враховуючи природні межі щодо постачання сировини для SAF, фізичні можливості ринку та обмеження об'єктивного економічного характеру (кон'юнктури ринку інвестицій, витратності, прибутковості, рентабельності), бізнес не може забезпечити ні дослідження, ні обсяги потреб самостійно. Звичайно, короткострокова підтримка масштабування цих шляхів буде критично важливою для економічно ефективного розгортання SAF. Слід зважати, що така, спорадична (ситуаційна) підтримка є критично важливою, але не покриває потреб фінансування пошуку додаткових або альтернативних SAF шляхів досягнення цілей декарбонізації авіаційної галузі, не дозволяє навіть розширити масштаби його виробництва. Постачання SAF, виготовленого з біологічного походження жирів, обмежено наявністю вихідної сировини, що в свою чергу обмежує поставку палива з низьким вмістом вуглецю. А розробка кисневих і електронних технологій забезпечення енергією авіаційної галузі не дешева настільки, що є непідйомною навіть для розвинених країн.

Пошук і дослідження нових декарбонізованих джерел енергії для авіаційної галузі (і не тільки), зокрема таких як кисневе і електронне паливо взагалі вимагає великих фінансових вливань для доопрацювання існуючих технологій, серед яких джерела відновлюваної енергії виявились недостатньо ефективними, а у деяких випадках навіть екологічно-шкідливими. Тому, щоб досягти «чистого нуля» до 2050 року поки що авіаційна галузь йде шляхом доступних рішень, зосередившись на формуванні достатнього, адекватного потребам виробництва і постачання SAF. Проте на часі робота над новими технологіями.

Висновки

Амбітна глобальна ціль, щодо декарбонізації, скорочення авіаційною галуззю викидів у атмосферу має кілька рівнів її досягнення: глобальний, на якому ставиться завдання досягнення соціально-економічної ефективності заходів і надається спорадична, збалансовуюча підтримка з боку глобального співтовариства; національний, на якому держава бере на себе частину фінансових зобов'язань, враховуючи як соціально-економічний, так і економічний ефект від впроваджуваних інновацій; бізнесовий, якому переважно і належить флот цивільної авіації і який несе на собі основний тягар витрат, ризикуючи знизити економічну ефективність в умовах конкуренції і наростаючої монополізації в галузі. Координація взаємодії всіх рівнів і відповідальність, як правило, покладається на державу. Але зважаючи на глобальний характер функціонування авіаційної галузі і глобальні наслідки та проблеми, пов'язані з нею, необхідні спільні рішення глобального співтовариства – спільний пошук шляхів зменшення викидів в атмосферу, спільне інвестування (як бізнес-суб'єктами, так і глобальними та державними інституціями).

Останнім часом посилюється тренд досягнення поставлених і спільно узгоджених цілей декарбонізації авіаційної галузі. Проте, існуючий потенціал

заміни палива для літаків цивільної авіації на безпечне некарбонізоване пальне SAF наштовхується на проблеми природного і економічного характеру: обмежені можливості виробництва сировини і низьку інвестиційну активність.

Вирішення цих проблем лежить у двох площинах – необхідності пошуку безпечного електронного палива (що потребує значних інвестицій в інновації, в тім числі на фундаментальні розробки) і створення умов для підвищення ефективності бізнесу, який впроваджує SAF (мова йде про субсидування і дотування витрат, як суто економічного, так інфраструктурного характеру)

Досягнення цілі Net-Zero Aviation, розраховане на 2050 рік об'єктивно пов'язано з перехідною стадією – розширенням масштабів використання SAF: продовження розгортання SAF, а паралельно підтримка розвитку технологій і комерціалізації електронного палива та інших альтернатив є завданням не лише для бізнесу, а для глобального співтовариства. глобалізація має продемонструвати свою ефективність у цій царині, інакше процеси деглобалізації, тенденції до яких вже намітились, можуть активізуватись.

Список літератури

1. RMI (Rocky Mountain Institute, USA, Boulder) –https://rmi.org/
2. IEA (International Energy Agency). "Tracking Clean Energy Progress 2023." IEA, 2023, License: CC BY 4.0 – https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023
3. ICAO. "Report on the Feasibility of a Long-Term Aspirational Goal (LTAG) for International Civil Aviation CO2 Emission Reductions." International Civil Aviation Organization, March 2022. – https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG
4. IATA (International Air Transport Association), 2019. "Sustainable aviation fuel output increases, but volumes still low." All Rights Reserved. Available on IATA Economics page.
5. MSCI ESG Research. According to MSCI ESG Research data and via company disclosures, as of November 2023. – https://www.msci-institute. Com
6. IATA (International Air Transport Association). Factsheet. "Net zero carbon 2050 resolution." IATA, June 2023.
7. MSCI ESG Research. Generating lift for low- carbon aviation. https://www.msci-institute.com/insights/generating-lift-for-low-carbon-aviation/
8. WEF and McKinsey, Clean Skies for Tomorrow: Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation, INSIGHT REPORT, November 2020.
9. Susan van Dyk & Jack Saddler, "Sustainable aviation fuel/biojet technologies: commercialization status, opportunities and challenges." IEA Bioenergy Task 39, The University of British Columbia (UBC), July 13, 2021.

УДК 656.7.072:001.12/18(477)(045)

Л.М. Ткачук, к.геор н, доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Специфіка інтеграції українських авіакомпаній в європейський ринок авіаперевезень в умовах війни

Розглянуто умови, сучасний стан і специфіку функціонування вітчизняних авіа перевізників під час війни. Розкрито сутність ветліз-контрактів як актуальної форми інтеграцій українських компаній в європейський ринок авіаперевезень. Наведено кейси успішних проєктів.

Українська цивільна авіація нині переживає найглибшу кризу своєї історії. Повітряний простір України був закритий 24 лютого 2022 р. Таким чином, авіасполучення у межах країни і регулярні рейси до/з українських аеропортів були скасовані. Наразі більшість авіаційних та військових експертів погоджуються, що перспективи відновлення авіасполучення в Україні є ефемерними, зокрема через неспроможність забезпечити безпеку польотів.

Досвід здійснення регулярних авіаперевезень у зонах конфліктів за наявності постійних чи періодичних загроз авіа руху є. Однак, розглядаючи успішні кейси, слід враховувати, що інтенсивність, тривалість, площа театру військових дій в України та рівень озброєнь, що використовує противник, наразі безпрецедентні.

Ізраїль, як і Україна, відноситься до регіонів, визначених ІКАО як зони з високим ризиком повітряного руху, але авіасполучення в країні не переривається. Зокрема, біля двох тисяч рейсів щотижня обслуговуються аеропортом Тель-Авіва. Це результат спільної дії одразу декількох факторів. Найвагоміший з них це унікальна глибоко ешелонована система протиповітряної оборони, що захищає країну та її повітряний простір від ракет різного типу: «Хец» – від балістичних ракет, "Залізний купол" – від крилатих ракет ближнього радіуса дії, «Праща Давіда» – від ракет середнього радіуса завдяки здатності уражати цілі на відстані 300 км. Ізраїль також має найсучасніші винищувачі, включно зі стелс-реактивними літаками F-35I, які також використовуються для збиття безпілотників і крилатих ракет. Щоб захистити повітряний простір в Україні, площа якої в 30 раз більша за площу Ізраїлю, таких або аналогічних систем потрібно сотні. Вартість їх придбання, експлуатації та обслуговування зробить галузь повітряних перевезень збитковою. Одночасно літаки деяких ізраїльських авіакомпаній, зокрема державної El Al, додатково оснащені тепловими пастками, як військові повітряні судна, і здатні автоматично відстрілюватися в разі виявлення загрози влучання ракети.

Авіаперевізники не мають права здійснювати польоти без страхування відповідальності. А там де існують загрози безпечному авіаруху йдеться не лише про страхування пасажирів, екіпажу, вантажу але й військових ризиків. Нерідко авіаперевезення в країнах, де літати небезпечно, здійснюють державні авіакомпанії власними (не орендованими) літаками, а страхування – місцеві

страхові компанії. Очевидно, що такі бізнес рішення є ситуаційними і адаптивними, і клонування їх на інших ринках може бути просто неможливо.

Також сумнівною видається ідея з експлуатацію окремих спеціально захищених міжнародними домовленостями (за аналогією із зерновими угодами) безпечних авіа коридорів. По-перше, цей варіант релевантний лише для аеропортів, розташованих у безпосередній близькості до кордону, щоб літаки змогли одразу після зльоту потрапити в повітряний простір Європейського Союзу і вже там безпечно здійснювати польоти. У нас це лише "Міжнародний аеропорт Львів" ім. Д. Галицького та "Міжнародний аеропорт Ужгород", потужності летовища останнього не дозволяють приймати більшість сучасних повітряних суден. По-друге, потрібні гарантії безпеки від ЗСУ і згода, зокрема Польщі та Словаччини додатково ризикувати безпекою власного повітряного простору. Адже системи протиповітряної оборони можуть неправильно ідентифікувати цивільні борти і помилково на них націлюватися. Дуже вірогідними на таких рейсах будуть провокації з боку ворога і теракти.

Отже, важливо розуміти, що можливість відновлення авіасполучення залежить від рішень міжнародних партнерів, незалежних регуляторів, страхових компаній. Тому навіть припинення військових дій і визнання Україною безпеки власного повітряного простору не означатимуть відновлення авіасполучення.

Практично єдиним варіантом, що передбачає продовження експлуатації українськими авіакомпаніями свого флоту та дозволяє зберегти персонал, доки небо України залишається закритим, є wet lease. Wet lease, мокрий лізинг, також відомий як лізинг ACMI (Aircraft Crew Maintenance and Insurance) передбачає оренду літака разом з екіпажем, обслуговуванням і страхуванням. Така практика є достатньо поширеною в сфері нерегулярних перевезень, коли потрібно закрити додатковий попит на популярних сезонних напрямках, здійснити евакуаційні чи гуманітарні рейси, або і на регулярних рейсах, коли є потреба замінити літак, що зламався, чи поставити більш місткий борт. Попит на такі послуги в Європі суттєво зріс. Після двох років простою під час пандемії коронавірусу, коли компанії скорочували персонал і обмежували польоти, влітку 2022-го року подорожі знову стали актуальними. Це стало нішею для наших авіаперевізників. Саме завдяки wet lease три великі українські авіакомпанії – SkyUp, Windrose і колишня Azur Air Ukraine (тепер Skyline Express) змогли продовжити операційну діяльність закордоном.

На початку 2022 р. страхові компанії почали відмовляти українським авіаперевізникам, оцінюючи ризики потенційного вторгнення як вірогідні. Більшість літаків вітчизняним компаніям не належать, а перебувають у лізингу. Без страхування та через ризики лізингодавці почали масово відкликати літаки. Тож українські компанії почали втрачати можливості ще до війни, зокрема український лоукост Bees Airline, який тільки навесні 2021-го почав роботу, залишився без флоту ще на початку лютого 2022 р. До початку повномасштабного вторгнення SkyUp встигла перевезти в Європу 10 з 11 своїх літаків. В той же час у інших українських авіакомпаній більшість літаків залишилися заблокованими в українських аеропортах, у МАУ – 21 з 25, у Windrose – усі 11 літаків.

Найуспішнішою українською авіакомпанію у період війни є SkyUp. Показово, що за цей час не було звільнено жодного працівника. Вже у 2022 р. SkyUp активно продовжував літати та заробляти, тільки тепер в Європі. Їм вдалося укласти ветлізингові контракти з дев'ятьма авіакомпаніями (Wizz Air, TailWind, Air Moldova, Smart Wings, Corendon Dutch Airlines, FlyEgypt, Freebird Airlines, Air Albania). Загалом же у 2022 р. авіакомпанія здійснила 7 713 рейсів, перевезла понад 1,08 млн. пасажирів у 204 аеропорти світу за 627 маршрутами і навіть залучила новий борт Boeing 737-800. 2023 р. теж став успішним: було здійснено 10 528 рейсів, що на 36% більше, ніж у 2022 р, перевезено 1,5 млн. пасажирів, що на чверть більше, ніж у 2022 р. Структура виконаних у 2023 р. рейсів лишилася практично такою ж як і у 2022 р.: у 80–90% випадках це ACMI-перевезення і ще в 10–20% залежно від сезону – чартерні рейси на замовлення туроператорів. У травні 2023 р. SkyUp запустила дочірню компанію на Мальті. SkyUp Airlines розпочала регулярні рейси між європейськими країнами, а також у 2024 р. отримала дозволи на рейси до Канади та США. Зокрема уже під власним кодом SkyUp Airlines забезпечувала рейси між Тель-Авівом і Кишиневом. Цей маршрут популярний серед паломників-хасидів, які подорожують до Умані.

Що ж до МАУ, то у 2022-му довоєнний лідер ринку зосередився на чартерних рейсах для європейських туркомпаній, забезпечував перельоти для спортивних команд країн Європи та України. Однак комерційного успіху не досяг, на тлі чого загострився давній внутрішній конфлікт між акціонерами МАУ. Це заблокувало роботу компанії, а доступні борти через підконтрольні Ігорю Коломойському лізингові компанії були передані Windrose.

Windrose відновила операційну діяльність у 2023 р., на літаках з флоту МАУ (Embraer 190, Boeing 737-800,Boeing 737-900ER) виконувалися рейси за ветлізінговими угодами з Air Montenegro, Nouvelair та FlyEgypt.

Отже варто констатувати, що вітчизняні авіакомпанії продовжують літати попри закритий повітряний простір над Україною; ветліз-контракти стали тієї нішею, що забезпечує їх основні прибутки, а також дозволяють поглиблювати інтеграцію у європейський і глобальний ринки авіаперевезень.

Список літератури

1. Негода Т. (2023). Відновлення аероруху, або коли Україна знову злетить. Укрінформ. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-vidbudova/3650935-vidnovlenna-aeroruhu-abo-koli-ukraina-znovu-zletit.html.

2. Працюємо і підтримуємо одне одного: як пройшов рік для SkyUp в умовах війни. SkyUp Airlines (2023). URL: https://skyup.aero/uk/news/pracyuemo-i-pidtrimuemo-odne-odnogo-yak-proyshov-rik-dlya-skyup-vumovah-viyni_453.

3. «Стереотип ЄС: якщо ти з України, то маєш коштувати дешевше». CEO SkyUp Дмитро Сєроухов про роботу під час війни, власну європейську авіакомпанію та плани щодо США (2024). URL: https://forbes.ua/company/stereotip-es-yakshcho-ti-z-ukraini-to-maesh-koshtuvati-deshevshe-seo-skyup-dmitro-seroukhov-pro-robotu-pid-chas-viyni-vlasnu-evropeysku-aviakompaniyu-i-plani-shchodo-ssha-10032023-12189

UDC 339.9

V.A. Khomanets, Ph.D. in Economics
(Extraordinary and Plenipotentiary Ambassador of Ukraine
to the Tunisian Republic and to the State of Libya with concurrent accreditation)

Potential for the development of cooperation in the aviation sphere between Ukraine and African countries

The development of aviation cooperation between Ukraine and African countries can contribute to the strengthening of economic and diplomatic ties, which will enable both sides to profitably use their strengths for the development of the aviation industry and the economy. Therefore, it would be appropriate to prioritize the promotion of Ukraine's foreign economic interests on the African continent, in particular with regard to the activation of bilateral cooperation in the aviation sphere, among the key tasks of Ukrainian economic diplomacy with such countries of the Global South.

Today, Africa is growth, youth and energy. Despite the difficult political, security and socio-economic situation in many subregions of the continent, Africa today is attracting more and more attention from the industrialized countries of the world, primarily the EU (and some of its member states, primarily France, Great Britain, Italy, Germany), the USA, Japan, China and Russia, which are taking measures aimed at strengthening their own positions on it. This region is considered by them, first, as an alternative source of supply of energy resources in the conditions of growing demand for energy carriers, instability in the Middle East and the discovery of new hydrocarbon deposits. Africa is also an important and promising market for the export of goods, services and technologies.

There has been a fierce struggle for dominance on the continent for a long time, using the entire arsenal of political, military, economic and informational tools between the world's most powerful forces. Western countries conduct an active offensive policy and apply systematic practices in the direction of expanding their presence in Africa. They also actively use multilateral cooperation mechanisms with African countries, creating relevant international bodies and structures for this purpose.

In economic terms, the active offensive policy of developed countries in the region, revitalization of the activities of international financial institutions (the World Bank, the International Monetary Fund, the European Bank for Reconstruction and Development, the African Development Bank, the Development Bank of the Sahel and the Sahara) and regional associations in the short-term and in the medium term, it can become a catalyst for the development programs of a number of states in the region, the inflow of foreign investments and, in general, contribute to the improvement of the economic and social situation on the continent.

For Ukraine, the importance of the African continent is determined, first, by its large natural resources and significant opportunities for mutually beneficial trade and economic cooperation. In the strategic political dimension, the intensification of cooperation with the countries of the African continent can bring significant political dividends to Ukraine. Considering the significant representation in international and

regional organizations (more than a quarter of the votes in the UN General Assembly), African states today have a tangible influence on the world stage. In the conditions of Russia's war against Ukraine, the support of African states to Ukraine in the international arena is of particular importance. In the strategic economic dimension for Ukraine, the mentioned region is important as a huge market for the export of Ukrainian products and services, as well as an important source of supply of raw materials, where giant deposits of minerals, including energy carriers, are located.

The development of cooperation in the aviation sector, which has significant potential due to a number of strategic, economic and technological advantages of both sides, also belongs to the promising economic directions of Ukraine's cooperation with African countries. The main such perspectives can be identified in the following areas:

Training of aviation specialists. Ukraine has a high level of training of aviation personnel. African countries may be interested in cooperation with Ukraine in the field of pilot training for civil and military aviation, training of engineers and technicians for maintenance of aviation equipment, organization of trainings and courses on aviation safety and air traffic control.

Development of airport infrastructure. Africa is actively developing its airport infrastructure due to the increase in the number of passengers and cargo traffic. Ukraine has experience in the design, modernization and construction of airports, which can be useful for African countries, in particular, these are joint projects on the modernization of existing airports and the construction of new ones, as well as the implementation of navigation and security systems for airports and aviation hubs.

Investments and creation of joint ventures. Ukrainian aircraft construction enterprises can invest in the creation of joint ventures or production bases in African countries. This will help reduce logistics costs and adapt products to local needs, create new jobs and promote the transfer of technologies to the local level.

Export of Ukrainian aircraft. Ukraine is one of the leaders in the production of medium-sized transport aircraft, thanks in particular to the products of Antonov State Enterprise. An-series aircraft such as the An-178 and An-132 can be attractive to African countries due to their ability to perform a variety of tasks, namely: cargo transport - the aircraft can be used to transport humanitarian cargo, commercial goods and equipment in complex infrastructure environments; medical evacuations and search and rescue operations - especially in regions with a low level of transport infrastructure development; military transport - African countries may be interested in military versions of aircraft for logistics operations.

Modernization and maintenance. Ukraine has extensive experience in maintenance and modernization of aircraft in service in various countries. This opens prospects for the modernization of Soviet-made aircraft, which are still in use in many African countries, as well as for the maintenance of aircraft at Ukrainian enterprises or the creation of technical bases in Africa to support local aircraft fleets.

Cooperation in the aerospace industry. Ukrainian aerospace enterprises, in particular "Pivdenmash" and KB "Pivdenne", have significant potential for cooperation in the development of space technologies, including the launch of satellites and the development of aerospace infrastructure. African countries seeking

to develop their space programs (for example, South Africa, Nigeria, Egypt) may be interested in partnering with Ukraine.

Increase in air-travel connections. Increasing the number of flights between Ukraine and African countries, especially in the context of tourism and business, can significantly strengthen bilateral relations. This may include the opening of direct flights between major cities and the development of cargo air transport, which will contribute to the growth of trade between regions.

International aviation projects. Ukraine can join international projects aimed at the development of aviation infrastructure in Africa, such as projects under the auspices of the UN or the African Union, which will contribute to more active involvement in economic and political processes on the continent.

The development of aviation cooperation between Ukraine and African countries can contribute to the strengthening of economic and diplomatic ties, which will enable both sides to profitably use their strengths for the development of the aviation industry and the economy. Therefore, it would be appropriate to prioritize the promotion of Ukraine's foreign economic interests on the African continent, in particular with regard to the activation of bilateral cooperation in the aviation sphere, among the key tasks of Ukrainian economic diplomacy with such countries of the Global South.

At the same time, it should be noted that Ukrainian economic diplomacy on the African continent must face a number of serious challenges: political instability and conflict potential, underdevelopment of local infrastructure, highly competitive environment, limited financial resources, insufficient state institutional support, perception and recognition of Ukraine in Africa, cultural and linguistic differences, barriers to trade, etc.

To effectively overcome the above-mentioned key challenges, Ukraine needs to continue the comprehensive approach of conducting offensive economic diplomacy on the African continent, conducting actually aggressive marketing, including growing diplomatic activity, purposeful targeted investments in human capital, support for the industrialization of African economies, and promotion of the creation of new workers places and reducing migration risks in this way.

Ukraine should pave its way to Africa, which will correspond to our national interests, borrowing the positive experience of the leading countries of the world and, if possible, cooperating with them. So far, the available economic opportunities and financial resources do not allow Ukraine to act in Africa in the way that the leading countries of the world do, but this does not mean that we should not set ourselves ambitious tasks and try to implement them.

UDC 339.9

A.O. Shakhovets, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

Global digital transformation: new challenges and opportunities for the development of the military-industrial complex

The report analyzes the impact of global digital transformation on the development of the military-industrial potential of countries around the world. It explores how new technologies, such as artificial intelligence, cybersecurity, and automation, are changing the structure of the defense industry, increasing the efficiency of military operations, and creating new security challenges.

Development of military-industrial potential

In the context of global digital transformation, changes in national defense strategies have become an integral part of national security. The rapid development of digital technologies, including artificial intelligence (AI), automation, big data, and cybersecurity, opens up new opportunities for the development of the military-industrial potential of states. This is leading to revolutionary changes in the areas of armaments, force management, and operational planning. However, digital transformation also brings with it new challenges related to cyber threats, technological dependence, and the ethics of using the latest technologies for military purposes.

Two opposing views on the development of the military-industrial potential (MIC) and increased investment are most common: 1) Increased spending on the military-industrial complex diverts resources from solving basic socio-economic problems and indirectly contributes to the development of international conflicts due to the high profitability of arms sales on the world market; 2) Increased investment in the defense industry stimulates the development of knowledge-intensive industries, creates additional jobs and expands export opportunities. This has a positive impact on the economy and is reflected in changes in macroeconomic indicators such as GDP, employment, real incomes, and the structure of industrial production.

Further development of the military-industrial complex can provide the country with significant exports, provided that high productivity and product quality are achieved, given the high demand in the global market. As a result, the military-industrial complex is turning into a specialized sector of the national economy, financed mainly from the state budget. This creates a very attractive and profitable business. This is evidenced by the recent increase in spending on the development of the military-industrial complex around the world, as well as the fact that various information platforms, such as YouTube, actively promote various types of weapons and systems, as well as general-purpose products. The current development of the military-industrial complex within national borders is mainly determined by the foreign policy situation. The foreign policy situation is based on different economic interests, economic and security groups of each country [1, p. 3].

Military-Industrial Potential: Traditional Approaches and New Challenges

The military-industrial potential of a country is traditionally determined by its ability to produce military equipment, weapons and other means of national defense: In the 20th century, this potential was based on industrial technology, heavy industry, and mass production of weapons. However, with the advent of new digital technologies, the structure of the defense industry has changed significantly.

Today, digital transformation is facilitating the emergence of new types of weapons, such as autonomous weapons systems, unmanned aerial vehicles (UAVs), and cyber weapons. Artificial intelligence makes it possible to create automated systems for managing military operations, increasing the effectiveness of intelligence and reducing dependence on the human factor. Big data allows analyzing large amounts of information for more accurate planning and forecasting of war scenarios. All this is changing the traditional approach to military resource management and warfare.

For the industry to continue to grow, it must constantly adapt to changing challenges. This continuous adaptation is only possible through continuous innovation. Through innovation, the sector can further improve the efficiency of the entire value chain, the flexibility of its production systems to meet rapidly changing consumer needs, and remain a global benchmark for quality. Much of the innovation will involve the use of increasingly sophisticated digital technologies. More and more sensors, big data, and artificial intelligence (AI) technologies are being continuously introduced into industry to automate and network industrial processes, and the use of such advanced technologies will continue to grow [2, p. 10].

Key areas of digital transformation in the military-industrial sector

1. Artificial intelligence and automation

Artificial intelligence (AI) is already being actively used in military systems: Autonomous drones and robotic combat platforms equipped with artificial intelligence allow for the performance of combat missions without human intervention. This significantly increases operational efficiency and reduces risks for military personnel. In addition, AI is used to analyze intelligence data, model combat scenarios, and make decisions based on predicted outcomes.

As a priority for the further development of the defense industry in post-war Ukraine, the experience of other countries has proven that the application of the latest technologies, including the use of artificial intelligence (AI) and big data, will ensure a fast, efficient and flexible response to the needs of society in the post-war military security and defense of the country. Today, artificial intelligence is one of the fastest growing technological sectors in society and has great potential in many areas, including national security, defense, military medicine, military logistics, intelligence and counterintelligence, and air reconnaissance.

The importance of using artificial intelligence to ensure national security is confirmed by the results of a study conducted by the NATO Science and Technology Organization, which identified the most important technological developments for the next 20 years. According to the study, the key technologies are: big data, artificial intelligence, autonomous vehicles, space, hypersonic aircraft, quantum technologies, biotechnology, and new materials [3].

The importance of using AI for national security is confirmed by the results of a study conducted by the NATO Science and Technology Organization, which

identified the most important technologies for technological development in the next 20 years. According to this study, the key technologies are: big data, artificial intelligence, autonomous vehicles, space, hypersonic aircraft, quantum technologies, biotechnology, and new materials [4].

Automation is also transforming production processes in the military-industrial complex. Robotization and automation of production lines can significantly reduce the time and cost of producing weapons and ammunition. Countries that are actively implementing automation are gaining a competitive advantage in the global arms market.

2. Cyber security and cyber weapons

Cybersecurity has become a key area of defense industry development in the context of digital transformation. Cyber threats pose a new type of challenge to national security, as national and military infrastructures can be vulnerable to cyber attacks that disable critical systems.

States are investing significant resources in building cyber defenses, developing tools to counter cyber threats, and creating national cyber teams to defend against attacks. In addition to defensive cybersecurity, countries are also developing cyberweapons - tools to attack enemy information systems. Such technologies can be used to paralyze military command and control systems, reduce the effectiveness of combat operations, and neutralize enemy critical infrastructure.

3. Autonomous combat systems and drones

Unmanned aerial vehicles (UAVs) and other autonomous weapon systems are becoming increasingly popular; UAVs are used for reconnaissance, surveillance and combat operations without direct human intervention. These systems allow operations in harsh environments, minimize military risks and increase operational flexibility.

A number of countries, including the United States, China, Israel, and Russia, are actively implementing plans to develop unmanned and autonomous combat systems with an emphasis on artificial intelligence technologies. This will create new types of weapons capable of acting independently, analyzing conditions on the battlefield and making decisions without human intervention.

4. Big data and analytics

Big data allows for detailed analysis of information from various sources, including satellite imagery, intelligence, and communications. This makes it possible to predict potential threats, analyze enemy behavior, and effectively plan military operations.

Ukraine has made digital transformation a priority policy, which includes the launch of the ProZorro system, the e-Health electronic healthcare system, the Dia.Digital Education online education platform, and 4G mobile communications (including the creation of conditions for Internet access in areas with poor signal coverage), among other achievements. Another important milestone was providing citizens with access to public documents of government agencies through personal electronic accounts with electronic digital signatures, which reduced the time and priority of document processing and reduced corruption risks. Today, thanks to the automation of the process, only about 5% of interactions with the state require direct contact between citizens and officials [5, p. 66].

In the context of Russia's all-out war against Ukraine, the focus of digital transformation has somewhat intensified in terms of improving cybersecurity, creating conditions for uninterrupted access to healthcare and education, and ensuring the functioning of the country's infrastructure. Even in this difficult context, new services and projects are being created: for example, an "electronic enemy," an "electronic home," registration of damaged property, and possible social assistance to internally displaced persons and the unemployed [6].

Big data analytics is becoming a key element in the management of modern military operations. Armed forces around the world are using these technologies to improve the effectiveness of battlefield management, logistics planning, and tactical decision-making.

Challenges of digital transformation in the military-industrial sector

While digital technologies open up new opportunities to enhance military capabilities, they also pose a number of challenges:

1. technological dependence. Dependence on digital technologies can make countries vulnerable to cyberattacks and technological failures. For example, malfunctions of artificial intelligence systems and cyberattacks can have serious consequences for military operations.

2. ethics of using modern technologies. The use of autonomous combat systems and cyber weapons raises serious ethical issues. The lack of clear international regulation of the use of such technologies can lead to their misuse and violations of international humanitarian law.

3. cyber vulnerability. The growing role of digital technologies in military operations makes states vulnerable to cyberattacks. Strategically important facilities and military systems can be compromised, requiring significant investment in cybersecurity.

Conclusion.

Global digital transformation is transforming the military-industrial potential of countries around the world. New technologies, such as artificial intelligence, cyber weapons, autonomous weapons systems, and big data, are creating new opportunities for warfare and strengthening national security. At the same time, digital transformation brings with it a number of challenges, such as cyber vulnerability, ethical issues, and technological dependence. Countries that effectively adapt to the new environment will gain significant advantages in strengthening their defense capabilities and protecting themselves from modern threats.

References

1. Kim T.I. Military-industrial complex in the modern world economy: prerequisites, factors, trends of development. Economy and society. Issue 39. 2022. 11 c.

2. Digital transformation of industrial management: theory and practice: monograph edited by Doctor of Philosophy, Professor V. Voronkova, Doctor of Economics, Professor N. Metelenko. Lviv. Torun: Liha-Pres, 2023. 816 c.

3. Patsuriya N.B. Implementation of artificial intelligence technologies in ensuring national security and defense capabilities of Ukraine: problems and prospects of the post-war period. URL: https://coordynata.com.ua/vprovadzenna-

tehnologij-stucnogo-intelektu-u-zabezpecenna-nacionalnoi-bezpeki-ta-oboronozdatnosti-ukraini-problemi-ta-perspektivi-povoennogo-periodu.
(accessed September 19, 24)

4. Directions of development of artificial intelligence technologies in ensuring the country's defense capability. BUSINESSINFORM NO. 3, 2022. C. 17-26.

5. Influence of the state of digitalization processes in Ukraine on the development of human capital. Scientific journal "Modeling the development of the economic systems". C. 65-73.

6. Digital development of the regions of Ukraine: trends of the pre-war period and prospects for post-war recovery. Problems and prospects of economy and management. № 4 (32). 2022. C. 209-213.

УДК 327.8

Г.В. Христокін
д.філос.,н., проф.,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Російсько-українська війна в контексті конфлікту наративів країн Заходу та Глобального Півдня

В статті зафіксовано конфлікт наративів на міжнародному рівні, який відбувається за лаштунками російської агресії. Між собою стикаються геополітичні наративи, що представляють інтереси Заходу, росії та країн Глобального Півдня, що впливають на прийняття політичних рішень та визначають рівень підтримки України.

Суттєвим фактором сучасних суспільно-політичних процесів є зростання конфліктності політичних наративів країн Заходу та Глобального Півдня, які набувають все більшого значення в часи глобальних трансформацій. Особливої ваги аналіз конфліктності наративів набуває під час повномасштабної російської агресії, коли засобами пропаганди медіа росії впливають на міжнародну спільноту і виправдовують війну проти України. Російські наративи завуальовані, вони не завжди напряму закликають до війни, а навпаки говорять про альтернативи для сучасного світу. Росія використовує маргінальні наративи країн, що розвиваються для подолання впливу Заходу. Цим самим, вона зацікавлена в посиленні протистояння між Західним світом та країнами Глобального Півдня, намагаючись використати цей конфлікт для переформатування світу та посилення коаліції антизахідних країн. Україна опиняється в епіцентрі цього протистояння і не завжди може чітко представити свою позицію. Росія видає Україну як маріонетку Заходу і намагається знизити можливість підтримки України в країнах Африки, Латинської Америки та Азії. В той же час, підтримка цих країн є важливою для України і держава має працювати в цьому напрямі. Саме тому актуальною темою дослідження є дослідження геополітичних наративів, що представляють міжнародну позицію країн, роль яких в цій війні має значення. Вивчення впливу та конфлікту стратегічних наративів країн Заходу та Глобального Півдня, їх ролі в умовах російсько-української війни та пошук механізмів нейтралізації їх впливу є надзвичайно актуальним і своєчасним завданням.

Війна проти України має не лише локальний, але й глобальний вимір, який пояснюється геополітичними метанаративами різних акторів цього конфлікту. В українській картині світу, центром конфлікту та агресії є Україна, яка намагається отримати незалежність від імперських зазіхань росії, що мріє отримати світове панування і знищити глобальне лідерство Заходу. Як пише С. Дацюк: «установки дискурсу нинішньої російської влади — це установка на імперію та реванш за минулі поразки, на ворожість до Заходу та України як його «агента», на геополітичне домінування на євразійському просторі і тим самим на світовий вплив через силове протистояння зі світом, на «російський світ» як той, хто володіє винятковістю і тому зарозуміло підноситься над рештою світу,

на фундаменталістське православ'я в його нібито моральній перевазі над іншими християнськими конфесіями та іншими релігіями» [3]. В цій картині світу Західний світ є центром глобальної цивілізації, послабити яку намагаються росія, Китай, Іран, північна Корея та їхні сателіти, які очолюють боротьбу авторитарних країн з країнами ліберальної демократії.

Наразі поширеним є *наратив багатополярного світу*, який просувають країни Глобального Півдня, включаючи росію та Китай. Один з експертів, що підтримує ці перетворення, Г. Дізен пише, що завершується «п'ятсот років гегемонії Заходу», зростає «прагнення світової більшості до світового порядку, заснованого на багатополярності та суверенній рівності» [6]. Автор зазначає, що війна в Україні є «симптомом розвалу світового ліберального порядку. Війна розпалила проксі-війну між Заходом і Росією». Він вважає, що ця війна лише прискорить перехід до євразійського світового порядку, який відкидає гегемонію та ліберальний універсалізм». Зовсім несподівано він тлумачить позицію авторитарних країн: «Універсалізм, заснований на західних цінностях, замінюється цивілізаційною самобутністю, суверенна нерівність замінюється суверенною рівністю, соціалізація нижчих замінюється переговорами, а заснований на правилах міжнародний порядок відкидається на користь міжнародного права. Вестфальський світопорядок знову утверджується, хоча й з євразійськими ознаками». «Перемога Заходу над Росією відновить однополярний світовий порядок, а перемога Росії закріпить багатополярний» [6].

Подібні наративи виходять з не очевидних і цілком ілюзорних позицій, що ніби то подолання «гегемонії Заходу» і створення багатополярного світу має призвести до кращого і тривалого миру. Ми переконані, що це не так. Багатополярний світ, як його бачить Г. Дізен, це світ без спільних правил, в якому кожен сильний гравець буде мати можливість робити вигідне для нього, де будуть панувати прагматичні відносини і домовленості сильних країн. Це світ в якому слабкі не будуть мати ніяких гарантій на власний розвиток і безпеку. І приклад України та багатьох інших невпливових країн світу це доводить. За цією логікою, наприклад малі пострадянські країни східної Європи мали б слухати погрози росії і не прагнути до ЄС і НАТО. Але ж це позбавляє Молдову, Україну, Грузію права на вибір власного розвитку. З чим ми можемо погодитися так це з тим, що в Україні відбувається конфлікт світових гравців за новий геополітичний порядок світу, і Україна стала місцем зіткнення між ними. Ми переконані, що Україна зараз бореться не лише за власну територію і незалежність, але за місце в цьому новому світовому порядку.

Ми не повинні забувати про пануючий серед країн Глобального Півдня гранд-наратив бачення Заходу, як історичного «колонізатора та експлуататора». Чимало незахідних країн переконані, як зазначав Ю. Павленко, що основною «контраверзою глобалізації є протиріччя (що посилюється) між групою найбільш розвинутих країн Заходу й рештою людства, яке зазнає експлуатації (головно через нееквівалентний обмін) з боку світових лідерів і все більше, у своїй масі, відстає від них» [4, с. 36]. Гранд-наратив країн Глобального Півдня стверджує, що країни Заходу використовуючи свою економічну і військово-технічну перевагу, «змогли організувати навколо себе (і у своїх власних

інтересах) інше людство, мобілізувати природні і людські ресурси планети в інтересах власного прискореного розвитку, зростання своєї могутності і комфортності життя» [4, с. 37]. Особливо це помітно, коли мова йде про прибутки, вони набули характеру «капіталу транснаціональних кампаній, що базуються в силу відомих причин у країнах Заходу, насамперед у США. Останні й отримують від його функціонування надприбутки, тоді як більшість інших держав опинилася в залежності від неконтрольованих ніякими міжнародними організаціями потоків цього капіталу, і догоджають корпораціям за рахунок інтересів власних народів» [4, с. 37]. Це привело до кардинальних суперечностей між країнами Заходу й Глобального Півдня та прагненні самих сильних з них (Китаю, росії, Індії, Бразилії) до проведення самостійної економічної та політичної лінії. Ю. Павленко зазначає, що для звільнення від такої залежності, країни, що розвиваються акцентують на «глибоких культурних протиріччях - як між західними формами масової культури і традиційними цінностями не західних народів, так і в межах самої соціокультурної системи Заходу» [4, с. 40]. Тому, країни Глобального Півдня наголошують на культурному конфлікті із Заходом, особливо його спрощеними, вестернізованими моделями. «На противагу різноманіттю ідейно-ціннісних засад традиційних цивілізацій, що вступили між собою в продуктивний діалог, всесвітня вестернізація, точніше – квазівестернізація (оскільки не західні народи як такі, споживаючи комерційні культурні сурогати, зовсім не долучаються до фундаментальних основ високої культури Заходу) веде до культурно-цивілізаційного нівелювання людства», що лише поглиблює існуючі протиріччя та конфлікти [4, с. 41].

Як бачимо, цей гранд-наратив, поширений в країнах Глобального Півдня, свідчить про достатньо помітні протиріччя між західними та незахідними моделями пояснення причин нерівномірного розвитку. Цю ситуацію лише підтвердили нещодавні дослідження експертів команди «Детектора медіа» та LetsData, які виявили, що «у медіа Глобального Півдня часто спостерігаємо дискусії про російське вторгнення, які парадоксально майже не торкаються України. Натомість у центрі уваги часто перебувають західний колоніалізм, торговельні війни, санкції, глобалізація та інші широкі геополітичні дискусії. Москва лише адаптує ці «розмиті» теми під цілі своєї пропаганди й додає до них кліше, що в Україні відбувається не російська агресія, а протистояння Росії та НАТО. Це загрожує тим, що знижує значущість України у власному захисті та нівелює її роль як суб'єкта геополітики й міжнародних відносин» [2]. І саме ці фактори визначають позицію більшості країн Глобального Півдня, які не поспішають допомагати Україні по причині, як вони вважають, прямої участі США та країн ЄС в підтримці України. Росія вміло маніпулює пануючими наративами країн Глобального Півдня (згадаємо хоча б політику росії в Африці), підлаштовуючи під них власну пропаганду і позиціонуючи себе як борців за нову модель світового порядку. Насправді, позиція росія спрямована на посилення впливу на ці країни з метою здобуття контролю над їхньою зовнішньою політикою та ресурсами.

Розглянемо варіант *прозахідного наративу*, який почав формуватися вже після початку повномасштабної війни. Він займає помірно-реалістичну позицію

в дискусії про багатополярний світ. Автори зазначають, що «всупереч очікуванням Кремля, війна консолідувала Захід, а не послабила його» [5, с. 12]. Хоча Захід став більш консолідованим, але він «не обов'язково є більш впливовим у світовій політиці» [5, с. 12]. Парадокс полягає в тому, що єдність Заходу «збігається з появою пост-західного світу» [5, с. 12]. Тобто, консолідація Заходу настала в момент, коли утворилася група країн, які «не будуть робити так, як він бажає». Важливо, що автори провели соцопитування через рік після початку широкомасштабної агресії і виявили, що «багато людей на Заході бачать майбутній міжнародний порядок як повернення біполярності часів холодної війни», коли всі країни мали так чи інакше тягнутися до полюсів Заходу і Сходу, з тією різницею, що тепер світ має поділитися «між демократією та авторитаризмом» [5, с. 12].

На думку авторів дослідження, на відміну від часів холодної війни, сьогодні головні торгові партнери не є, як правило, партнерами у сфері безпеки. Навіть коли нові держави погоджуються із Заходом, «вони часто підтримують добрі відносини з Росією і Китаєм», зберігаючи нейтралітет [5, с. 13]. На думку авторів, «Заходу варто було б розглядати Індію, Туреччину, Бразилію та інші подібні держави як нових суверенних суб'єктів світової історії», а не як об'єкти, яких «можна перетягнути на правильний бік історії» [5, с. 13]. Важливо, що ці країни «не представляють якийсь новий третій блок чи полюс у міжнародній політиці. Вони не поділяють між собою спільної ідеології, вони часто мають розбіжні або конкуруючі інтереси» [5, с. 13]. Вони знають, що не мають такого глобального впливу, як США чи Китай, але вони, безумовно, «не задовольняються тим, щоб підлаштовуватися під примхи і плани наддержав». Ми можемо погодитися з подібною позицією, що перемога України матиме вирішальне значення для формування наступного європейського порядку, але «навряд чи вдасться відновити глобальний ліберальний порядок на чолі з США». Замість цього, «Заходу доведеться жити, як один з полюсів багатополярного світу», з авторитарними країнами, такими як Китай і Росія, а також з незалежними великими державами, такими як Індія і Туреччина [5, с. 13].

Проведений, далеко не повний аналіз, демонструє, що «ЗМІ країн, які займають протилежні позиції щодо сторін війни, транслюють наративи, часто протилежні за змістом і риторикою. Та створюють певну "власну реальність" для цільових аудиторій країн, сторони яких представляють» [1]. Як бачимо причини війни в Україні мають досить різні інтерпретації в міжнародному середовищі. Те, що українцям справедливо видається боротьбою проти російської агресії за своє історичне право на існування, те в антиглобалістських наративах подається як оборону росії проти «наступу Заходу». Проведені дослідження аналітиків команди «Детектора медіа» та LetsData виявили, що в медіа країн Глобального Півдня «подекуди медійний образ України цілком спотворений: Україна нібито є не самостійним суб'єктом геополітики, а пішаком на шаховій дошці для великих світових гравців; війна — протистоянням США та Росії, а не російською агресією проти України» [2]. І ці наративи, достатньо поширені серед країн Африки, Азії та Латинської Америки.

На нашу думку, українцям варто дивитися на війну враховуючи позиції та інтереси різних міжнародних учасників та розуміючи складні процеси, хід яких від України не залежить. Такий міжнародний аналіз важливий для кращого розуміння причин «нейтральності» країн Глобального Півдня та «зволікання з допомогою» країнами партнерами. Нам важливо усвідомити, що російсько-українська війна прискорила формування багатополярної моделі світу, і боротьба України є фактично боротьбою за власне місце в новій геополітичній реальності. Ми переконані, що війна в Україні кардинально вплине на подальший розклад сил в світі, який, нажаль, може не відповідати нашим національним інтересам. Але це також означає, що ми маємо продовжувати спротив агресії росії, бо своїми зусиллями ми впливаємо не лише на своє, але й на майбутнє світу. Від результатів протистояння з росією буде залежати яким стане багатополярний світ і за якими правилами він буде існувати.

Список літератури:

1. Бабіч О., Колодка Ю. Особливості наративів війни в Україні, поширюваних в інформаційному просторі країн-учасників і провідних держав світу. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*, № 78. 2023. С. 98–106.
2. Війна і битва наративів: Як російська пропаганда діє в медійному просторі Глобального Півдня. URL: https://bit.ly/4aWWrmc (дата звернення 10.04.24)
3. Дацюк С.А. Семантична війна проти путінської Росії. URL: https://hvylya.net/uk/analytics/61460-semanticheskaya-voyna-protiv-putinskoy-rossii (дата звернення: 16.04.2024).
4. Павленко Ю.В. Глобальні протиріччя та цивілізаційна природа України. *Людство на межі тисячоліть: діалог цивілізацій. Матеріали науково-практ. конф*. 23. 05. 2003. К. : Нац. акад. упр. К., 2003С. 31-41.
5. Ash T.G., Krastev I., Leonard M. United West, divided from the rest: Global public opinion one year into Russia's war on Ukraine. URL: https://ecfr.eu/publication/united-west-divided-from-the-rest-global-public-opinion-one-year-into-russias-war-on-ukraine/ (дата звернення: 16.04.2024).
6. Diesen G.O. The Ukraine War & the Eurasian World. SCB Distributors, 2024. 322 c. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-19-1468-3_8 (дата звернення: 16.04.2024).

УДК 316.22-316.77

Ю.О. Седляр, д.політ.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Соціальні медіа як інструмент глобальної політики

У дослідженні розглядаються особливості застосування соціальних медіа як інструменту сучасних світових процесів, простежено умови їх застосування у міжнародних конфліктах і війнах на прикладі країн Близького Сходу. У роботі з'ясовуються як переваги використання соціальних комунікацій для просування демократії і врегулювання конфліктів, так і обґрунтовуються загрози, що створюються соціальними медіа для сучасної системи міжнародної безпеки..

У сучасних умовах розвитку цифрового суспільства на базі технологій Web 3.0 і Web 4.0 соціальні медіа стали невід'ємною складовою політичних процесів. Соціальні комунікації, які працюють на інтерактивній платформі, стають системоформуючим чинником сучасної глобальної політики і технологією урегулювання міжнародних конфліктів.

Набуттю соціальними медіа статусу інструменту управління глобальними політичними процесами посприяли особливості сучасного цифрового суспільства, що одними із перших були охарактеризовані колишньою генеральною директоркою Hewlett Packard К.Фіоріни. Вона, зокрема, вказала на три суттєві ознаки цифровізації суспільства:

- всі види контенту трансформуються з фізичних, аналогових і статичних у цифрові, мобільні, віртуальні, зрештою – персональні (контент стає контрольованим споживачем інформації);
- здійснюється перехід від складних технологій до простих і керованих, спрощується комунікація, у тому числі міжнародна і міжкультурна;
- відбувається перехід від вертикальної, ієрархічної організації комунікації до горизонтальної, мережевої структури і гетерогенної світової спільноти [1].

Зі свого боку, Д.Белл і У.Ростоу вважають, що цифровізація і соціальні медіа суттєво змінюють сучасні політичні процеси, При цьому особливу значущість соціальні медіа набувають в конфліктах, а також в умовах ведення сучасних війн третього покоління [7, P. 17].

Справа у тім, що у сьогоденних реаліях, в умовах формування принципів інформаційно-психологічної війни третього покоління, по ходу реалізації військових операцій завдання здатні трансформуватися, однак загальна ціль може залишатися без змін. Це надає таким військовим діям асиметричності, гнучкості, непередбачуваності. Фінал кожного етапу військових операцій досягає за певних обставин точки біфуркації, коли виробляється та ухвалюється певне управлінське рішення, яке відповідає конкретній ситуації та міжнародним обставинам.

За сучасних міжнародних реалій поширюється і практика ведення гібридних (proxy) війн. Як правило, під гібридною війною розуміють метод ведення воєнних дій, коли одна сторона прагне досягнути переваги або

перемоги над іншою за допомогою прихованих операцій, диверсій, кібератак тощо. У будь якому випадку, якщо мова йде про розгортання міжнародного конфлікту, або про сучасні війни, то соціальні комунікації стають їх інтегральною основою на підготовчому етапі або на перших стадіях формування театру воєнних дій. Це пов'язане із тим, що інформаційно-психологічні операції на початкових стадіях конфліктів визначаються високим ступенем прихованості істинних намірів противника і складністю ідентифікації кінцевої мети.

Переваги застосування соціальних медіа у глобальній політиці і у сучасних міжнародних конфліктах обумовлюються тим, що соціальні комунікації роблять споживача інформації водночас і створювачем контенту (consumer generated media), феномен який ґрунтовно охарактеризований фахівцем у сфері медіа-комунікацій П.Блекшоу [1].

На регіональному рівні вперше високу ефективність соціальні медіа проявили у подіях арабської весни. Невипадково західні експерти охарактеризували політичні процеси в країнах Близького Сходу і Північної Африки як «твітерну революцію». Адже соціальні комунікації стали платформою синхронізації антиурядових виступів опозиції за демократичні і соціально-економічні перетворення [6].

Важливо наголосити, що саме широке використання соціальних медіа арабським населенням визначило масштабне їх застосування як інструменту просування демократичний цінностей в країнах ісламського ареалу. Наприклад, на початок арабської весни у 2011 р. більшість популярних інтернет-ресурсів були перекладені арабською мовою, а серед активних користувачів інтернету англійською мовою володіла вся освічена молодь держав Близького Сходу і Північної Африки. Специфіка розвитку медіа простору у країнах регіону у 1990-х і 2000-х рр. полягала у тому, що із розповсюдженням інтернет-ресурсів авторитарні режими і монархії застосовували додаткові контрольні заходи і вживали цензуру, аби убезпечити владні інститути від критики опозиції [2, 4]. Тому у Близькосхідному регіоні і державах Північної Африки інтернет-ресурси завжди поступалися традиційним ЗМІ, які, у свою чергу, суттєво залежали від фінансової підтримки з боку держави. Така ситуація у регіоні склалася через низький рівень освіти громадян, невеликі прибутки медіа-компаній від продажу реклами, належність більшості ЗМІ державним структурам. Типовим прикладом створення ЗМІ в країнах ісламського регіону може вважатися канал Аль-Джазіра, який утворився у 1996 р. за наказом еміру Катара Хамада бен Халіфа Аль Тані [1].

При цьому необхідно відзначити, що у державах, які дали поштовх політичним подіям арабської весни, цензура у соціальних медіа була найменш жорсткою. Так, Туніс під час управління Бен Алі передував у регіоні по ступеню доступності населення до інтернет-ресурсів. В Єгипті, у порівнянні з іншими арабськими країнами, контроль за соціальними платформами мав скоріше рекомендаційний характер. Але у період антиурядових демонстрацій у 2010-2011 рр., соціальні медійні ресурси, які мобілізували населення, було заблоковано державними органами влади. Наприклад, було заблоковано ресурси Twitter і Facebook [3-5]. Однак М. Лінч, автор терміну «арабська весна»,

оцінюючи роль соціальних медіа в антиурядових протестах, відзначив саме Єгипет, зазначивши, що «Мубарак дав привід для незадоволення населення, Facebook повідомив про строки, Туніс надихнув, а єгипетський народ зробив все інше» [3].

Разом із тим, варто вказати на загрози і виклики, що створюють соціальні медіа для сучасного міжнародного політичного процесу. Серед них необхідно вказати створення фейкових новин, пропагандистських наративів, стають потужним інструментом сучасних мережевих війн, які є інтегративною складовою сучасних proxy війн. До того ж, соціальні медіа останнім часом дедалі частіше стають платформою для рекрутування нових членів терористичних структур і мобілізації їх ресурсів, що підриває основи не лише національної безпеки держав, але й підвалини внутрішнього режиму сучасної міжнародної системи у цілому.

Висновки

Тож із цифровізацією суспільства соціальні медіа активно проникають у царину політичних процесів і глобальної політики, суттєво зростає роль соціальних комунікацій як технології урегулювання міжнародними конфліктами. Демократичні перетворення, процеси глобалізації, інтеграції і посилення взаємозалежності, що призвели до ерозії Вестфальської політичної структури світу, зробили великий крок до ствердження універсальних цінностей на міжнародному рівні, формуючи проактивну особистість, націлену змінювати світ, брати активну участь в ухвалі стратегічних рішень.

Список літератури

1. Fiorina C. 18th Annual Government Technology Conference. URL: http://www.hp.com/hpinfo/execteam/speeches/fiorina/gtc04.html
2. Hafez K. The Role of Media in the Arab World's Transformation Process.Europe and the Middle East, Bd. 2. Gütersloh: Verl. Bertelsmann-Stiftung 2008, pp. 321-339
3. Lamer W. Twitter and Tyrants: New Media and its Effects on Sovereignty in the Middle East. Arab Media&Society. URL: http://www.arabmediasociety.com/?article=798
4. Middle East Internet Usage & Population Statistics.2000-2015. URL: http://www.internetworldstats.com/stats5.htm
5. The internet in Arab countries. URL: http://www.albab.com/media/internet.htm
6. Twitter Revolution: How the Arab Spring Was Helped By Social Media. URL: http://mic.com/articles/10642/twitter-revolution-how-the-arab-spring-was-helped-by-social-media
7. Van Dijk J. The Network Society: Aspects of New Media. SAGE Publications, 2006. 301 p.

УДК 338.48 : 665.7

О.В. Колотуха
доктор геогр. наук, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Міжнародні авіаційні туристські перевезення: економічні та логістичні трансформації

Розглянуто та проаналізовано економічні та логістичні трансформації міжнародних авіаційних туристських перевезень. Ці трансформації розглянуто через взаємний вплив авіації та туризму, який є багатоаспектним, та фактори, що найбільше впливають на перебіг процесів взаємодії. Проаналізовано показники розвитку туризму і авіації після 2019 р. через показник прямого валового внутрішнього продукту туризму.

Сучасна індустрія міжнародного туризму – одна з галузей світового господарства, що найбільш швидко прогресує, та, небезпідставно, розглядається і як самостійний вид економічної діяльності, і як міжгалузевий комплекс. І, як наслідок, на початок 2020 р. міжнародний туризм за обсягами доходу справедливо посів перше місце серед провідних галузей світової економіки.

Транспортний партнер туризму – авіаційна галузь – швидко та динамічно розвивається і з кожним роком займає все міцніші позиції в світовій транспортній системі. Високі темпи росту популярності авіації обумовлюються постійним розширенням географії авіаподорожей та стійкою тенденцією скорочення термінів поїздок на користь їх частоти. Збільшується частка короткострокових турів на далекі відстані, що пов’язано з розвитком таких видів туризму, як шоп-тури і бізнес-тури, конгресний, паломницький, спортивно-подієвий туризм, де визначальним фактором є швидкість прибуття. При цьому лідерство авіаперевезень туристів відносно інших видів транспорту є беззаперечним. При середній завантаженості літаків (більше 80%), яка значно вища, ніж у інших видах транспорту, щодня здійснюється понад 120 тис. авіарейсів, завдяки чому перевозиться 12 млн. пасажирів. Близько 1300 авіакомпаній із загальним парком більш ніж 30 тис. літаків обслуговуються майже у 4 тис. аеропортів світу.

Міжнародний туризм та авіаційний транспорт взаємозалежні та глибоко інтегровані між собою. Цей взаємний вплив авіації та туризму є багатоаспектним і включає наступні фактори:

- *технічний прогрес на авіаційному транспорті* (зростання комфортності польотів, збільшення їх дальності, зменшення вартості послуг, доступність їх пересічному туристу тощо);
- *лібералізація сфери міжнародних зв’язків* (спрощення туристських формальностей, безвізовий режим, висока транспортна доступність тощо);

- *дерегуляція ринку авіаційних перевезень* (допуск на національні авіаринки авіакомпаній з третіх країн, лоукостів, поява приватних авіаперевізників, більш широка пропозиція послуг тощо);
- *підвищення вимог до надійності й безпеки авіаційних перевезень* (посилення реакції на дестабілізаційні чинники – епідеміологічна ситуація, терористичні загрози тощо). Епідемія COVID-19, події 11 вересня у США, збиття над Україною малазійського Боїнгу, інші терористичні акти значно посилили вимоги до міжнародних авіаційних перевезень.

Так, військова агресія росії проти України 2022 р. становила негативні ризики для міжнародного туризму. Це підвищило витрати на авіаподорожі, збільшило невизначеність і призвело до перебоїв у подорожах у Східній Європі. Фахівці оцінили можливі втрати від конфлікту у 14 млрд. дол. для економіки туризму. Напрямки, які найбільше постраждали (крім росії та України), це Молдова з падінням з 24 лютого кількості рейсів на 69% (порівняно з рівнем 2019 р.), Словенія (-42%), Латвія (-38%) та Фінляндія (-36%) (рис. 1) [1].

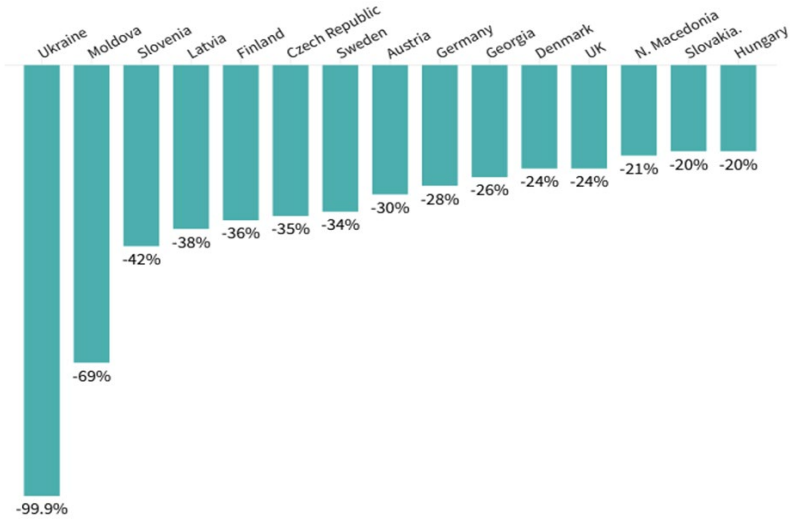


Рис. 1. Країни Європи з найбільшим падінням кількості авіарейсів після 24.02.2022 станом на травень 2022 р. (% зміни порівняно з 2019 р.) [1]

Максимальні показники розвитку і туризму, і авіації припали на 2019 р. За даними Всесвітньої туристської організації (UNWTO) прямий ВВП туризму за підсумками допандемійного 2019 р. склав 3,5 трлн. дол. США, або 4% світового ВВП. Зростання відбулося, крім інших показників, завдяки доступним авіаперельотам та спрощенню візового режиму в багатьох країнах, орієнтованих на туризм. Технологічний прогрес, нові бізнес-моделі, зокрема

пошук туристських локацій та розрахунки через Інтернет і мобільні пристрої, також сприяли цьому розширенню сфери подорожей. У 2019 р. кількість міжнародних туристів у всьому світі після десятиліття безперервного зростання досягла 1,5 млрд. У період з 2009 по 2019 рр. кількість прибуттів зростала в середньому на 5% на рік, або на 63% загалом. Туризм став однією з основних категорій світової економіки, при цьому доходи від експорту туризму досягли 1,7 трлн. дол. США в 2019 р., що еквівалентно 28% від світової торгівлі послугами та 7% загального експорту товарів і послуг [2]. Для країн, що розвиваються, особливо для малих острівних держав, туризм став основним джерелом іноземних доходів і часто основною категорією експорту, створюючи такі необхідні можливості для ринку праці та розвитку.

Комітет UNWTO зі статистики та допоміжного рахунку в туризмі започаткував програму, стосовно розробки статистичної основи для оцінки сталого туризму з урахуванням економічних, екологічних й соціальних аспектів, а також відповідних просторових рівнів (глобального, національного і субнаціонального). У документі наголошувалося, що показники потрібні для оцінки прогресу в досягненні цілей в галузі сталого розвитку. Внесені пропозиції використовувати два показники: внесок туризму у ВВП та зайнятість в сфері туризму. Ці два показники покликані використовуватися для оцінки економічного і частково соціального компонентів сталого туризму. Слід зауважити, що в документі підкреслюється важливість розробки додаткового набору показників, для сприяння спостереженню за досягненням цілей в галузі сталого розвитку на глобальному та національному рівнях [3].

З 2010 р. UNWTO запропонувала здійснювати економічну оцінку розвитку туризму в світі та в окремих регіонах і країнах світу не тільки через показник кількості туристських відвідувань та отриманий прибуток, а й через визначення *прямого валового внутрішнього продукту туризму* (TDGDP). TDGDP – це макроекономічний показник, який вимірює прямий внесок туризму в економіку, це сума частини валової доданої вартості (за основними цінами), створеної всіма галузями промисловості у відповідь на споживання внутрішнього туризму, плюс сума чистих податків на продукцію та імпорт, включена у вартість цих витрат за покупними цінами. Це один із ключових показників, який використовується для моніторингу прогресу в досягненні цілей сталого розвитку, зокрема в економічному вимірі [3]. За допомогою цього інструменту стало можливим оцінити ВВП туризму, встановити прямий внесок туризму в економіку та розробити більш складні та детальні схеми, спираючись на внутрішній зв'язок сателітного рахунку туризму з Системою національних рахунків та балансом платежів.

У 2020 р. через безпрецедентну надзвичайну ситуацію у сфері охорони здоров'я, соціальної та економічної діяльності, пов'язаної зі спалахом пандемії COVID-19, міжнародний туризм зазнав найбільшої зареєстрованої кризи. Через це у 2020 р. через глобальний карантин, поширені обмеження на подорожі та значне падіння попиту TDGDP скоротився більш ніж наполовину, кількість міжнародних туристів впала на 73% і, як наслідок, було зафіксовано приблизно на 1 млрд. менше міжнародних прибуттів порівняно з 2019 р.

Однак, вже у 2023 р. надходження від міжнародного туризму досягли 1,4 трлн. дол., що становить близько 93% від 1,5 трлн. дол. США, отриманих у 2019 р. Останні дані UNWTO підкреслюють економічний вплив відновлення. На початок 2024 р. Генеральний секретар UNWTO З. Пололікашвілі стверджує: «Останні дані UNWTO підкреслюють стійкість і швидке відновлення туризму, причому очікується, що до кінця 2024 р. показники до пандемії відновляться. Відновлення вже має значний вплив на економіку, робочі місця, зростання та можливості для громад Ці цифри також нагадують про важливе завдання прогресу сталого розвитку та залучення до розвитку туризму» [1].

У 2023 р. загальний експортний дохід від туризму оцінюється в 1,6 трлн. дол. США, що становить майже 95% від 1,7 трлн. дол. США, зафіксованих у 2019 р. Попередні оцінки економічного внеску туризму, виміряного у TDGDP, становлять 3,3 трлн. дол. США у 2023 р., або 3% світового ВВП. Це свідчить про відновлення TDGDP після пандемії завдяки показникам внутрішнього та міжнародного туризму.

Показники по макрорегіонах світу засвідчили значне зростання надходжень від міжнародного туризму протягом 2023 р., у деяких випадках демонструючи зростання кількості прибуттів. Ряд макрорегіонів світу повідомили про високий попит на виїзні подорожі, багато з яких перевищили рівень 2019 р. Стійке відновлення також відображається на загальносвітових показниках галузі. Згідно з даними UNWTO, міжнародні авіапропускні можливості та пасажирський попит від допандемічного рівня до жовтня 2023 р. відновилися приблизно на 90% (дані IATA). Очікується, що міжнародний туризм та міжнародні авіаційні туристські перевезення повністю відновлять допандемічний рівень у 2024 р., при цьому початкові оцінки вказують навіть на зростання на 2% порівняно з рівнем 2019 р.

Щодо макрорегіонів світу, то в Азійсько-Тихоокеанському регіоні є багато можливостей для відновлення. Післяпандемійне відкриття кількох вихідних ринків і напрямків сприятиме відновленню в регіоні, в першу чергу в Азії, та в усьому світі. Очікується, що китайський виїзний та в'їзний туризм прискориться у 2024 р. завдяки спрощенню візового режиму та покращенню авіаційної спроможності для громадян Німеччини, Франції, Італії, Іспанії, Нідерландів та Малайзії.

Заходи щодо спрощення візового режиму та лібералізації подорожей сприятимуть й подорожам до Близького Сходу та Африки разом із країнами Перської затоки через впровадження єдиної туристської візи, подібної до шенгенської.

Очікується, що інший макрорегіон світу – Європа знову досягне результатів 2019 р. у 2024 р. Так, Румунія та Болгарія приєдналися до Шенгенської зони вільного пересування, а Париж очікує високі прибутки через проведення літніх Олімпійських ігор в липні-серпні 2024 р.

В Американському макрорегіоні інтенсивні подорожі зі Сполучених Штатів, підкріплені сильним курсом долара, продовжуватимуть приносити користь напрямкам в Америці та за її межами.

Як і в 2023 р., надійні вихідні ринки в Європі, Америці та на Близькому Сході продовжуватимуть стимулювати туристські потоки та витрати в усьому світі.

Економічні та геополітичні перешкоди продовжують створювати серйозні проблеми для сталого відновлення міжнародного туризму, показників міжнародних авіаційних туристських перевезень та рівня довіри до них. Висока інфляція, нестабільні ціни на нафту та перебої в торгівлі будуть продовжувати впливати на транспортні витрати та витрати на проживання туристів у 2024 р. На цьому фоні очікується, що туристи все більше шукатимуть співвідношення ціни та якості та подорожуватимуть ближче до дому. Стійкі практики та адаптивність також відіграватимуть все більшу роль у виборі споживачів.

Невизначеність, спричинена російською агресією проти України, розвиток конфлікту між ХАМАС та Ізраїлем, а також інші зростаючі геополітичні напруги можуть перешкодити подорожам у Східній Європі, на Близькому Сході та вплинути на впевненість мандрівників, продовжують обтяжувати впевненість у міжнародних туристських авіаперельотах.

Висновки. Отже, характерною особливістю постковідного періоду є очікуване збільшення обсягів послуг міжнародних авіаційних перевезень пасажирів та швидке відновлення світової туристичної галузі. Очікується відновлення і навіть перевищення економічних та логістичних показників розвитку міжнародного туризму та міжнародних авіаційних туристських перевезень до кінця 2024 р. після глибокого падіння у 2020 р.

Список літератури

1. UNWTO World Tourism Barometer and Statistical Annex, May 2023, UNWTO, Madrid, DOI: https://doi.org/10.18111/wtobarometereng.

2. UNWTO Briefing Note – Tourism and COVID-19, Issue 3. Understanding Domestic Tourism and Seizing its Opportunities, UNWTO, Madrid, 2020. DOI: https://doi.org/10.18111/9789284422111.

3. Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework 2008, Luxembourg, Madrid, New York, Paris, 2010 (online) available at: https://www.e-unwto.org/doi/book/10.18111/9789211615203.

УДК 327.7

О.А. Третяк, д.політ.н., професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Публічна політична комунікація та просування національних аерокосмічних проєктів у міжнародному середовищі

Розкрите значення публічних політичних комунікацій в контексті просування національних аерокосмічних проєктів. Виявлено особливості публічного дискурсу щодо аерокосмічного розвитку в умовах російської агресії.

Розширення ЄС із залученням України передбачає проведення глибинних політико-комунікаційних кампаній щодо впровадження цінностей та переваг інноваційного розвитку. В умовах війни з російським агресором українське суспільство потребує орієнтирів стійкості, а також зразків та моделей позитивного майбутнього. Артикуляція концептів та змістових аспектів європейської та світової інфраструктури аерокосмічних проєктів за участю України є дієвим засобом формування демократичної та європейської політичної ідентичності. Здатність поєднувати ініціативність політичного розвитку та інноваційність соціально-економічних перетворень формує запит на інституційну спроможність публічної сфери міжнародної політики. Це стосується всіх складових демократичної політичної комунікації: від локальних публічних обговорень до прийняття рішень на рівні уряду та парламенту. Звідси просування проблеми розвитку аерокосмічної галузі України в міжнародній публічній сфері вимагає окремого дослідження.

Процедури формування громадської думки у демократичній публічній сфері міжнародного рівня також визначають, яким чином обговорення структуровані через аргументацію й визначення щодо предмета обговорень. Демократичні процедури через публічну структуру формування думки й волевиявлення формують спільне вирішення практичних питань, включаючи обговорення щодо справедливих компромісів. Публіка парламентських інституцій структурована переважно в контексті обґрунтування політичних рішень щодо розвитку авіації та космічних досліджень. Означені інституції покладаються не лише на адміністративну підготовчу роботу та виконання функцій, але також пов’язані з контекстом інноваційного наукового відкриття, яке здійснюється через процедурно неврегульовану публічну сферу, яка «народжується» загальною публікою експертів та звичайних громадян.

В умовах сучасної спільноти демократичних країн немає можливості вибудувати цілісну одностайність та одноманітність в ідейному розумінні перспектив аерокосмічної галузі. Відповідно різноманіття поглядів має бути інтегрованим в контексті публічних обговорень, висловлювань та досягнення консенсусу. За таких умов стійкість української політичної системи зокрема та стійкість світової системи демократій може бути спроможною для відповіді на виклики з боку світових автократій.

Також належить звернути увагу на контекстні виміри поведінки влади в публічному просторі. Для виявлення найбільш оптимальних підходів для

взаємодії інститутів публічного врядування та громадянського суспільства в секторі високотехнологічного розвитку, необхідно з'ясувати евристичний потенціал публічних комунікацій для пояснення явищ, які мають місце в умовах розбудови української державності та політичної нації.

Надання окремим політичним або політико-владним акторам як носіям публічності специфічних прав та привілеїв відносно інших потенційних або реальних учасників публічної сфери політики є своєрідним методологічним підходом для розуміння ефективності публічних комунікацій. Він має на меті збудувати ієрархію «важливих» і «неважливих» проблем у дослідженні публічної сфери та просування аерокосмічних проєктів. Водночас цей підхід будує досить сталу концепцію, в якій втілюються певні імпліцитні теоретичні погляди. Закладається причинно-наслідковий зв'язок, що дуже важливий для формування адекватного пояснювального апарату для просування специфічних аерокосмічних проєктів. Він також включає уявлення щодо стану прецедентів та політичної ретроспективи просування аерокосмічних проєктів України на міжнародній арені (до прикладу, відомі програми Ан-72/Ан-74).

Технологічні зміни медіа-ландшафту продукують «відчуття» кризовості в світовій аерокосмічній галузі. Трансформація медіа-структури сучасного соціуму, особливо з появою соціальних медіа, змінила спосіб поширення та споживання інформації. Платформи соціальних медіа можуть створювати так звані «ехокамери» – комунікаційно-інформаційні структури, де люди отримують лише інформацію, яка узгоджується з їхніми існуючими переконаннями, що призводить до зміцнення існуючих думок, а не до сприяння різноманіття і відкритих дискусій в рамках впровадження аерокосмічних проєктів та ініціатив.

Дезінформація та перекручування істини з боку країни-агресора становлять значну загрозу для міжнародної демократичної публічної сфери. Вони посилюють стан кризовості навіть за умови відносної інституційної стійкості суспільної системи. Неправдива або оманлива інформація може підірвати здатність громадян приймати обґрунтовані рішення, підриваючи довіру до інституцій і сприяючи поляризації публічного дискурсу в контексті розвитку авіакосмічної галузі.

Ерозія довіри до національних проєктувальних та виробничих інституцій є набагато більш значущим чинником подолання кризововсті та скептицизму в міжнародній громадській думці. В усьому світі публічна довіра до традиційних інституцій, таких як уряд, ЗМІ та навіть наука, демонструє тенденцію до зниження. Така ерозія довіри може зменшити легітимність публічної сфери, оскільки громадяни можуть бути менш схильні співпрацювати з установами, які вони вважають такими, що не заслуговують довіри.

Вихід внутрішньо стримуваних напруженостей за індивідуальну межу терпимості тягне за собою необхідність включення до активної фази розвитку взаємин з іншими особистостями заради спільного пошуку можливостей з вирішення соціальних проблем. Іншими словами, вступаючи в діалоговий режим спілкування, людина отримує можливість до розв'язання не лише власних проблем, але й впливає на просторово-часові характеристики вирішення сукупних суспільних кризових викликів.

Серед проявів недовіри та упередженості до авіакосмічних проєктів чільне місце посідає соціальна фрагментація. Політичні розбіжності, засновані на таких факторах, як раса, клас та ідентичність, можуть сприяти фрагментованості публічної сфери. Коли різні групи в суспільстві відчувають себе маргіналізованими або виключеними, публічна сфера стає менш інклюзивною та репрезентативною для широких верств населення та еліт, які ухвалюють рішення.

Таким чином, міжнародний повітряний простір регулюється різними договорами, конвенціями та двосторонніми угодами. Цілеспрямовані публічні комунікації мають відображати відповідність світовим стандартам, таким як правила ІСАО, а також поважати суверенітет залучених країн. Дипломатична «делікатність» та стриманість мають вирішальне значення, особливо у випадках, пов'язаних із спірним повітряним простором або наслідками військових дій.

Оскільки проєкти з регулювання та використання повітряного простору часто охоплюють кілька країн, комунікація з громадськістю повинна надаватися кількома мовами та адаптуватися до різноманітних культурних контекстів. Це забезпечує інклюзивність і ширше розуміння між різними аудиторіями, включаючи громадян, ЗМІ та професіоналів галузі.

Проєкти в аерокосмічному просторі можуть включати ситуації з високим ризиком, зокрема такі, як надзвичайні ситуації, аварії або геополітична напруга. Наявність попередньо розробленого плану публічних комунікацій у кризових ситуаціях, який швидко й точно вирішує проблеми громадськості, є важливим для збереження довіри та забезпечення безпеки в міжнародному середовищі.

Список літератури

1. National Policy on Airports and Airspace Management Green Paper. URL:https://www.gov.za/documents/green-papers/national-policy-airports-and-airspace-management-green-paper-01-jun-1997

2. Soh P. T. The world of airspace according to Airspace World. URL:https://canso.org/the-world-of-airspace-according-to-airspace-world/

3. Strategies to maximize operational efficiency and safety in airspace management. URL:https://lhconsulting.com/private-sector/

УДК 327.82:004.8(043.2)

С.І. Даниленко, доктор політичних наук,
Н.М. Головко
(Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Україна)

Вплив технологій штучного інтелекту на комунікативні процеси в сучасній дипломатії

Розвиток штучного інтелект впливає на всі сфери суспільного життя, зокрема й на дипломатію. Технології ШІ спричиняють трансформацію комунікативних процесів як на особистісному, так і на професійному рівні. У зв'язку з цим спостерігаються тенденції активного впровадження ШІ в дипломатичну діяльність і відбувається поступовий перехід від традиційної дипломатії до цифрової.

XXI століття позначилося активним розвитком цифрових технологій, зокрема технологій штучного інтелекту. Поява перших нейромереж, таких, як ChatGPT, у відкритому доступі та їх подальше вдосконалення посприяли тому, що останнім часом популярність ШІ неухильно зростає. На сьогодні ці технології застосовують у багатьох сферах людського життя, зокрема в дипломатії.

Пандемія COVID-19 зумовила запровадження карантинних обмежень в усьому світі та перенесення комунікативних процесів у дистанційний формат. Цифрові технології стали єдиною альтернативою традиційним, фізичним комунікаціям. Для України ця проблема постала ще більш гостро в умовах воєнного часу, коли через активні бойові дії чимало людей вимушено змінили місце проживання, переїхавши в межах країни чи навіть виїхавши за кордон. Як наслідок, продовження роботи дипломатичних установ та місій у звичному режимі стало неможливим.

Таким чином, використання цифрових технологій для здійснення комунікації стало об'єктивною закономірністю в Україні та світі. Логічним продовження процесу цифровізації є використання нейромереж як посередника в міжособистісному спілкуванні на всіх рівнях: від особистісного й до міждержавного.

Фахівці комунікацій розглядають сучасні комунікативні процеси як двосторонні [1], адже під час використання людиною нейромереж здійснюється взаємообмін: особливості роботи штучного інтелекту впливають на користувача, а соціальні практики на усталені норми, в межах яких діє користувач, впливають на штучний інтелект. Тому сучасна людина як суб'єкт комунікації діє у трьох вимірах: фізичному, соціальному й цифровому.

Штучний інтелект здатний аналізувати великі масиви даних та працювати з інформацією набагато швидше й ефективніше, ніж людина. Ці процеси є основою сучасних мовних моделей, за якими навчаються нейромережі. Ці моделі є доволі ефективними та вважаються значним технологічним досягненням.

Попри це, комунікативні можливості штучного інтелекту на сьогодні все ще доволі обмежені. Так, ШІ здатний підтримати найпростіші розмови, аналізуючи вхідні повідомлення та генеруючи відповіді на основі наданих йому баз даних, проте, на відміну від людини, не має ментальних здібностей до комунікації. У зв'язку з цим, нейромережа не здатна розуміти контекст та пропонувати ідеї, альтернативні попередньо закладеним моделям поведінки [2]. З огляду на це, впровадження ШІ в дипломатичний процес є неминучим та актуальним, водночас несе із собою як певні переваги, так і ризики.

За тривалий період існування дипломатії з'явилася різноманітна кількість інструментів та інститутів, що дипломати використовують для досягнення інтересів своєї держави. До них належать, зокрема, дискусійні платформи, дипломатичні представництва, формалізовані усні та письмові обміни, опосередковане спілкування через ЗМІ й громадських представників [3]. Водночас саме комунікація лежить в основі цих інструментів та є ядром дипломатії. Дипломатична взаємодія певною мірою визначається особистими якостями дипломатів, і посередництво штучного інтелекту в цьому процесі неминуче впливає як на суб'єктів комунікації, так і на сам процес переговорів.

Цифрова дипломатія з використанням технологій ШІ, має правову основу в Данії, де вперше у світі було затверджено стратегію технологічної дипломатії на 2021-2022 роки [4]. Відповідно до цього плану, технологічні дипломати, окрім виконання функцій звичайного посольства, зобов'язані також здійснювати публічну дипломатію за допомогою сучасного технічного арсеналу. Стратегію успішно застосували на практиці з подальшим затвердженням нової стратегії диджиталізації на 2024-2027 рр.

Як інструмент, штучний інтелект застосовується в різноманітних сферах дипломатії, зокрема: традиційна дипломатія, консульська служба, публічна дипломатія тощо [5]. Так, помічник Президента Генасамблеї ООН на основі технологій ШІ аналізує виступи в режимі реального часу та пропонує поради з урахуванням позицій окремих країн. Окрім того, штучний інтелект асистує дипломатам під час ведення діалогу за принципом активного слухання, аналізуючи емоційний підтекст повідомлень співрозмовника, його інтереси й уподобання. Нейромережі здатні опрацьовувати великі масиви даних та виокремлювати важливі повідомлення із загального «шуму», допомагаючи дипломатам заздалегідь формулювати влучні відповіді та бути почутими широкою авдиторією [5].

Проте недосконаліть штучного інтелекту, пов'язана з його обмеженістю у сфері комунікацій, впливає на впровадження цих технологій у дипломатію. На сьогодні цей процес є повільним і довготривалим, і людський інтелект досі має перевагу над штучним, зокрема й у дипломатичній сфері.

Висновки

Роль штучного інтелекту в житті людини зростає, і цей процес є незворотнім. Розвиваючись, нейромережі навчаються комунікувати та вступають у взаємодію з людиною, впливаючи на її міжособистісні взаємодії. Особливо важливим цей вплив є для дипломатичної сфери, ядром якої є комунікація. Факт переходу від традиційної до цифрової дипломатії визнається

у світі. У деяких європейських країнах запроваджено спеціально розроблену стратегію, яка враховує роль сучасних технологій у діяльності дипломата. Таким чином, явище цифрової дипломатії має правову основу.

Штучний інтелект використовують у різноманітних сферах дипломатії (традиційній, публічній, консульській службі) з метою підвищення ефективної взаємодії суб'єктів комунікації, дипломатів, між собою та з великими авдиторіями.

Водночас технології штучного інтелекту поки що обмежені й за своїм розвитком значно поступаються людині в комунікаціях. Як наслідок, існують певні виклики та перспективи, пов'язані з використанням нейромереж у дипломатичних процесах: штучний інтелект не завжди правильно розпізнає контекст та має значні труднощі в оцінюванні повідомлень без контексту, що може призвести до непорозумінь між суб'єктами комунікації; нейромережа діє в межах закладеної моделі, тому не зможе запропонувати принципово нові рішення чи вийти за рамки стандартного, як це може людина; відсутність інтуїтивного мислення та живого досвіду в нейромережі призведе до того, що вона оцінюватиме суб'єктів комунікації в загальному, не враховуючи особистих якостей людини; постійне використання дипломатом штучного інтелекту під час здійснення переговорів може сформувати надлишкову самовпевненість у дипломата у своїх комунікативних навичках при взаємодії з авдиторією та позбавити його необхідности постійного самовдосконалення.

Впровадження технологій штучного інтелекту в дипломатію є явищем новим, однак беззаперечним, перехід від традиційної дипломатії до цифрової – неминучим, а вплив штучного інтелекту на комунікативні процеси стає дедалі помітнішими. На сьогодні існують нові виклики та перспективи для подальшого дослідження цього явища.

Список літератури

1. Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy. Springer International Publishing AG, 2021.
2. Lu M. The ability and importance of human communication in the age of AI. Geographical Research Bulletin. 2023. Vol. 2. P. 187–189. URL: https://doi.org/10.50908/grb.2.0_187.
3. Stanzel, V., & Voelsen, D. (2022). Diplomacy and artificial intelligence: reflections on practical assistance for diplomatic negotiations. SWP Research Paper, 1, 31. https://doi.org/10.18449/2022RP01
4. Ministry of Finance (2022). National Strategy for Digitalisation. Denmark. https://en.digst.dk/media/27861/national-strategy-for-digitalisation-together-in-the-digital-development.pdf
5. Konovalova, M. (2023). AI AND DIPLOMACY: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. Journal of Liberty and International Affairs, Institute for Research and European Studies - Bitola, 9(2), 520–530. https://doi.org/10.47305/jlia2392520k

УДК 327.8

І.П. Дерев'янко, к.і.н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ)

Асиметрична взаємозалежність в міжнародних відносинах

Асиметрична взаємозалежність є складним і багатовимірним явищем, яке здійснює суттєвий вплив на розвиток міжнародних відносин. Вона описує ситуацію, коли взаємозалежність між двома або більше країнами є нерівномірною, тобто одна сторона більше залежить від іншої. Асиметрична взаємозалежність є очевидною у відносинах між сильнішими та слабкішими державами. Адекватне розуміння цієї концепції допомагає аналізувати динаміку взаємодії між державами і передбачати можливі наслідки їхніх зовнішньополітичних дій.

Сучасні міжнародні відносини позначені високим рівнем регіональних інтеграційних процесів та асиметричної взаємозалежності, яка є залежністю для більшості держав світу. Асиметрична взаємозалежність є джерелом влади для тих, хто має перевагу в політичній, військовій, економічній сферах і домінує в міжнародних відносинах.

Посилення взаємозалежності, тенденцій багатополюсності, поліцентризму, збереження асиметрії між державами, соціальної неоднорідності світу генерують конкуренцію і конфлікти, панування і підпорядкування.

Асиметрична взаємозалежність є динамічним, складним і багатовимірним явищем, яке здійснює суттєвий вплив на розвиток міжнародних відносин, і якому властива суттєва мінливість. Тобто асиметрична взаємозалежність в міжнародних відносин може змінюватись відповідно до зміни зовнішніх умов та внутрішніх чинників.

Адекватне розуміння цієї концепції допомагає аналізувати динаміку взаємодії між державами і передбачати можливі наслідки їхніх зовнішньополітичних дій.

Асиметричну взаємозалежність можна розглядати крізь призму нерівномірного розподілу влади і впливу, який є характерною рисою міжнародних відносин і світової політики. Неминуча асиметрична взаємозалежність в міжнародних відносинах спроможна призвести не лише до консенсусу і компромісу, а й до нових конфліктів, породжених прагненням її послабити або поглибити [6; 8].

Фундаментальними для розуміння асиметричної взаємозалежності є праці відомих американських політологів Р. Кеохейна та Дж. Ная, ідеї яких про взаємозалежність, міжнародні інституції та м'яку силу допомагають аналізувати глобальні політичні процеси, розробляти стратегії для ефективної зовнішньої політики та передбачати потенційні конфлікти та кооперацію.

Концепція асиметричної взаємозалежності детально описана у їхній науковій праці «Power and Interdependence» (1977), у якій досліджено, як

взаємозалежність між країнами може бути нерівномірною та як це впливає на їх взаємовідносини.

Р. Кеохейн та Дж. Най зазначають, що країни залежать одна від одної в економічній, політичній, військовій та інших сферах. До того ж ця залежність може бути як позитивною, так і негативною. Науковці приходять до висновку, що взаємозалежність рідко буває рівномірною, симетричною. Адже одна країна може мати більше можливостей для впливу на іншу через економічні ресурси, політичну владу або військовий потенціал. Тож асиметрія створює умови для політичного та економічного впливу. Країна, яка менш залежна, має більше свободи у прийнятті рішень, що дозволяє уникати зовнішнього тиску та диктувати власні умови у міжнародних відносинах.

Для кращого розуміння асиметричної взаємозалежності Р. Кеохейн і Дж. Най вводять поняття «чутливість» (sensitivity) і «вразливість» (vulnerability). З одного боку чутливість описує, наскільки швидко і сильно зміни в одній країні можуть вплинути на іншу, а з іншого вразливість визначає, наскільки велика шкода може бути заподіяна одній країні в результаті змін в іншій і наскільки легко або важко цю шкоду можна компенсувати[1; 3; 4].

Загалом асиметрична взаємозалежність в міжнародних відносинах описує ситуацію, коли одна держава значно більше залежить від іншої, має більший вплив або контроль над певними ресурсами, економічними, політичними зв'язками. Тобто ступінь залежності між державами є нерівномірним. Ця концепція має вирішальне значення для розуміння динаміки влади та впливу, який держави можуть справляти одна на одну [6].

Асиметрична взаємозалежність є очевидною у відносинах між сильнішими та слабкішими державами. Потужніші суб'єкти можуть диктувати умови та впливати на менші суб'єкти, які змушені приймати рішення, які не є оптимальними для їх національних інтересів і можуть бути вразливими до економічного чи політичного тиску.

Проте слабкіші держави можуть збалансувати асиметрію шляхом диверсифікації своїх економічних зв'язків, нарощування внутрішнього потенціалу, пошуку альтернативних механізмів безпеки або участю у багатосторонніх угодах, які можуть забезпечити певний рівень захисту від впливу сильніших партнерів [2; 5].

Асиметрична взаємозалежність, будучи багатогранною, охоплює економічні, політичні, військові та соціокультурні аспекти, осмислення яких допомагає аналізувати динаміку відносин між державами та спрогнозувати поведінку акторів в умовах асиметрії.

Відмінності в економічних показниках між державами суттєво розширюють діапазон взаємозалежності і впливають на динаміку торгівлі, інвестицій і фінансової допомоги. Економічно розвинені країни, використовуючи свої переваги в технологічному розвитку, можуть нав'язувати свої умови економічної співпраці, яких повинні дотримуватися слаборозвинені країни.

Зокрема, економічна асиметрична взаємозалежність проявляється у торговельних відносинах, інвестиційних потоках та ланцюгах поставок. Так

економічно потужна держава може диктувати умови торгових угод менш розвиненій країні, яка залежить від її експорту, імпорту товарів і послуг. Кредити, позики та фінансова допомога можуть створювати взаємозалежність, де країна-боржник залежить від умов, встановлених країною-кредитором або міжнародною фінансовою організацією [2].

Відносини між Сполученими Штатами та слабкішими державами можна розглядати як асиметрично взаємозалежні, де США мають значний вплив завдяки своїй політичній, економічній, військовій і технологічній перевазі. Залежність багатьох країн від Китаю, Німеччини, Японії в торгівлі та виробництві також створює асиметричну взаємозалежність.

США і Китай як дві найбільші економічні потуги мають асиметричну взаємозалежність у сфері технологій. Хоча обидві країни залежать одна від одної в технологічних ланцюгах постачання, США мають перевагу в розробці передових технологій, тоді як Китай є ключовим виробником [7].

Асиметрична політична взаємозалежність включає не лише дипломатичну перевагу, коли сильніші держави мають більший вплив на міжнародних форумах, а й політичний вплив через економічні важелі. Впливові на міжнародній арені держави, здатні формувати міжнародні інститути та норми, цілком спроможні впливати на внутрішню політику слабкіших акторів через дипломатичний тиск [3; 4;]. Зокрема, США використовують економічні санкції для впливу на політику Ірану, Венесуели, змушуючи їх до суспільно-політичних змін.

Розміщення військових баз, контингентів в іншій країні створює асиметричні відносини, де країна-господар більше залежить від країни, яка розміщує свої сили. Участь у міжнародних політичних, військових альянсах призводить до асиметричної взаємозалежності у військовій сфері. Так менші країни НАТО можуть бути залежними від військової підтримки США і змушені погоджуватися з їхніми політичними і військовими рішеннями. Також великі держави можуть надавати безпекові гарантії або військову допомогу, створюючи залежність у менших держав [5; 8].

Тож сильніші держави можуть надавати військову підтримку слабшим, створюючи асиметричну взаємозалежність у сфері безпеки. Адже асиметрія виникає тоді, коли одна сторона має більше ресурсів і здатна забезпечити захист.

Необхідно взяти до уваги і те, що угода про співпрацю або безпеку між сторонами, одна з яких має більше важелів впливу, переваг також закладає основи асиметричної взаємозалежності.

Слід зауважити, що асиметрична взаємозалежність виникає і через освітні програми, культурні обміни, медіа та м’яку силу. Держави можуть використовувати ці інструменти для впливу на інші країни, створюючи асиметричні відносини і просуваючи свої інтереси [1].

Отже, держава, яка є менш залежною, часто має більше важелів впливу на більш залежну державу. Ця влада може бути використана у переговорах, в яких сильніша сторона прагнутиме нав’язати залежній державі свої умови співпраці. Розуміння складових асиметричної взаємозалежності дозволяє

державам краще позиціонувати себе на міжнародних переговорах, використовуючи свої сильні сторони та пом'якшуючи слабкі.

Висновки

Загалом, асиметрична взаємозалежність є магістральною концепцією міжнародних відносин, яка допомагає пояснити розподіл влади та впливу між державами. Вона підкреслює складність глобальних взаємодій і стратегічні міркування, якими повинні керуватися держави, щоб зберегти свій суверенітет і просувати свої національні інтереси.

Асиметрична взаємозалежність між країнами може мати як позитивні так і негативні сторони. З одного боку вона створює підґрунтя для взаємовигідної співпраці і економічного розвитку через доступ до ресурсів і ринків, сприяє стабільності в регіоні через взаємозалежні безпекові угоди, з іншого нерівномірний розподіл влади, залежність від однієї держави можуть призвести до експлуатації слабших держав та зробити їх вразливими до політичних і економічних трансформацій.

Список літератури

1. Keohane R. and Nye J. Power and Interdependence: World politics in Transition. Little, Brown, 1977. 273 p.
2. Keohane R. O. After Hegemony: Cooperation and Discord in the World Political Economy. Princeton: Princeton University Press, 2005. 320 p.
3. Nye J. Soft Power. The Means to Success in World Politics. New York : Public Affairs, 2004. 328 p.
4. Nye J. The Powers to Lead. Oxford: University press, 2008. 226 p.
5. Nye J. The Future of Power . New York: PublicAffairs, 2011. 320 p.
6. Womack B. China and Vietnam: The Politics of Asymmetry. New York: Cambridge University Press, 2006. 281 p.
7. Womack B. China Among Unequals: Asymmetric Foreign Relationships in Asia. Singapore: World Scientific, 2010. 540 p.
8. Womack B. Asymmetry and International Relationships. New York: Cambridge University Press, 2016. 220 p.

UDC 327.39

V.Y. Yaroslavskyi, PhD student.
(National Aviation University, Ukraine)

The Role of Gastronomic Diplomacy in Strengthening International Relations and Developing Diplomatic Relations

This report analyzes the phenomenon of gastronomic diplomacy and its impact on international relations. It analyzes how the use of national cuisines as a diplomatic tool helps to strengthen international relations, build trust and expand cultural exchange. Examples from different countries demonstrate the effectiveness of gastronomic diplomacy in promoting national identity and tourism development.

Gastronomic diplomacy plays an important role in strengthening international ties and developing diplomatic relations. This approach is used to promote mutual understanding, build trust and develop cooperation between countries.

Gastronomic diplomacy is an effective tool of soft power that allows countries to create a favorable image in the international arena. Through food and cuisine, a country can convey the history, culture, and traditions of its people, show the richness and diversity of its national heritage. This, in turn, helps to strengthen the country's international position and create a favorable environment for the development of economic and political relations.

Gastronomic diplomacy can play an important role in overcoming crisis situations. For example, in the context of political conflict or economic difficulties, cultural exchanges, including those related to food, can help restore trust and create a basis for dialogue between countries. Culinary festivals and other events jointly organized by different countries can provide a platform for discussing controversial issues and finding compromise solutions.

It is widely recognized that the presence of diverse cultural and artistic brands can help strengthen a country's reputation on the international stage. Branded products can become an integral part of a country's overall, regional or specific local image. And this applies not only to those presented in familiar material forms, such as works of art, architecture, or cultural monuments. Food and the originality of its presentation in each dish also belong to a certain national or regional product, which can become a kind of brand of the country and its culture [1, p. 155].

First, gastronomic diplomacy creates opportunities for establishing communication between nations. Food and cooking is a universal language that unites people regardless of their culture and language. When people taste and enjoy food together, they feel a certain level of community and harmony. This creates a favorable environment for mutual understanding and communication between people of different cultures.

Second, gastronomic diplomacy helps build trust between countries. By exchanging culinary traditions and dishes, it helps to reduce stereotypes and prejudices that may exist between nations. By tasting and appreciating dishes from other cultures, people learn about their lifestyles, values, and traditions. This broadens their horizons and helps build trust and understanding.

Analyzing the development of culinary diplomacy, we can say that any important issue, political or economic, is discussed tolerantly and resolved on the basis of mutual understanding through culinary diplomacy. Today, public diplomacy is an innovative resource and tool for social and cultural exchange. The rich practice of modern diplomacy shows that some national leaders refuse dinner invitations because of political, economic or geopolitical conflicts or aggression. The two diplomatic dinners hosted by French President Francois Hollande in June 2014, which were long ridiculed in the world press, are well-known examples of this. France was celebrating the anniversary of the Allied landings in Normandy. First, President F. Hollande and Foreign Minister L. Fabius had dinner at a restaurant on the Champs-Elysees with US President B. Obama and Secretary of State J. Kerry.

Then the French president had to have a second dinner with Russian President Vladimir Putin. All this happened because of the situation in Ukraine: G7 leaders canceled the Sochi summit and moved it to Brussels because of Russia's annexation of Crimea. Many leading politicians, including Canadian Prime Minister Stephen Harper and U.S. President Barack Obama, refused to meet with Russian leaders at the Normandy celebrations. The reason was the situation in Ukraine, where the G7 leaders canceled the summit in Sochi because of the annexation of Crimea [2, p. 293].

Third, gastronomic diplomacy is a powerful tool for promoting a country's cultural heritage and national identity. Cuisine is an important component of culture, and it reflects the history, traditions and values of a nation. Promoting national cuisine through gastronomic diplomacy helps to preserve and promote the country's cultural heritage, as well as increases its prestige and influence in the world.

Fourthly, gastronomic diplomacy contributes to the development of tourism and the economy. Many tourists travel to taste local dishes and experience the authentic culture of a country. This stimulates the development of gastronomic tourism, encouraging tourists, hotels, restaurants and other related sectors, which contributes to the growth of the country's economy.

Ukraine joined the Culinary Diplomacy project in January 2015. This project was organized by Kadıs Has University in Turkey and the Center for Corporate Social Responsibility Development in Ukraine with the support of the Black Sea Trust for Regional Cooperation [3]. The main goal of the project was to create a dialogue between non-state actors, such as representatives of civil society and business, through a series of lunches and dinners. This contributed to the development of ties between different countries.

The Ukrainian dinner, which took place in Istanbul, was attended by politicians, diplomats and business representatives. They discussed bilateral relations, cultural exchange, social and economic dialogue, as well as future prospects for the development of the Black Sea countries. Ukrainian chefs, together with their Turkish counterparts, prepared traditional Ukrainian dishes such as borsch, varenyky, Kyiv cutlets, and uzvar. These dishes were used for informal communication and discussions [4, p. 40].

Yuriy Kovryzhenko acts as an ambassador of Ukrainian cuisine in the world. He actively promotes Ukrainian culture by introducing traditional dishes of the country. During his travels, he meets with people from all over Europe and the world, including representatives of the press, bloggers, political elite and diplomats. Yuriy

Kovryzhenko was awarded by the prestigious international culinary organization Ambassadors of Taste for the Global Gastronomy and received the honorary title of World Ambassador of Taste [5].

Challenges and prospects for the development of gastronomic diplomacy

Despite its advantages, gastronomic diplomacy faces certain challenges. One of them is the need to preserve the authenticity of one's own cuisine in the context of globalization and food standardization. It is also important to take into account the cultural peculiarities of each country and avoid stereotypes when promoting your own cuisine.

Prospects for the development of gastronomic diplomacy are associated with greater integration of countries into the global economy and increased cultural exchange. Agricultural development, organic production, and the formation of gastronomic clusters will play an increasingly important role.

The role of social media in the development of gastronomic diplomacy

Social media is playing an increasingly important role in the development of gastronomic diplomacy. Bloggers, influencers, and ordinary users actively share their travel experiences in search of restaurants, culinary experiences, and new culinary discoveries. This has helped to spread knowledge about the cuisines of different countries and increased culinary interest among a large number of people.

In general, gastronomic diplomacy is considered an effective tool for strengthening relations between countries and promoting peaceful coexistence. It allows people from different cultures to meet at the table, share experiences and deepen their understanding. Gastronomic diplomacy opens the door to new opportunities for cooperation, trade, cultural exchange and tourism, which contributes to the development of the global community and building peace in the world.

From the above, we can summarize that culinary diplomacy is an important tool and driving force of foreign policy and an approach to mutual understanding and cooperation between states. And also, culinary diplomacy aims to use products characteristic of the cuisine of one's own country in official diplomatic procedures.

Conclusions.

Gastronomic diplomacy is not just about hosting guests, it is a powerful tool of soft power that has a significant impact on international relations. Through food, we share the history, culture, and traditions of our own people. By tasting the food of other countries, we not only satisfy our taste buds, but also discover new worlds, getting closer to other countries and building stronger international ties.

Gastronomic diplomacy is an important element of modern diplomacy. Through gastronomic diplomacy, countries can create a favorable image, strengthen economic ties, and promote cultural exchange. Gastronomic diplomacy can also play an important role in resolving disputes and building trust between states.

However, in order for gastronomic diplomacy to be effective, efforts must be made to preserve the authenticity of national cuisines, develop gastronomic tourism, and use modern technologies to promote national cuisines. It is also important to take into account the cultural characteristics of each country and avoid stereotypes when presenting national cuisines. Only under such conditions will gastronomic diplomacy be able to realize its full potential and become one of the most important instruments of international cooperation.

References

1. Pluta O.P. Gastronomic diplomacy as an actual direction of modern cultural policy. Studies of young scientists. Culture and modernity. №2. 2017. C. 154-159.
2. Culinary diplomatic conflicts as a weapon of modern world politics. International Relations: Theoretical and Practical Aspects Issue 4. 2019. C. 286-295.
3. Matlai, L. Culinary diplomacy as a type of public diplomacy: new approaches and concepts. Humanitarian vision, vol. 1, N. 2, 2015. C. 55-60.
4. Romanuk N. Culinary diplomacy as an instrument of international interaction. International Relations, Public Communications and Regional Studies. International Relations, 1(12). 2022. C. 30-44.
5. Chef Yuriy Kovryzhko on culinary diplomacy. URL: https://newfood.media/2022/05/05/shef-kukhar-yuriy-kovryzhenko-pro-kulinarnu-dyplomatiiu-kotletu-sahaydachnoho-ta-khot-doh-dlia-korolia-heorha/ (accessed March 14, 2024).

УДК 327.7

В.С. Шаліт, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Комунікаційні механізми регулювання міжнародних авіаційних конфліктів в умовах глобальних викликів

У доповіді досліджується роль комунікаційних механізмів у вирішенні міжнародних авіаційних конфліктів, а також аналізуються виклики, що виникають у зв'язку з глобалізацією, зростанням терористичних загроз та технологічними змінами в авіаційній сфері. Особлива увага приділяється співпраці між державами, міжнародними організаціями та іншими суб'єктами авіації у питаннях безпеки польотів.

Авіаційний транспорт є невід'ємною частиною глобальної економіки та міжнародних відносин. Він забезпечує швидке переміщення людей і товарів між різними частинами світу, сприяючи економічному розвитку та міжнародній співпраці. Проте, авіація також може стати джерелом конфліктів, особливо в умовах геополітичної напруженості та зростання терористичних загроз.

За останні десятиліття світ став свідком ряду міжнародних авіаційних конфліктів, таких як збиття літаків, порушення повітряного простору та терористичні атаки на авіаційні об'єкти. Це ставить перед міжнародною спільнотою завдання розробки та вдосконалення комунікаційних механізмів, спрямованих на запобігання конфліктам і забезпечення безпеки в авіаційній галузі.

Ця доповідь фокусується на аналізі ролі комунікаційних механізмів у регулюванні міжнародних авіаційних конфліктів. Я вважаю, що саме через налагоджену комунікацію між державами, міжнародними організаціями, авіаційними компаніями та іншими суб’єктами авіаційної сфери можливе ефективне вирішення конфліктів та забезпечення безпеки польотів.

Одним з основних факторів, що впливають на ефективне врегулювання авіаційних конфліктів, є комунікація між суб’єктами міжнародних відносин. На мою думку, комунікаційні механізми в міжнародних авіаційних конфліктах мають три ключові виміри:

1. Політичний вимір – включає дипломатичні переговори, що ведуться між державами та міжнародними організаціями з метою зниження напруженості і запобігання ескалації конфліктів у повітряному просторі [2];
2. Оперативний вимір – стосується координації між авіадиспетчерськими службами, авіакомпаніями та органами управління повітряним рухом, що дозволяє запобігати зіткненням та іншим авіаційним інцидентам [1];
3. Інформаційний вимір – передбачає обмін даними між різними суб'єктами авіаційної галузі, що дозволяє швидко реагувати на загрози та здійснювати моніторинг потенційно небезпечних ситуацій [4].

Міжнародні організації, такі як ІКАО, Європейське агентство авіаційної безпеки (EASA) та Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA), відіграють ключову роль у розробці глобальних стандартів, спрямованих на зменшення кількості авіаційних інцидентів і конфліктів. ІКАО, наприклад, регулярно оновлює свої рекомендації щодо авіаційної безпеки, виходячи з аналізу поточних загроз та ризиків. Однак, незважаючи на такі зусилля, успішність цих механізмів залежить від здатності держав виконувати та впроваджувати рекомендації [1, 4].

На прикладі авіаційних конфліктів останніх років можна стверджувати, що відсутність або неналежний рівень комунікації між сторонами конфлікту часто призводить до загострення ситуації. Так, у випадку зі збиттям літака рейсу MH17 у 2014 році комунікація між Україною та міжнародною спільнотою була недостатньо ефективною, що не дозволило запобігти трагедії. Лише після катастрофи було вжито додаткових заходів щодо моніторингу повітряного простору в зоні бойових дій [3].

Трагедія з рейсом 655 Iran Air у 1988 році, збитим американським військовим кораблем у Перській затоці, стала одним із найбільш резонансних авіаційних інцидентів в історії. Через помилкове тлумачення інформації військові США визнали цивільний авіалайнер іранськими військовими силами, що призвело до його збиття. Це яскравий приклад того, як відсутність чіткої і оперативної комунікації між військовими та цивільними органами призводить до катастрофічних наслідків [5].

Громадянська війна в Сирії створила складні умови для міжнародної авіації, оскільки військові дії в регіоні охоплюють повітряний простір, що традиційно використовувався для міжнародних рейсів. У 2017 році через неузгодженість між сирійськими, російськими та західними військовими силами сталося кілька випадків загрози зіткнення між військовими літаками та цивільними авіалайнерами. Завдяки ефективній комунікації між державами та координації через ІКАО було змінено маршрути багатьох міжнародних рейсів, що дозволило уникнути потенційних катастроф [1, 2].

Питання контролю над повітряним простором у Південно-Китайському морі є однією з найгостріших тем у міжнародних відносинах останнього десятиліття. Через суперечки між Китаєм та сусідніми країнами (зокрема В'єтнамом, Філіппінами та Малайзією) неодноразово виникали інциденти, пов'язані з порушенням повітряного простору та небезпекою для цивільної авіації. Важливо зазначити, що саме дипломатичні зусилля і постійний діалог через ІКАО дозволяють уникати серйозних конфліктів у цьому регіоні.

Глобалізація значно змінила міжнародну авіацію, перетворивши її на мережу, яка пов'язує між собою всі континенти і країни. Зростання кількості авіарейсів та розвиток нових технологій, таких як безпілотні літальні апарати (БПЛА) і системи автоматизованого управління польотами, значно ускладнили процес забезпечення безпеки. Комунікаційні механізми в цьому контексті набувають ще більшої значущості, оскільки зростає кількість інформації, якою необхідно оперативно обмінюватися між суб'єктами авіаційної галузі [6].

У 2019 році Європейське агентство авіаційної безпеки (EASA) оголосило про плани розширити використання безпілотних літальних апаратів

у європейському повітряному просторі. Це стало викликом для традиційної системи управління повітряним рухом, оскільки БПЛА вимагають окремих регуляторних норм і нових механізмів координації. У таких умовах важливо забезпечити не лише технічну сумісність, але й налагоджене спілкування між контролюючими органами [4, 6].

Висновки

В умовах сучасних глобальних викликів міжнародні авіаційні конфлікти стають все більш складними і багатовимірними. Як показує аналіз низки випадків, ефективне вирішення таких конфліктів можливе лише за умови належної комунікації між усіма зацікавленими сторонами. Держави, міжнародні організації, авіакомпанії та інші суб'єкти повинні постійно вдосконалювати свої комунікаційні механізми з метою оперативного реагування на потенційні загрози та запобігання авіаційним інцидентам.

Список літератури

1. International Civil Aviation Organization (ICAO). Safety Management Manual (SMM). Doc 9859, 4th Edition, 2018.
2. Boin, A., 't Hart, P. The Politics of Crisis Management: Public Leadership Under Pressure. 2nd Edition. Cambridge University Press, 2017. 256 p.
3. Netherlands Safety Board. Final Report: MH17 Crash. The Hague: DSB, 2015.
4. IATA. Annual Safety Report 2019. Montreal: IATA, 2019.
5. Department of Defense (DoD). Formal Investigation into the Downing of Iran Air Flight 655. Washington D.C.: DoD, 1988.
6. EASA. European Drone Outlook Study 2019. Cologne: EASA, 2019.
7. European Commission. U-space: A blueprint for the integration of drones into the European airspace. Brussels: European Commission, 2019.

УДК 327.8(477+73)

Р.М. Демченко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Енергетична дипломатія в сучасних українсько-американських відносинах

Апробується авторське твердження про розвиток енергетичної дипломатії між Україною та США в якості інтегрального «ядра», що визначає специфіку процесів сек'юритизації національної безпеки обох держав, їх двостороннього співробітництва, а також чинить вплив на панєвропейські та євроатлантичні політичні, економічні та безпекові тренди сучасного розвитку.

Основним положенням, що виноситься автором наукових тез на апробацію, є його твердження про розвиток енергетичної дипломатії між Україною та США в якості інтегрального «ядра», що визначає специфіку процесів сек'юритизації національної безпеки обох держав, їх двостороннього співробітництва, а також чинить вплив на панєвропейські та євроатлантичні політичні, економічні та безпекові тренди сучасного розвитку.

Перший взаємозв'язок позначений фактом того, що внаслідок розв'язання РФ спочатку гібридної (2014 р.), а згодом і відкритої повномасштабної (2022 р.) війни проти України відбулося посилення взаємозалежності між енергетичними політикками і стратегією США і України та відповідно - формуванням їх політик і стратегій у галузі воєнної безпеки. Останнє стало реальним через зростання чинника так званої геополітичної енергетичної парадигми. Зокрема геополітичний характер російсько-української війни переорієнтував увагу США та України від переважно ринкових факторів у отриманні доступу до енергетичних ринків до суто географічно-політичних, що почали тепер стосуватися політики контролю над конкретними територіями, транспортними маршрутами і коридорами та безпосередньо природними ресурсами, що знаходяться на відповідних територіях і районах (сухопутних чи морських), пов'язані з відповідними маршрутами.

Другий взаємозв'язок вказує на те, що вищезгадана геополітична парадигма енергетичної політики США та України пов'язується сьогодні не лише виключно з поточними воєнними планами і результатами РФ відносно захоплення й утримання територій (безпосередньо українських), що багаті на енергетичні ресурси, але й з геополітичним стримуванням у середньостроковій перспективі політики КНР, яка завдяки РФ здобуває можливості у доступі та контролі над запасами дефіцитних ресурсів на Сході України, зокрема запасів літію. За даними ДУ «Інституту економіки та прогнозування НАН України» Україна є однією з небагатьох країн з великими запасами літію (за оцінками, до 10% світових запасів). Лише запаси Шевченківського родовища складають 13,8 млн тонн літієвих руд [1]. У свою чергу, за підрахунками Української геологічної служби та Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України виявлених запасів літію і графіту буде достатньо для вироблення

катодних та анодних матеріалів для Li-батарей із загальною потужність 1000 ГВт/год для підтримки мануфактури близько 20 мільйонів електромобілів [2].

Третій взаємозв'язок відображається у взаємозалежності енергетичної політики і безпеки з фінансово-економічними інтересами і пріоритетами обох сторін. У цьому сенсі відбудова чи реконструкція транспортно-енергетичної інфраструктури є ключовим активом для гарантування енергетичної безпеки України. Зокрема за оцінками аналітичної групи Київської школи економіки (KSE), збитки в енергетиці України станом на травень 2024 року склали понад 16,1 мільярда доларів. Найбільших збитків завдано від руйнування об'єктів виробництва електроенергії ($8,5 млрд), транспортних засобів ($2,1 млрд), нафтогазової інфраструктури ($3,3 млрд). Відновлення енергетичного сектору України потребує значних фінансових інвестицій, попередньо оцінених аналітичною командою KSE в 50,5 млрд доларів. Ця сума включає фінансові потреби для повної реконструкції зруйнованої та пошкодженої енергетичної інфраструктури з урахуванням принципу «Відновлюй краще» ($48,5 млрд) і $2 млрд для задоволення потреб енергетичних компаній в ліквідності, спричинених втратою доходів, пов'язаною з війною. Орієнтовна вартість відновлення безпосередньо нафтогазового сектору становить 14,8 мільярда доларів, а сектору централізованого теплопостачання – 1,4 мільярда доларів, без урахування відновлення великих теплоелектростанцій [3].

Для США, зі свого боку, відновлення енерегетичної інфраструктури України є не лише виключно полем з розширення і поглиблення американського бізнесу та інвестицій в регіоні Східної Європи. Серед економічно зацікавлених гравців можна розглядати насамперед нафтовидобувні компанії США (ExxonMobil, Chevron, Halliburton) та їх проекти з розробки родовищ на території та на шельфі України. В свою чергу представники атомної енерегетики (Westinghouse Electric Company, General Atomics, Southern Nuclear) більшою мірою пов'язують власні фінансово-економічні вигоди і прибутки із завданнями забезпечення та утримання Сполученими Штатами статусу домінуючого постачальника ядерного палива у світі, їх загального контролю за глобальним ринком ядерного палива.

Четвертий вираз взаємозалежності позначений взаємопов'язаністю енергетичної політики і безпеки з можливостями та перспективами кооперації двох держав в науково-технічній галузі. Важливою складовою у цьому напрямі є робота з підвищення енергоефективності та зменшення енергоємності енергетичних систем України. Іншим напрямом є вдосконалення технологічних процесів у сировинно-видобувній галузі. Серед головних завдань тут необхідно виділяти опанування нових технологій, можливості розробки та реалізації спільно із США якісно нових в технологічному плані наукових проектів з питань покращення енергоефективності, винайдення та використання нових джерел енергії. Наявний спільний науково-технічний потенціал і база у цьому відношенні формують обопільний інтерес сторін для розвитку такого роду співробітництва. Зокрема ще у 2015 році Управління енергетичної інформації США (EIA) оцінило ресурси сланцевого газу в Дніпровсько-Донецькому

регіоні (включаючи сухий газ, вологий газ і попутний газ) у 76 трлн куб. м. При цьому згідно з оцінками EIA, Україна має 128 трлн куб. м. обсягів сланцевого газу, що в технічнологічному плані не доведені для видобутку [4].

Висновки: Таким чином, можна зробити висновок, що поточна енергетична дипломатія двох держав (безпосередньо у період 2014 - 2024 рр.) як комплекс конкретних заходів із досягнення належного стану національної безпеки відображає свій взаємозв'язок та взаємозалежність з низкою паралельних напрямів із забезпечення державних інтересів та реалізації зовнішньої політики, а саме: досягнення суто воєнної безпеки держави; проведення фінансово-економічної діяльності; розвитку науково-технічного співробітництва.

Список літератури

1. Volodymyr Khaustov. Ukrainian Lithium: What Are the Prospects? *Mirror of the Week*. 06 february, 2024. URL : https://zn.ua/eng/ukrainian-lithium-what-are-the-prospects.html (дата звернення: 15.09.2024).

2. UKRAINE: Mining Investment Opportunities Critical Raw Materials. *Ukrainian Geological Survey*. *Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*. URL :https://www.geo.gov.ua/en/open-bids/ (дата звернення: 15.09.2024).

3. Damages and losses to Ukraine's energy sector due to Russia's full-scale invasion exceeded $56 billion. *KSE Institute estimate as of May 2024*. 10 June 2024. URL : https://kse.ua/about-the-school/news/damages-and-losses-to-ukraine-s-energy-sector-due-to-russia-s-full-scale-invasion-exceeded-56-billion-kse-institute-estimate-as-of-may-2024/ (дата звернення: 16.09.2024).

4. World Shale Resource Assessments. Analysis & Projections. *U.S. Energy Information Administration*. URL : https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/ (дата звернення: 16.09.2024).

УДК 316.774-042.:341.71(043.2)

В.М. Кириченко, Ю.О. Седляр
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Механізми інформаційного впливу у контексті дипломатичних відносин

Дослідження аналізує механізми інформаційного впливу в дипломатичних відносинах, такі як медіа-війни, кіберпропаганда та маніпуляція громадською думкою. Окремо розглядаються інструменти, що використовуються для впливу на політичні рішення урядів. Підкреслюється важливість адаптації дипломатії до нових викликів інформаційної війни у сучасних міжнародних відносинах.

У сучасних умовах глобальної інформаційної інтеграції механізми інформаційного впливу стають важливим інструментом у дипломатичних відносинах між державами. Інформаційні кампанії, медіа-війни, кіберпропаганда та стратегічна комунікація використовуються як засоби формування громадської думки, маніпулювання політичними процесами та впливу на рішення урядів. Дослідження показують, що інформаційний вплив може як посилювати, так і послаблювати міжнародні позиції держав, створюючи нові можливості або загрози для їх зовнішньополітичних стратегій. Це вимагає аналізу ключових методів і технологій інформаційного впливу, таких як маніпуляція фактами, використання фейкових новин, соціальні медіа та цільове поширення пропагандистських наративів. Здатність дипломатії адаптуватися до нових викликів інформаційної війни стає вирішальною для збереження стабільності та довіри у міжнародних відносинах.

У рамках дослідження було проведено аналіз інформаційного впливу на дипломатичні відносини, зокрема вплив інформаційних кампаній та маніпулятивних технологій на політичні рішення держав. Основною метою дослідження було визначити, як інформаційні стратегії можуть змінювати баланс сил на міжнародній арені, впливати на поведінку урядів та їхні рішення у контексті дипломатичних конфліктів.

У даному дослідженні використовувався контент-аналіз як метод аналізу міжнародних інформаційних кампаній та дипломатичних криз, що мали місце з 2014 по 2024 рр.

Сучасні дипломатичні процеси дедалі більше залежать від інформаційних впливів, які можуть мати як позитивні, так і негативні наслідки для міждержавних відносин. Інформаційний вплив включає кілька ключових механізмів, зокрема:

1.Пропагандистські кампанії використовуються для формування вигідного наративу на міжнародній арені. Яскравим прикладом є російська дезінформаційна кампанія під час конфлікту з Україною, яка була спрямована на міжнародну спільноту та формування образу України як «недостовірного» партнера. Пропаганда націлена на підрив довіри до опонента, маніпулювання фактами та формування суспільної думки з метою впливу на дипломатичні процеси.

2.У сучасному світі, де значна частина комунікації переходить у цифровий простір, кіберпропаганда стала новим інструментом для впливу на дипломатичні відносини. Через соціальні медіа, фейкові новини та маніпулятивні повідомлення держава може впливати на громадську думку та рішення урядів інших країн. Аналіз інформаційних кампаній під час Brexit показав, як вплив соціальних медіа міг сприяти змінам у підтримці виходу Великобританії з ЄС.

3.Інформаційні кампанії активно використовуються для зміни сприйняття громадянами іншої країни певних подій або політичних рішень. У випадку конфлікту між державами, контрольоване поширення дезінформації може створювати тиск на уряди через громадське невдоволення або формування фальшивих наративів. Наприклад, інформаційна війна Росії проти західних країн під час президентських виборів у США в 2016 році.

4.Крім агресивних методів, інформаційний вплив може використовуватися через "м'яку силу" для покращення іміджу держави та зміцнення культурних зв'язків. Наприклад, дипломатичні програми обміну, освітні проекти, а також міжнародні культурні ініціативи слугують засобом для формування позитивного сприйняття держави серед громадян інших країн. Такі механізми створюють позитивний імідж і можуть впливати на політичні рішення.

5.Медіа стали не лише джерелом інформації, але й активним інструментом впливу на дипломатичні відносини. Контрольоване поширення інформації через міжнародні медіа може підсилювати або послаблювати позиції держав на світовій арені. В епоху цифрових технологій уряди мають можливість поширювати власні наративи через такі платформи, як Twitter, YouTube та інші.

З іншого боку, головними результатами інформаційних впливів у сучасних міжнародних відносинах можна вважати:

- дипломатичну ізоляцію через інформаційні атаки;
- використання фейкових новин у дипломатії, адже розповсюдження фейкових новин і маніпуляція фактами значно впливають на громадську думку, що, своєю чергою, формує тиск на уряди для прийняття певних рішень, вигідних джерелу дезінформації;
- соціальні медіа як інструмент дипломатії. Соціальні медіа все більше використовуються як платформа для поширення маніпулятивних наративів. Наприклад, Twitter і Facebook були ключовими інструментами під час Brexit і президентських виборів у США 2016 року, що вплинуло на міжнародні відносини та дипломатичні рішення.

Висновки.

Результати дослідження підтверджують, що інформаційний вплив може значно змінювати динаміку дипломатичних відносин. Держави використовують інформаційні технології для підсилення власних позицій на міжнародній арені, впливаючи як на громадську думку, так і на уряди інших країн. Це підкреслює важливість розробки нових механізмів захисту від дезінформації у сфері міжнародної дипломатії. Для аналізу використовувались такі методи: контент-аналіз інформаційних кампаній та стратегічних комунікацій з метою виявлення ключових технік маніпуляції; дослідження випадків інформаційних атак,

зокрема в українсько-російському конфлікті, що дозволило оцінити ступінь їх впливу на міжнародні рішення та публічну думку. Виявлено, що найбільш ефективними є стратегічні кампанії, які використовують фейкові новини, орієнтовані на емоційне сприйняття аудиторії.

Список літератури

1. Freedman, L. (2006). *The transformation of strategic affairs*. London: International Institute for Strategic Studies.
2. Fuchs, C. (2014). *Social media: A critical introduction*. London: SAGE Publications.
3. Nye, J. S. (2011). *The future of power*. New York: PublicAffairs.
4. Pomerantsev, P. (2014). *Nothing is true and everything is possible: The surreal heart of the new Russia*. New York: PublicAffairs.
5. Wilson, A. (2014). *Ukraine crisis: What it means for the West*. New Haven: Yale University Press.

УДК 327(48):94(48 (043.2)

Д.В. Живцова
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Історичні витоки формування зовнішньої політики Скандинавських країн

У статті висвітлено історичний розвиток Скандинавії, включаючи Норвегію, Швецію, Данію, Ісландію, Фінляндію та Фарерські острови. Обґрунтовано походження терміну «Скандинавія», Встановлено, що індустріалізація та політичні зміни, зокрема процеси здобуття незалежності Фінляндії, Ісландії та Норвегії проклали шлях до розвитку демократичних інституцій, сформували систему цінностей, які стали як інтегральною основою сучасної європейської політики Скандинавський країн, так і основою розбудови міждержавних відносин з іншими державами світу. З'ясовано, що демократичний транзит у країнах Північного регіону супроводжувався трансформацією господарських взаємин, що у подальшому призвело до якісних змін в економічних процесах і подолання системних фінансово-економічних проблем.

Скандинавія, частина північної Європи, зазвичай складається з двох країн Скандинавського півострова, Норвегії та Швеції, з додаванням Данії. Деякі органи влади виступають за включення Фінляндії з геологічних та економічних міркувань, а також Ісландії та Фарерських островів на тій підставі, що їхні жителі розмовляють північногерманськими (або скандинавськими) мовами, спорідненими мовам Норвегії та Швеції. Як правило, коли ці інші території додаються до Норвегії, Швеції та Данії, групу називають «Скандинавськими країнами».

Термін Norden також почав використовуватися для позначення Данії, Фінляндії, Ісландії, Норвегії та Швеції, групи країн, які мають спорідненість одна з одною та відрізняються від решти континентальної Європи [4]. Серед їхніх відмінних характеристик – малонаселені північні регіони, відносне багатство рибних ресурсів, довга тривалість життя та високий рівень грамотності. Чому ці країни називають скандинавськими? Походження слова «Скандинавія» виникло на початку 18 століття в результаті того, що данські та шведські університети відстоювали спільну історію, міфологію, мистецтво та культуру трьох країн: Данії, Швеції та Норвегії. Основою руху була Сканія, також відома як Сконе, найпівденніша провінція Швеції; це дало початок терміну «Скандинавія». Від Лейфа Еріксона до заснування Північної ради Північний регіон має спільну історію, яка налічує більше тисячоліть у минулому століття скандинавські країни зближувалися через міжкультурний діалог та прийняття відмінностей одна одної. Коли Лейф Еріксон на прізвисько «Щасливий» відплив із західного узбережжя Гренландії у 1002 році, він навряд чи міг уявити, що його подорож увійде в історію. Еріксон є чимось на зразок символу Північного регіону, який насолоджувався особливим почуттям транскордонної спільноти ще з часів вікінгів. Він народився в Ісландії, виріс у Гренландії та провів пару років своєї юності в Норвегії. Еріксон був

скандинавським космополітом, і в 1003 році він і його корабель досягли Вінланда, або Ньюфаундленду, як він відомий сьогодні. Це зробило його першим європейцем, який досяг берегів Америки за багато років до Христофора Колумба. За часів Еріксона більша частина Північного регіону вперше стала об'єднаним королівством, яке з тих пір називається Норвезьким королівством. Норвезькі королі поступово взяли під контроль Фарерські острови, Ісландію та Гренландію та тісно взаємодіяли з королями вікінгів Швеції та Данії. Скандинавські вікінги досягли не лише сучасної Канади, а й віддалених міст у глибині Росії та середземноморського світу. Хоча вікінгів пізніше зображували як кровожерливих вояків, вони були переважно мореплавцями-торговцями та хорошими фермерами, які тримали худобу та обробляли землю. Таким чином, вікінги допомогли модернізувати держави, а з впровадженням християнства на рубежі тисячоліть Північний регіон також став культурно ближчим до Європи.

Християнство принесло новий культурний потік у Північний регіон. Були побудовані великі церкви, такі як собори в Ставангері та Рібе, а також монастирі та єпископства аж до Західної Гренландії. Завдяки зростаючій торгівлі з містами й країнами, розташованими далі на південь, були засновані ринкові міста, побудовані замки, а також нові харчові звички та модні тенденції. Південь дав не тільки нові захоплюючі стимули, але й хворобу, як-от Чорна смерть. Це мало серйозні наслідки та майже знищило населення Норвегії та Ісландії. Незрозуміло, чи була це чума причиною загибелі скандинавських гренландців, але ми знаємо, що скандинавська цивілізація в Західній Гренландії вимерла на початку п'ятнадцятого століття. Лише через три століття контакт між Гренландією та рештою Північного регіону був відновлений.

У середні віки позиція Північного регіону як культурного, економічного та політичного утворення була підтверджена. У 1397 році Данія, Норвегія та Швеція об'єдналися, утворивши Кальмарську унію – по суті Північну імперію. Союз також включав старі заморські території Норвегії: Шетландські острови, Оркнейські острови, Фарерські острови та Ісландію, а також Аландські острови та Фінляндію, які перебували під владою Швеції протягом Середньовіччя. Карта Кальмарського союзу приблизно нагадує мапу Північного регіону, який ми знаємо сьогодні. Союз між північними країнами був відносно міцним у перші роки; однак їхні зв'язки поступово слабшали і були переслідувані внутрішньою боротьбою між Данією та Норвегією з одного боку та Фінляндією та Швецією з іншого. Кальмарська унія нарешті розкололася навпіл, після чого настав період заворушень, чому не допомогла сумнозвісна стокгольмська кровопролиття 1520 року, коли датський король Крістіан II наказав стратити велику групу дворянства та інших видатних громадян у шведській столиці у 1520 році. спроба зберегти владу над Швецією.

У пізньому Середньовіччі та в епоху Відродження значна частина Північного регіону відставала від решти Європи в багатьох аспектах. Однак у той самий період Швеція перетворилася на велику європейську державу, контролюючи більшу частину Балтії, включаючи більшість нинішніх балтійських країн і частини сучасних Німеччини та Польщі. Фінляндія також залишалася частиною Шведського королівства. Данія-Норвегія спробувала свої сили як колоніальна держава, захопивши Транкебар в Індії, частини сучасної

Гани в Африці та три карибські острови Сент-Томас, Сент-Ян і Сент-Круа. Остання була залежною територією Данії до 1917 року. Незважаючи на ці амбіції, Північний регіон стояв у тіні процвітаючих міст-держав на півдні та морських держав, таких як Іспанія, Португалія, Нідерланди та Великобританія, які починали завойовувати світ і мали значний вплив на розвиток Європи. Ані Данія-Норвегія, ані Швеція-Фінляндія не мали б такої впливової ролі. Інтегровані державні утворення неодноразово вступали у збройні конфлікти між собою, намагаючись встановити гегемонію над спільним Північним простором. Ці виснажливі війни в цілому сприяли зміцненню позицій Швеції. Спочатку Данія мала поступитися Швеції зеленими та добре розвиненими Сконе, Галландом і Блекінге; а в 1814 році вся Норвегія відійшла до Швеції, яка щойно втратила Фінляндію на користь іншого свого головного суперника – Росії.

На сучасне використання терміну «Скандинавія» вплинув скандинавізм, скандинавський політичний рух, який мав на меті скасування абсолютної монархії, пропагував федералістичну державу, включаючи Швецію, Данію та Норвегію [1]. Він був активним у середині дев'ятнадцятого століття, головним чином після Першої війни за Шлезвіг (1848-1850), тривалого конфлікту між Данією та повстанцями континентальних герцогств Ютландія. Данія зберегла свій контроль над Ютландією, а в проміжні роки перед Другою війною за Шлезвіг (1864) Швеція та Норвегія надали данцям значні військові сили. Того року ознаменувався кінець скандинавського політичного руху, коли шведський парламент засудив обіцянки військової підтримки, дані Данії шведським королем Карлом XV: члени шведського парламенту остерігалися вступати в альянс проти зростаючої німецької влади. Спроби Данії анексувати (данське) герцогство Шлезвіг, яке разом з (німецьким) герцогством Гольштейн перебувало в особистій унії з Данією, призвели до Другої війни за Шлезвіг, що послідувала в 1864 році, короткої, але катастрофічної війни між Данією та Пруссією (за підтримки Австрії), незважаючи на успішну блокаду Північного моря Данією прусського та австрійського флотів. Шлезвіг-Гольштейн був завойований Пруссією, і після успіху Пруссії у франко-прусській війні було створено Німецьку імперію під проводом Пруссії та встановлено новий баланс сил країн Балтійського моря.

Зі свого боку, шведський король запропонував об’єднати Данію, Норвегію та Швецію в єдине королівство. Підґрунтям для пропозиції стали бурхливі події під час наполеонівських воєн на початку століття. Ця війна призвела до того, що Фінляндія (колишня східна третина Швеції) стала російським Великим князівством Фінляндським у 1809 році, а Норвегія (де-юре в союзі з Данією з 1387 року, хоча де-факто розглядалася як провінція) стала незалежною у 1814 році, але після цього швидко була змушена прийняти персональну унію зі Швецією. Залежні території Ісландія, Фарерські острови та Гренландія, які історично були частиною Норвегії, залишилися за Данією згідно з Кільським договором [2]. Таким чином, Швеція та Норвегія були об’єднані під владою шведського монарха, але включення Фінляндії до Російської імперії виключало будь-яку можливість для політичного союзу між Фінляндією та будь-якою іншою скандинавською країною.

Скандинавський політичний союз не був досягнутий; однак у 1873 році існував Скандинавський валютний союз, який проіснував до Першої світової війни, з кроною як загальною валютою. Данія зберегла контроль над Ісландією, Фарерськими островами та Гренландією, які тим часом були колонізовані. Данія і Швеція досягли миру у XIX ст. Хоча згодом обидві країни були невеликими за європейськими мірками, великі європейські держави вважали незалежність цих країн стратегічно вигідною. Існувала потреба в буфері між такими великими державами, як Росія, Пруссія, Франція та Британія, і була перевага в тому, що Балтійське море не контролювалося одноосібною державою.

Разом із тим, повсюдна бідність характеризувала ці країни у першій половині XIX ст. Багатьох людей приваблювали перспектива кращого життя в Америці й еміграція. Багато в чому індустріалізація запропонувала північним країнам новий початок. Промисловість, що розвивалася у містах, потребувала робочої сили. Важка промисловість, гірнича промисловість і суднобудування виникли на більшій частині Північного регіону. Індустріалізація також відкрила шлях до демократії, яка була повністю встановлена в скандинавських країнах після Першої світової війни.

Отже, поряд із економічними перетвореннями, викликаними індустріалізацією, у північних країнах набирали силу і політичні рухи за незалежність, прокладався шлях до формування демократичних інституцій. Дані процеси супроводжувалися закликами до незалежності у Фінляндії, Ісландії та Норвегії. Аландські та Фарерські острови також мріяли про незалежність або принаймні про широку автономію. Зрештою, Норвегія здобула незалежність у 1905 р., а Ісландія – у 1918 р. Фінляндія проголосила свою незалежність від Росії в 1917 році, але в наступні роки пережила запеклу громадянську війну, в якій боролися ті, хто волів тісних відносин з Росією, з одного боку, і ті, хто прагнув до тісних відносин з іншими північними країнами, з іншого. Тоді як Норвегія вирішила стати конституційною монархією, як Швеція та Данія, Фінляндія стала республікою, чия зовнішня політика в основному базувалася на дружніх відносинах з Росією.

Висновки

Аналіз історичного розвитку Скандинавії показує, що регіон пройшов значні перетворення від епохи вікінгів до сучасності. Індустріалізація в середині XIX століття стала рушійною силою економічних і соціальних змін, що призвели до становлення демократичних систем у країнах Скандинавії. Політичні рухи за незалежність, зокрема у Фінляндії, Ісландії та Норвегії, свідчать про прагнення до самостійності та зміцнення національної ідентичності. Скандинавський регіон, завдяки історичним зв'язкам і спільним культурним рисам, продовжує демонструвати свою унікальність і єдність на світовій арені.

Список літератури

1. Scandinavia - New World Encyclopedia. Research Begins Here - New World Encyclopedia. URL: https://www.newworldencyclopedia.org/entry/Scandinavia (дата звернення: 05.09.2024).
2. The Editors of Encyclopaedia Britannica. Treaty of Kiel | Scandinavian Union, Norway, Prussia. Encyclopedia Britannica. URL: https://www.britannica.com/event/Treaty-of-Kiel (date of access: 05.09.2024).
3. The history of the Nordic Region. Nordic cooperation. URL: https://www.norden.org/en/information/history-nordic-region (дата звернення: 05.09.2024).
4. Where is Scandinavia? A Guide to the Scandinavian Countries. Scandinavia Standard. URL: https://www.scandinaviastandard.com/where-is-scandinavia-a-guide-to-the-scandinavian-countries/ (дата звернення: 05.09.2024).

УДК 339.9

В. Мандра, д.е.н, професор
А. Терновий, А. Малер
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Дослідження методів хеджування валютних ризиків в Україні за поточних умов

Аналіз економічної ситуації, яка виникла в Україні сумісно з страхуванням на глобальному та хеджуванням валютних ризиків на локальному рівнях взаємодії.

Українська економіка зіткнулася з безпрецедентними викликами через триваючі військові дії. Ці виклики створили додаткові ризики та складнощі, особливо для бізнесу, що займається міжнародною торгівлею. Ризики включають обмеження на валютні платежі, невизначеність щодо термінів надходження виручки від клієнтів та затримки експортних поставок. Ці затримки можуть бути спричинені різними факторами, такими як обстріли, перебої у виробничих циклах, дефіцит енергоресурсів, нестача робочої сили та інженерно-технічних кадрів, а також логістичні проблеми. Ці ж фактори спричинили затримки в імпорті критично важливих компонентів, необхідних для роботи підприємства.

У такому нестабільному середовищі підприємства повинні впроваджувати ефективні стратегії для зменшення фінансових ризиків, зокрема, валютних. Коливання валютних курсів, непередбачувані строки надходження виручки та обмеження міжнародних банківських операцій можуть серйозно вплинути на фінансову стабільність компаній. Механізм хеджування набуває вирішального значення в такому контексті.

Першим кроком у хеджуванні є визначення валютного ризику, з яким стикається підприємство. Це передбачає визначення розміру та часових рамок ризику. Для підприємств в Україні валютний ризик може посилюватися затримками в отриманні платежів через вищезгадані логістичні та економічні перебої. Крім того, коливання валютних курсів можуть вплинути на співвідношення доходів і витрат, деномінованих в іноземній валюті.

Після оцінки валютного ризику компанії повинні обрати відповідну стратегію управління ним. Існує два основних підходи до управління валютним ризиком:

Підхід внутрішнього контролю включає операційні коригування, такі як укладання контрактів у стабільній валюті, управління грошовими потоками та коригування термінів платежів. Наприклад, компанії можуть вимагати від клієнтів платити в доларах США або євро замість місцевої валюти, щоб уникнути непередбачуваних коливань.

Більш популярними є опції хеджування, пропоновані зовнішніми банками та пропонованих ними форвардними контракти, опції або свопи. Однак через конфлікт доступ до цих інструментів був суттєво обмежений. Банки можуть не бажати пропонувати ці послуги українським компаніям через підвищений ризик, що залишає підприємствам менше можливостей для

зменшення валютних ризиків. В Україні також продовжено обмеження використання цих інструментів.

Конфлікт також обмежив доступ українських компаній до міжнародних банківських інструментів, які зазвичай відіграють важливу роль у хеджуванні валютних ризиків. Зменшення кількості банків, готових брати участь у хеджуванні, та загальне скорочення обсягів транскордонних фінансових послуг призвели до того, що українські підприємства стикаються зі значними труднощами у захисті від валютних ризиків.

У нинішніх умовах основною метою хеджування валютних ризиків є забезпечення фінансової стабільності українських підприємств. Ретельно аналізуючи ці ризики та керуючи ними, підприємства можуть мінімізувати фінансовий вплив коливань валютних курсів навіть в умовах серйозних економічних потрясінь. Однак ефективність методів хеджування в Україні сьогодні обмежена як зовнішніми факторами, такими як міжнародні банківські обмеження, так і внутрішніми проблемами, включаючи перебої у виробництві та ланцюгах поставок.

Вирішальне значення в умовах сьогодення має підтримка держави та держав-партнерів: Україні разом із британським урядом та пулом 14 страхових компаній вдалося створити спеціальний механізм страхування суден, які скористалися українським морським коридором. Це має зробити морський шлях доступнішим для ширшого кола експортерів, підтримуючи економіку та віддаляючи дефолт та стагнацію. Загальний обсяг покриття за цією програмою становить 50 мільйонів доларів. Додатково варто уточнити, що страхування кораблів стало можливим завдяки співпраці з провідними британськими компаніями у сфері перестрахування Marsh McLennan та андеррайтерами Lloyd’s of London через запуск механізму Unity Facility.

Висновки

Валютні, експортні та імпортні операції України на теперішній час переживають спад. Страхування та хеджування валютних ризиків на міжнародному рівні взаємодії перестали бути загальнодоступними послугами, а ефективні стратегії як заключення форвардних контрактів, опціонів або свопів стали більш недоступними. Попри всі негативні наслідки, які були проаналізовані вище, економічна система України не залишилася повністю ізольованою, хеджування валютних ризиків та допоміжні угоди від країн-партнерів можуть покращити ситуацію.

Список літератури

1. Про роботу банківської системи в період запровадження воєнного стану. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0018500-22#Text (дата звернення: 16.09.2024).

2. Букатюк У. Україна домовились з Великою Британією про страхування суден в морському коридорі обсягом покриття $50 млн (доповнено) – Forbes.ua. *Forbes.ua | Бізнес, мільярдери, новини, фінанси, інвестиції, компанії*.

URL: https://forbes.ua/news/ukraina-domovilis-z-britanieyu-pro-spilne-strakhuvannya-suden-v-ukrainskomu-morskomu-koridori-tse-mae-zrobiti-yogo-dostupnishim-dlya-eksporteriv-15112023-17271 (дата звернення: 16.09.2024).

3. Zichen Zhao. An Analysis on Hedging Strategies of Corporates under Ukraine Conflict. *Advances in Economics Management and Political Sciences* 79(1): P. 124-132

УДК 339.92(261.24+262.5):001.8(043.2)

Д.В. Протас
(Національний авіаційний університет, Україна)

Методологія дослідження міжнародного співробітництва в Балто-Чорноморському просторі

У контексті відкритої військової агресії в Європі постає необхідність формування нової системи світоустрою. Важливим аспектом цього процесу є створення нових військово-політичних союзів, які особливо актуальні для малих країн з обмеженим військовим потенціалом. В умовах агресії Росії проти України обговорюється можливість формування Балто-Чорноморського союзу, що об'єднає країни Балтії, Польщу та Україну.

Географічний простір між Балтійським і Чорним морями (або Понтійським) відомий як Балто-Чорноморський регіон (в європейській геополітиці як Понто-Балтійський перешийок). Країни, об'єднані в спільний регіональний Балто-Чорноморський простір, утворюють географічну одиницю, яка завжди була втілена політичною згуртованістю між різними націями. Сьогодні Балто-Чорноморський регіон на політичній карті світу існує фактично, а не як юридично, без будь-якої системи політико-територіального поділу та управління з центрами, які б забезпечували його сталість, керованість, цілісність у цілому.

З огляду на політико-географічні особливості Балто-Чорноморський геополітичний регіон включає кілька субрегіональних одиниць – субрегіонів (рис. 1):

- країни Балтії (Литва, Латвія та Естонія);
- Центральна Європа (Польща, Чехія, Словаччина та Угорщина);
- Чорноморський субрегіон (Україна, південь Європейської Росії, країни Кавказу, Туреччина, Болгарія, Румунія, Молдова).

Чорноморський субрегіон можна розглядати як окремий регіон, що включає Східну Європу та Закавказзя (або Південний Кавказ) і окремо країни Туреччини, Румунії та Болгарії, які підтримують регіональні та міжурядові ініціативи. Румунія і Болгарія географічно є балканськими країнами. За соціально-політичними, економічними та етнічними характеристиками вони близькі до Центральної Європи. Крім того, зосередженість Румунії та Болгарії на євроатлантичному співробітництві привела їх до членства у відповідних структурах, що дозволило включити ці країни до Центральної Європи. Білорусь географічно розташована у Східній Європі. За своїми політико-географічними, геополітичними параметрами Білорусь важко віднести до будь-якого з цих субрегіонів, але вона можна розглядати в аспекті міждержавних відносин [1].

Обговорення ідеї створення Балто-Чорноморського союзу розпочалося після Першої світової війни польськими та українськими вченими з метою утворення групи держав з метою захисту своєї незалежності та культурної ідентичності. Саме тоді розпочалося формування ідеї, перспектив та аналіз

об’єднання. У розробці ідеї брали участь серед інших іноземних учених Степан Рудницький, 40 Юрій Липа, Юзеф Підсудський.

Нині існує три основні наукові концепції Балто-Чорноморського союзу:

1) концепція Міжмор’я — союзу від Балтійського до Чорного моря;

2) концепція польського політика Єжи Гедройця: союз Польщі, України, Литви та Білорусі;

3) польська концепція союзу країн Адріатичного, Балтійського і Чорного морів.

В умовах відкритої військової агресії в Європі актуальною стає проблема формування нової системи світоустрою. Важливим аспектом у цьому плані є створення нових військово-політичних союзів (як формальних, так і неформальних), що особливо актуально для малих країн із відносно незначним військовим потенціалом. Формування союзів має розглядатися з урахуванням усіх обставин: військових, політичних, економічних, історичних, безпекових.

У зв’язку з відкритою агресією Росії проти України, відкритою підтримкою Білоруссю такого вторгнення світовою спільнотою розглядаються різні варіанти та нові моделі формування системи колективної безпеки, в тому числі питання створення Балто-Чорноморський союз або союз країн Балтії, Польщі та України. Усі країни Чорноморсько-Балтійського блоку посідають досить високі позиції у світовому рейтингу військової могутності, але найвищі позиції посідають великі країни. Україна нині є головною фігурою на міжнародній арені у протистоянні цивілізованого світу Російській Федерації. Від нашої перемоги залежать усі поточні зміни в міжнародній системі та світовому порядку. Зараз Росія знищила значну частину української інфраструктури, найбільше постраждав енергетичний сектор. Порушено роботу атомних електростанцій; руйнувалися заводи, станції, залізниці, ферми, шосейні дороги, міські цілі; розкрадено великі запаси українського зерна.

Слід зазначити, що створення BBS передбачається лише в загальному контексті розвитку європейського регіону, НАТО чи ЄС. Водночас наявність спільних умов та інтересів може стати основою для створення такого альянсу з власними цілями співпраці.

Основною метою створення субальянсу BBS є розвиток субрегіонального співробітництва в економічній, політичній, культурно-освітній та військовій сферах. Завдяки тіснішій політичній та економічній співпраці в рамках Балто-Чорноморського союзу країни Східної Європи могли б стати самодостатнім і органічним союзом держав, які борються за спільні інтереси. Створення альянсу не сповільнить процес інтеграції Східної та Західної Європи. Інтеграційний процес стане більш стабільним і добре організованим, покращуючи європейську безпеку в цьому процесі.

Позитивний економічний та оборонний розвиток країн Балто-Чорноморського регіону може стати прикладом для країн, які перебувають під впливом Росії. Якщо співробітництво країн-учасниць буде посилено інформаційною, дипломатичною та безпековою діяльністю, то регіон зможе сформувати власні політико-ідеологічні орієнтири та інтереси на міжнародній арені. Балто-Чорноморський союз може бути реалізований в економічній сфері,

якщо він буде інтегрований у Велику Європу і матиме підтримку Сполучених Штатів.

Основними напрямками співробітництва альянсу, мають стати: інвестиційне співробітництво (у тому числі у військовій сфері); створення єдиних транспортних систем і коридорів; всеможливе сприяння культурному та освітньому співробітництву на національному, регіональному та місцевому рівнях; створення субрегіональної системи безпеки (під егідою НАТО); багатостороннє економічне та торговельне співробітництво; взаємне виробництво та постачання військової продукції; створення єдиного фінансового простору для сприяння інвестиціям; єдина інформаційно-комунікаційна система. Серед більш детальних форм співпраці також називаються: багатостороння координація економічних та інших санкцій; взаємні поставки летальної та оборонної зброї; співробітництво з питань енергетичної безпеки та транзиту енергоносіїв; взаємодопомога в бойовій підготовці військ і модернізації озброєння; обмін стратегічними, контррозвідувальними та іншими даними; спільні військово-промислові підприємства та розробки (особливо високотехнологічні); спільні міжнародні ініціативи з протидії пропаганді; обмін військовими радниками та іншими експертами (Волович, 2016).

З огляду на те, що BBS спочатку розглядається як суб-альянс, його формування може включати систему національних, багатонаціональних, спільних ініціатив для досягнення поставлених цілей. Особливу увагу слід звернути на проекти стратегічного значення: економічні, транспортні та безпекові.

Якщо геополітична ситуація зміниться, Балто-Чорноморський водний шлях може стати реальним і ефективним економічним драйвером регіонального розвитку всіх потенційних країн-партнерів. Реалізація проекту Балто-Чорноморського союзу також може стати важливою складовою активізації міжрегіональної програми Європейського Союзу TRACECA (Транспортний коридор Європа-Кавказ-Азія), метою якої є створення транспортного коридору з Європи через Чорне море, Кавказу та Каспійського моря до країн Середньої Азії та Китаю.

Висновки

Балто-Чорноморське співробітництво є важливою складовою зовнішньої політики України, що має велике значення для забезпечення національної безпеки, економічного розвитку та політичної стабільності. Цей регіон, що охоплює країни Балтії, Центральної та Східної Європи, а також Чорноморського узбережжя, має стратегічне розташування та багатий ресурсний потенціал. Співпраця України з країнами цього регіону ґрунтується на спільних інтересах та прагненнях до стабільності і процвітання. Історично Балто-Чорноморський регіон був місцем перетину інтересів різних держав та цивілізацій. Сьогодні він є ареною динамічних політичних і економічних процесів, що впливають на міжнародні відносини в Європі. У сучасних умовах

важливість цього співробітництва зростає внаслідок спільних викликів, зокрема безпекових загроз, економічних проблем та потреби в енергетичній незалежності. Україна, яка географічно та політично належить до цього регіону, активно розвиває партнерські відносини з країнами Балто-Чорноморського простору. Таке співробітництво охоплює широкий спектр напрямів: від політичного діалогу та військової співпраці до економічних ініціатив і культурних обмінів. Особлива увага приділяється питанням енергетичної безпеки, розвитку транспортних коридорів та зміцненню обороноздатності. Отже, можна зробити висновок, що зараз необхідно вести переговори на всіх рівнях міждержавного співробітництва щодо створення Балто-Чорноморського союзу. Через ретельну дискусію налагодження складних механізмів і гармонійний розподіл функцій між державами потребує часу, а Україна та країни Східної та Центральної Європи вже перебувають в економічній кризі, під загрозою їхній суверенітет і цілісність. Але слід зазначити, що цей Балто-Чорноморський військово-політичний союз не можна вважати альтернативою НАТО. Євразійський континент у зв'язку із ситуацією, що склалася внаслідок збройної агресії та тероризму Російської Федерації, потребує нової системи безпеки. Якщо кожна держава-учасниця буде членом і НАТО, і Балто-Чорноморського союзу, їх співпраця розширить оборонний потенціал і безпеку в Європі. Це буде гарантією стабільності всього континенту.

Список літератури

1. Nataliya Koroma. BALTIC-BLACK SEA GEOPOLITICAL REGION: THE NATIONAL INTERESTS OF UKRAINE IN THIS SYSTEM OF REGIONAL INTERACTIONS. URL: https://www.geokyiv.org/pdf/reports/40_Koroma.pdf (дата звернення: 27.08.2024).
2. Балтійська солідарність. Як Литва, Латвія та Естонія допомагають Україні і кому це не подобається - BBC News Україна. BBC News Україна. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/features-62755030 (дата звернення: 27.08.2024).
3. Балто-Чорноморський Союз: перспективи реалізації (частина 1) - Борисфен Інтел. Борисфен Інтел. URL: https://bintel.org.ua/nash_archiv/arxiv-regioni/arxivyevropa/arxiv-insha-yevropa/volodich-balto/ (дата звернення: 27.08.2024).
4. Безсмертний Р. П. Балто-чорноморський союз: перспективи для України. Міжнародні відносини: теоретико-практичні аспекти. 2019. № 4. С. 8–15. URL: https://doi.org/10.31866/2616-745x.4.2019.177614 (дата звернення: 27.08.2024).
5. Відносини України та Польщі перейшли на найвищий рівень. Урядовий Кур'єр. URL: https://ukurier.gov.ua/uk/articles/vidnosini-ukrayini-ta-polshiperejshli-na-najvishi/ (дата звернення: 27.08.2024).
6. Захід і Київ досі сперечаються, чия ракета впала в Польщі - BBC News Україна. BBC News Україна. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/features-63679997 (дата звернення: 27.08.2024).

7. Міжмор'я: історія та перспективи. МІЖМОР'Я: історія та перспективи. URL: https://day.kyiv.ua/uk/article/den-planety/mizhmorya-istoriya-ta-perspektyvy (дата звернення: 27.08.2024).
8. THE BALTIC-BLACK SEA UNION: PROSPECTS FOR UKRAINE. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/44270/1/Kushevska_N_Demchenko_L_NZ_KUBG.pdf (дата звернення: 27.08.2024).
9. BALTIC BLACK SEA UNION MODELING: FACTORS AND PERSPECTIVES. URL: file:///C:/Users/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D1%87/Downloads/2003-Article%20Text-2285-1-10-20230331%20(1).pdf (дата звернення: 27.08.2024).

УДК 339.92-029:93/94(477:5-15)(043.2)

Аль Аас Назар Хуссенович
(Національний авіаційний університет, Україна)

Історичний контекст розвитку відносин України з країнами Близького Сходу

Вивчення зовнішньої політики України на Близькому Сході має спиратися на різноманітні теоретичні концепції та методологічні підходи. Одним із ключових є неореалістичний підхід, який акцентує увагу на балансі сил, національних інтересах та пріоритетах держави у зовнішньополітичній діяльності. У контексті зовнішньої політики України на Близькому Сході реалістичний підхід передбачає, що ключовим мотивом дій Києва є забезпечення національної безпеки та збереження державного суверенітету в умовах складного геополітичного середовища регіону. Україна, як відносно невелика за розмірами держава, змушена маневрувати між впливами великих регіональних гравців - Росії, Туреччини, Ірану тощо - та шукати можливості для реалізації своїх інтересів. При цьому Київ має зважати на баланс сил у регіоні, можливості нарощування власного впливу та запобігання загрозам своїй безпеці.

Розглядаючи методологічні основи аналізу зовнішньої політики України на Близькому Сході, варто звернути увагу на кілька ключових аспектів. По-перше, геополітичне становище України як моста між Європою та Азією надає їй унікальні можливості для розвитку відносин з країнами Близького Сходу. Ці відносини можуть стати важливим фактором у диверсифікації джерел зовнішнього фінансування та зменшенні залежності від традиційних кредиторів.

По-друге, аналіз зовнішньої політики України на Близькому Сході повинен враховувати економічні інтереси країни, зокрема потребу в інвестиціях та нових ринках збуту. Країни Близького Сходу, особливо держави Перської затоки, можуть стати важливими інвесторами в українську економіку, що допоможе зменшити тиск зовнішньої заборгованості.

Третім важливим аспектом є енергетична політика. Україна, як транзитна держава та споживач енергоресурсів, має стратегічні інтереси на Близькому Сході. Розвиток співпраці з країнами регіону в енергетичній сфері може сприяти енергетичній безпеці України та зміцненню її економічного становища.

Методологія аналізу зовнішньої політики України на Близькому Сході повинна також враховувати культурні та історичні зв'язки. Україна має давні традиції співпраці з регіоном, що може бути використано для зміцнення двосторонніх відносин та розширення економічної співпраці.

Вивчення зовнішньої політики України на Близькому Сході має спиратися на різноманітні теоретичні концепції та методологічні підходи. Одним із ключових є неореалістичний підхід, який акцентує увагу на балансі сил, національних інтересах та пріоритетах держави у зовнішньополітичній діяльності. Неореалісти розглядають Близький Схід як арену геополітичного суперництва, де Україна прагне забезпечити свої стратегічні інтереси та

посилити власні позиції. Одним з пріоритетних напрямів зовнішньополітичної діяльності України є просування українського експорту та залучення іноземних інвестицій. В цьому контексті країни Близького Сходу можуть розглядатися як перспективні ринки для українських товарів та потенційні інвестори в економіку України.

У цьому контексті Україна може використати кілька стратегічних напрямків для розвитку відносин з країнами регіону:

1.Використання регіональних суперечностей: Україна може скористатися розбіжностями між країнами Близького Сходу щодо сирійського питання. Такі держави як Туреччина, Саудівська Аравія, Катар, ОАЕ та Кувейт мають позиції, що відрізняються від російської щодо майбутнього Сирії, що створює потенціал для співпраці з Україною.

2.Поглиблення стратегічного партнерства з Туреччиною: Туреччина залишається ключовим економічним партнером і стратегічним союзником України в регіоні. Спільні інтереси в створенні геополітичної противаги Росії, підтримка кримських татар та невизнання анексії Криму, а також військово-технічне співробітництво створюють міцну основу для подальшого розвитку відносин.

3.Акцент на економічних перевагах: Для багатьох країн Близького Сходу пріоритетними є економічні наслідки конфліктів, такі як ціни на нафту, доступність зерна та рівень інфляції. Україна може зосередитися на демонстрації економічних переваг співпраці, особливо в галузях енергетики, нафтовидобування, туризму, суднобудування та в культурно-гуманітарній сфері.

4.Використання географічного положення: Україна може посилити свою роль як транзитного хабу для товарів, що імпортуються або експортуються з Близького Сходу, використовуючи свій потужний портовий комплекс на Чорноморському узбережжі.

5.Дипломатичні зусилля: Активізація дипломатичних контактів на високому рівні, як це було продемонстровано візитом міністра закордонних справ України до Кувейту, може сприяти кращому розумінню позиції України та залученню інвестицій для відновлення української інфраструктури.

Враховуючи складну геополітичну ситуацію, перспективи розвитку відносин України з країнами Близького Сходу залежатимуть від здатності української дипломатії ефективно балансувати між різними інтересами та демонструвати конкретні переваги співпраці. Ключовим фактором успіху буде здатність України пропонувати взаємовигідні проекти та ініціативи, які відповідатимуть інтересам країн регіону, одночасно просуваючи власні стратегічні цілі.

У короткостроковій перспективі, українсько-арабські відносини, ймовірно, будуть зосереджені на консультативних зустрічах та обговореннях. Однак, для довгострокового розвитку відносин Україні важливо дотримуватися кількох ключових принципів:

1.Збалансована позиція: Україні слід уникати контроверсійних заяв щодо регіональних конфліктів і прагнути до більш нейтральної позиції, яка дозволить маневрувати у складних геополітичних умовах Близького Сходу.

2.Послідовність у міжнародній політиці: Дотримання принципів міжнародного права та послідовність у зовнішньополітичних позиціях допоможуть Україні зберегти довіру арабських партнерів.

3.Розширення кола співпраці: Україні важливо не обмежуватися лише західними союзниками, а активно розвивати відносини з країнами Глобального півдня, включаючи арабський світ.

4.Економічна дипломатія: Розвиток економічних зв'язків та залучення інвестицій з арабських країн може стати важливим фактором у зміцненні двосторонніх відносин.

5. Культурна дипломатія: Посилення культурних обмінів та взаєморозуміння між Україною та арабським світом може сприяти покращенню відносин на довгострокову перспективу.

Важливим індикатором стану відносин стануть майбутні голосування в Генеральній Асамблеї ООН, особливо щодо резолюцій, пов'язаних з російсько-українською війною. Підтримка України арабськими країнами на цьому міжнародному форумі може свідчити про позитивну динаміку у відносинах.

Висновки

Вивчення зовнішньої політики України на Близькому Сході має спиратися на різноманітні теоретичні концепції та методологічні підходи. Одним із ключових є неореалістичний підхід, який акцентує увагу на балансі сил, національних інтересах та пріоритетах держави у зовнішньополітичній діяльності. Неореалісти розглядають Близький Схід як арену геополітичного суперництва, де Україна прагне забезпечити свої стратегічні інтереси та посилити власні позиції. Конструктивістські підходи, своєю чергою, пояснюють зовнішньополітичну поведінку України на основі ідентичності, норм, цінностей та уявлень, які формують сприйняття регіону. В рамках конструктивізму важливо дослідити, як Україна концептуалізує Близький Схід, які образи та стереотипи щодо нього існують у політичному і суспільному дискурсі. Не менш важливим є розгляд зовнішньої політики України через призму комплексу безпеки, в межах якого аналізуються загрози, виклики та можливості, що постають перед Україною в близькосхідному регіоні. Це передбачає вивчення військово-політичних, економічних, енергетичних, гуманітарних та інших аспектів безпеки. Важливо також враховувати багатовекторність зовнішньої політики України, що передбачає необхідність балансування її відносин з ключовими гравцями на Близькому Сході - Росією, США, Туреччиною, ЄС, впливовими арабськими державами. Відносини з цими акторами значною мірою визначають вектори та пріоритети української політики в регіоні.

Список літератури

1. Симчера М. Теоретико-методологічні засади зовнішньої політики України (2014–2018 рр.). 2019. С. 3–10.
URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/30185.
2. Корсунський С. Концепція зовнішньої політики України. *Головна*. С-66

URL: http://fes.kiev.ua/n/cms/fileadmin/upload2/Koncepcija_zovnishnoji_politiki_Ukrajini_05.10_1.pdf (дата звернення: 03.09.2024).

3. Корсунський С. Концепція зовнішньої політики України. *Головна*. С-68 URL: http://fes.kiev.ua/n/cms/fileadmin/upload2/Koncepcija_zovnishnoji_politiki_Ukrajini_05.10_1.pdf.

4. Стратегія зовнішньополітичної діяльності України. URL: https://mfa.gov.ua/storage/app/sites/1/PD/strategy-for-pol.pdf.

5. Оцінка безпекових викликів та їх наслідків для зовнішньої політики України після виборів. URL: https://icps.com.ua/assets/uploads/images/files/zovn_pol_kandidats_a4_v01.pdf.

6. Аналіз впливу зовнішньої заборгованості на фінансову стійкість та національну економічну безпеку України. URL: https://www.researchgate.net/publication/375627089_ANALIZ_VPLIVU_ZOVNISNOI_ZABORGOVANOSTI_NA_FINANSOVU_STIJKIST_TA_NACIONALNU_EKONOMICNU_BEZPEKU_UKRAINI.

7. Перегляд зовнішньоекономічні відносини України та країн близького сходу. *Головна.* URL: https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/531/516 (дата звернення: 03.09.2024).

УДК 342.732

В.М. Васильченко, кандидат філологічних наук, Б.О. Зьоменко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Телемарафон «Єдині новини» в контексті свободи слова

Проаналізовано поняття «свобода слова», «телебачення», «медіакомунікації». Охарактеризовано діяльність телемарафону «Єдині новини» в контексті свободи слова. Показано особливості роботи сучасного телебачення під час воєнного стану.

На момент початку повномасштабного вторгнення в інформаційний простір України марафон "Єдині новини" став ключовим інструментом інформаційної боротьби з російською пропагандою.

Однак з часом телемарафон став викликати все більше недовіри та критики на адресу його проведення як серед глядачів, так і медіаспільноти. Існує занепокоєння щодо діяльності національного марафону в західних ЗМІ, а правова організація Reporters Without Borders закликає його швидше закрити.

Державний департамент США в 2023 році піддав критиці українську владу через недотримання принципів свободи слова при організації телемарафону «Єдині новини». Причиною цього стала влада, яка за допомогою окремих телеканалів однобоко висвітлює події в країні, в той час коли інші телеканали вимкнули з ефірного мовлення [12].

Найважливішими проблемами телемарафону є неефективність формату, загроза свободі слова та лояльності до чинної влади. Остання погоджується з потребою реформування «Єдиних новин», але конкретних кроків не робить.

Марафон "Єдині новини" було запущено за кілька днів після того, як Росія розпочала повномасштабне вторгнення в Україну.

Телемарафон об'єднав незалежну медіакомпанію «Суспільне Мовлення», телеканал «Рада», а також великі телеканали ICTV, «1+1», «Інтер» та «Україна 24», який до кінця 2022 року був замінений на канал «Ми – Україна». Усі вони, перебуваючи під наглядом влади, почали створювати щоденний контент марафону «Єдині новини».

Для реалізації цього проекту, канали мали свої шестигодинні ефіри, які реалізовувалися за допомогою власної медіапродукції. З цієї причини кожен канал розробляв власну редакційну політику.

Для успішної інформаційної боротьби на початку російського наступу необхідно було подолати низку проблем. Оскільки, журналісти не могли продовжувати роботу через небезпеку для життя, а з боку Росії лилася масова дезінформація.

Незважаючи на повний хаос і паніку серед населення на момент повномасштабного вторгнення Росії в Україну телемарафон «Єдині новини» зумів об’єднати і дати об’єктивну інформації стосовно того, що відбувається.

Згодом ситуація в країні стабілізувалася, і показники телемарафону помітно погіршувалася. Перші зауваження щодо нього з'явилися ще на старті його роботи, а до початку 2024 року вони лише посилюються [11].

На початку повномасштабного вторгнення марафон виконував важливе завдання: швидко, правдиво та доступно інформувати населення про воєнні дії, що дозволяло уникнути порушень журналістських правил. Проте можна знайти безліч порушень стандартів точності, коли канали для того, щоб показати новини, використовували старі відео та не повідомляли про це. Наприклад, скандальна критика з боку Катерини Соляр на адресу Світлани Лободи, яку було висвітлено з боку ведучої «24 каналу» [1].

У другій половині 2022 року, за даними медіаексперта Ігоря Куляса, в ефірі було виявлено вдвічі більше порушень журналістських стандартів, ніж за попередні шість місяців. За його підрахунками, у період з жовтня по грудень він проаналізував 13 діб ефіру(обираючи один тиждень на місяць) та виявив 7895 грубих помилок. Згідно зі статистикою за перші пів року І. Куляс зафіксував 3582 порушення [1].

Згідно з аналізами, протягом кожної ефірної години спостерігається приблизно 25 порушень. Найбільше їх зафіксовано в блоках каналу ICTV, де їхня кількість становить приблизно 40, найменша – у «Суспільного» – близько 9.

Існує тенденція до того, що канали не дотримуються двох основних стандартів: вони повинні відокремлювати факти від думок та достовірну інформацію від недостовірної. І йдеться не лише про те, що думки деяких експертів чи ведучих не завжди точні. А і про те, що марафон дає можливість екстрасенсам у прямому ефірі передбачати перебіг воєнних дій [2].

Ці стандарти є ключовими у діяльності журналістів, вони визначають їх як компетентних та авторитетних джерел інформації. Якщо вони порушуються це сприяє поширенню брехні, формуванню необ'єктивного ставлення до ситуації та, зрештою, зменшує довіру до медіа.

Наступного дня після запуску «Єдиних новин» та каналу «FreeДом», що є російськомовним телепроєктом, до їхніх ефірів як ведучі приєдналися колишні працівники каналів NewsOne, ZIK, «112 Україна», «Наш», які підтримують проросійські політичні погляди таких одіозних Віктора Медведчука та Євгена Мураєва.

Таким чином, можна сказати, що це були люди, які до 24 лютого 2022 року займалися відвертою російською пропагандою, а після початку повномасштабного вторгнення почали транслювати протилежне – про боротьбу України проти Росії. Серед цих ведучих були Василь Голованов, Тигран Мартиросян, Наталя Влащенко, Анастасія Даугуле та інші. Наприклад, було записано інтерв'ю із Віктором Медведчуком, а Влащенко давала свій голос російським опозиційним політикам [3].

Українські медіаструктури підписали заяву, в якій закликали до усунення від ефірів цих телеведучих. Проте Міністерством культури та інформаційної політики було прийнято рішення не втручатися в кадрову політику цих каналів. Також воно зазначило: «На сьогодні нам потрібна кожна людина, кожен фахівець, які працюють на єдиному інформаційному державному фронті» [4].

Як одну з перших претензій, які стосуються обмеження свободи слова, до роботи телемарафону можна назвати відключення трьох каналів «5 каналу», «Прямого» та «Еспресо» від цифрового ефірного мовлення.

Загалом спочатку транслювати «Єдині новини» було не обов'язково, проте вже 19 березня Рада Національної безпеки та оборони України прийняла рішення і Президент підтвердив, що загальнонаціональні телеканали, "програмне наповнення яких складається переважно з інформаційних та/або інформаційно-аналітичних програм", зобов'язані цілодобово транслювати інформаційний марафон [5].

Пізніше 5 канал і прямий попросили виділити їм слоти, щоб продовжувати свою діяльність у новому форматі. Спочатку мовникам було запропоновано транслювати загальний марафон, не беручи участі у створенні контенту, а потім ці два канали разом із «Еспресо» без жодних пояснень були відключені від телемарафону. Канали не змогли добитися справедливості навіть через суд [6].

«5 канал», «Прямий» та «Еспресо» є найбільш опозиційними щодо чинної влади та часто критикували її. Тому, якщо на початку повномасштабного вторгнення відсутність критики влади на телебаченні можна було пояснити необхідністю оборони і єднанням проти ворога, то на третій рік війни це пояснення стало не тільки безглуздим, але й небезпечним для свободи слова в країні [7].

Таким чином телемарафон поступово ставав політизованим. Що підтверджується і неодноразовим використанням ефірів для атак на опозиційних політиків. Це сталося внаслідок того, що політичні розбіжності були перенесені в інформаційний простір [8].

Канал «Ми – Україна» став учасником телемарафону вже за кілька тижнів після свого створення, незважаючи на заборону згаданих вище каналів. Колишня команда "Медіа Групи Україна", яка належала Рінату Ахметову, створила його. Українська правда припускає, що канал пов'язаний із Андрієм Єрмаком, який є керівником ОП. Саме з цієї причини, як вважають експерти, «Ми – Україна» так швидко розвинувся [9].

У результаті дедалі менше глядачів довіряють інформаційному марафону, що негативно впливає на якість продукції телеканалів, які продовжують виконувати роль у проекті. Альтернативою для їхньої репутації було б краще продовжувати самостійну діяльність, але вихід з "Єдиних новин" може розглядатися як політична дія. Цього ніхто з власників каналів, які є учасниками марафону не хоче, оскільки це може призвести до конфлікту з владою. Водночас сама влада зацікавлена у продовженні телемарафону через можливість контролю телебачення [10].

Ідея проведення телемарафону з початку його створення отримала велику підтримку серед громадян, але з 2023 року спостерігається стійке зниження довіри до цієї ідеї згідно з результатами опитування Київського міжнародного інституту соціології (КМІС). За результатами дослідження у грудні 2023 року, 43% людей довіряли «Єдиним новинам», а 38% не довіряли. До лютого 2024 року частка тих, хто довіряє, знизилася до 36%. Проте частка тих, хто не довіряє, зросла до 47% [11].

Отже, телемарафон «Єдині новини» на початку повномасштабного вторгнення Росії в Україну був ключовим інструментом боротьби проти російської дезінформації. Він став одним із засобів консолідації населення.

Проте, з часом, його необхідність і актуальність вичерпали себе. Навпаки, телемарафон став одним із засобів обмеження свободи слова в Україні, про що вже у 2023 році зазначав Державний департамент США. Тому зараз «Єдині новини» повністю контролюють телеефір, що і є обмеженням свободи слова, адже влада має безпрецедентний рівень контролю над телевізійними новинами.

Список літератури

1. Підсумки моніторингу телемарафону «Єдині новини» за жовтень — грудень 2022 року. Перша частина. URL: https://detector.media/shchodenni-telenovini/article/206862/2023-01-11-pidsumky-monitoryngu-telemarafonu-iedyni-novyny-za-zhovten-gruden-2022-roku-persha-chastyna/.
2. Мольфар відповів, коли закінчиться війна в Україні. URL: https://tsn.ua/tsikavinki/molfar-vidpoviv-koli-zakinchitsya-viyna-v-ukrayini-2626422.html
3. Колишні Влащенко. Кого раніше інтерв'ювали ведучі національних марафонів. URL: https://detector.media/community/article/199015/2022-05-06-kolyshni-vlashchenko-kogo-ranishe-intervyuvaly-veduchi-natsionalnykh-marafoniv/.
4. Міністерство культури та інформаційної політики України. URL: https://mcip.gov.ua/.
5. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА УКРАЇНИ №152/2022. URL: https://www.president.gov.ua/documents/1522022-41761?fbclid=IwAR0C-HehSa0M5SFf0sEilWMQdkFqIPIQZo39VHsvTxtc6rdhd7WrMI4MUQk.
6. Володимир Мжельський, 5 канал: «Ми професійніші і досвідченіші, ніж чимала частина тих, хто є зараз у спільному марафоні». URL: https://detector.media/production/article/198226/2022-04-08-volodymyr-mzhelskyy-5-kanal-my-profesiynishi-i-dosvidchenishi-nizh-chymala-chastyna-tykh-khto-ie-zaraz-u-spilnomu-marafoni/.
7. Що не так із Прямим каналом? (АНАЛІТИКА). URL: https://texty.org.ua/fragments/100432/sho-ne-tak-iz-pryamym-kanalom-analitika/
8. Другий фронт. Як у спільному телемарафоні мочили Порошенка. URL: https://detector.media/informatsiini-kanali/article/199559/2022-05-26-drugyy-front-yak-u-spilnomu-telemarafoni-mochyly-poroshenka/.
9. "Я – Україна". Для чого Єрмаку та ОП ще один канал. URL: https://www.pravda.com.ua/articles/2022/11/28/7378211/.
10. Безкоштовна медіаімперія. Чому влада не хоче відмовитися від телемарафону. URL: https://www.pravda.com.ua/articles/2024/04/8/7450157/.
11. ДОВІРА ТЕЛЕМАРАФОНУ «ЄДИНІ НОВИНИ». URL: https://kiis.com.ua/?lang=ukr&cat=reports&id=1369&page=1.
12. 2023 Country Reports on Human Rights Practices: Ukraine. URL: https://www.state.gov/reports/2023-country-reports-on-human-rights-practices/ukraine/

УДК 330.3-021.387(043.2)

В.І. Шульгіна, доктор філологічних наук, професор
Д.О. Попик
(Національний авіаційний університет, Україна)

Етапи розробки стратегії сталого розвитку бізнесу

Розглянуто стратегію сталого розвитку стратегію сталого розвитку бізнесу як необхідний елемент для досягнення тривалого успіху в умовах сучасних глобальних викликів. Окреслюються основні етапи розробки стратегії сталого розвитку, такі як визначення місії, бачення та цінностей компанії, встановлення довгострокових цілей, а також фінансових, операційних і маркетингових цілей. Особливу увагу приділено інтеграції економічних, екологічних та соціальних аспектів у загальну стратегію організації, що дозволяє створювати стійку цінність для всіх зацікавлених сторін.

Сталий розвиток стає все більш важливим елементом сучасного бізнесу, особливо в умовах глобальних екологічних викликів і зростаючого суспільного інтересу до відповідального ведення підприємницької діяльності. Організації, що прагнуть залишатися конкурентоспроможними, повинні адаптувати свої бізнес-моделі, враховуючи не лише економічні, але й екологічні та соціальні аспекти. Стратегія сталого розвитку бізнесу полягає в інтеграції цих трьох вимірів у загальну стратегію організації, що дозволяє їй створювати довгострокову цінність для всіх зацікавлених сторін. Метою дослідження є аналіз та систематизація ключових етапів розробки стратегії сталого розвитку бізнесу. Дослідження спрямоване на виявлення основних факторів, що впливають на успішну інтеграцію екологічних, соціальних та економічних аспектів у бізнес-стратегію. Крім того, воно має на меті розробити практичні рекомендації для підприємств, які прагнуть досягти сталого розвитку в умовах сучасного ринку.

Уряди та міжнародні організації встановлюють жорсткіші регуляції в сферах охорони навколишнього середовища, прав працівників та корпоративного управління. Компанії, що займаються міжнародним бізнесом, повинні відповідати цим вимогам, щоб працювати легально і зберігати свої ліцензії. До того ж, зростає попит споживачів на етичні та сталий продукти і послуги. Споживачі дедалі більше приймають рішення про покупку на основі впливу компанії на навколишнє середовище та соціальних аспектів, що змушує бізнеси впроваджувати сталий практики для підтримки конкурентоспроможності.

Інвестори дедалі частіше розглядають сталість як критичний фактор при прийнятті інвестиційних рішень. Сталий бізнес часто вважається менш ризикованим і більш ймовірно здатним забезпечити довгострокову прибутковість, що приваблює більше інвестицій.

Визначення мети організації є ключовим елементом у процесі розробки стратегії сталого розвитку бізнесу. На цьому етапі визначаються бачення, місія та цінності компанії. Бачення організації формулює стратегічні прагнення на

майбутнє, в той час як місія зосереджується на обслуговуванні клієнтів, співробітників та інвесторів, включаючи основні цінності, такі як повага, ентузіазм або екологічна свідомість. Ці елементи стають фундаментом для подальшої розробки стратегії.

Наступним етапом є встановлення довгострокових цілей. Хоча короткострокові цілі важливі для оперативного управління, саме довгострокові цілі визначають загальний стратегічний напрямок компанії. Для цього використовуються різні методи, зокрема BHAG (Великі, Сміливі, Зухвалі Цілі), OKR (Цілі та Ключові Результати), SMART (Конкретні, Вимірювані, Досяжні, Релевантні та Обмежені в часі) цілі або MBO (Управління за Цілями). Ці методи дозволяють встановити чіткі орієнтири для майбутнього розвитку.

Важливим аспектом стратегічного планування є встановлення фінансових цілей. Чітко визначені фінансові цілі щодо прибутку, доходів та ринкової капіталізації дозволяють компанії зберігати стабільність і зростати в умовах мінливого ринкового середовища. Це включає мінімізацію коливань у фінансових показниках, збільшення економічного прибутку та залучення лояльних інвесторів.

Операційні цілі визначають конкретні кроки, необхідні для досягнення стратегічних довгострокових цілей. Ці цілі охоплюють такі аспекти, як управління матеріальними ресурсами, об'єктами, обладнанням, працею та процесами. Операційні цілі повинні бути конкретними і вимірюваними, щоб забезпечити їх ефективне виконання.

Маркетингові цілі є важливою складовою стратегії бізнесу, оскільки вони спрямовані на створення цінності для клієнтів. Ці цілі базуються на прагненні забезпечити високу якість продукції чи послуг, зниження витрат або розширення дистрибуції. Чітко сформульовані маркетингові цілі допомагають компанії розвивати конкурентні переваги та підтримувати їх у довгостроковій перспективі. Розв'язання проблем сталості допомагає компаніям зменшити ризики, пов'язані з дефіцитом ресурсів, змінами клімату та соціальною нестабільністю. Сталі практики можуть призвести до більш стійких ланцюгів постачання та операцій, зменшуючи ймовірність порушень.

Інтегрувати цілі та стратегії ESG (екологічне, соціальне та корпоративне управління) у бізнес-план надважливо сьогодні. Продовжуючи приклад з використанням води на ваших виробництвах, ви, ймовірно, матимете загальні цілі, що стосуються оптимального функціонування цих заводів, включаючи операційні витрати, якість продукції та заплановані капітальні інвестиції. Підвищення ефективності управління водними ресурсами на цих виробництвах повинно стати частиною загальних цілей, пов'язаних із виробничими процесами. Інвестування в покращення управління водними ресурсами може знизити витрати (менше споживання води, менше стічних вод, що знижує ймовірність зупинки виробництва через нестачу води) і покращити показники діяльності (підвищення репутації в громаді та поліпшення відносин із регуляторними органами тощо).

Для аналізу поточного стану компанії та визначення напрямків розвитку використовується SWOT-аналіз. Цей інструмент дозволяє оцінити внутрішні сильні та слабкі сторони організації, а також зовнішні можливості та загрози.

SWOT-аналіз є важливим етапом у процесі прийняття рішень щодо стратегічного планування.

Наступним кроком є розробка плану дій для реалізації стратегії. План дій включає конкретні кроки, які необхідно здійснити для втілення стратегії у практику. Він охоплює всі аспекти діяльності компанії, включаючи маркетинг, продажі, операційну діяльність та управління. Ефективний план дій дозволяє організації досягати своїх стратегічних цілей і адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі. Переслідування сталості може сприяти інноваціям, що веде до розробки нових продуктів, послуг та ринків. Це може відкрити нові бізнес-можливості, такі як відновлювальна енергетика, сталий сільське господарство та екологічні технології.

Як висновок варто зазначити, що сталий розвиток є не лише трендом, а необхідною умовою для тривалого успіху сучасного бізнесу. В умовах зростаючих екологічних викликів і соціальної відповідальності, підприємства повинні інтегрувати економічні, екологічні та соціальні аспекти у свою стратегію, щоб створювати стійку цінність для всіх зацікавлених сторін. Чітке формулювання місії, бачення та цінностей є основою для розробки стратегії сталого розвитку, а визначення довгострокових цілей, фінансової стабільності та інновацій допомагає організаціям досягти успіху на сучасному ринку.

Список літератури

1. Katherine Gleason — Alexander McQueen: Evolution, 2015, p. 216
2. 1999 Called and They Want Their Business Strategy Back | Show 198 Link: https://share.transistor.fm/s/6fabb759
3. Porter, M. E. (1998). Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance**.** New York: The Free Press.

УДК: 007:070

В. М. Кожаріна,
О. С. Мельникова-Курганова, канд. н. із соц. ком.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Інформаційна гігієна як soft skill в українському інформаційному просторі

Анотація. Стаття розглядає важливість інформаційної гігієни в українському контексті, особливо в умовах війни та інформаційного протистояння. Аналізуються ключові аспекти та необхідність постійного вдосконалення цих навичок для протидії інформаційним загрозам й підтримки національної стійкості.

В умовах інтенсивного розвитку інформаційних технологій та зростання обсягів інформації, доступної через різноманітні канали комунікації, особливої актуальності набуває проблема інформаційної гігієни. Це поняття охоплює комплекс навичок та практик, спрямованих на ефективне управління інформаційним потоком, критичне осмислення отриманої інформації та захист від негативних інформаційних впливів.

У контексті українського інформаційного простору, який зазнає значного тиску внаслідок військової агресії та інформаційної війни, інформаційна гігієна стає не просто корисною навичкою, а необхідною умовою для збереження психологічного здоров'я та прийняття зважених рішень як на особистому, так і на суспільному рівнях.

Почнемо з визначення поняття «soft skills», що в перекладі є «м’які навички», тобто це здібності, які здобуваються екологічним шляхом. С. А. Наход трактує «"soft" як "гнучкість", що характеризує відсутність шаблонності, стереотипності, здатність до змін, подолання фіксованої функціональності, а "skills", у цьому разі, як компетентності – готовність, здатність та можливість особистості діяти у будь-яких мінливих ситуаціях, спираючись на власний досвід та інтуїцію. Акцентуємо, що комплекс "soft skills" володіє якостями емерджентності (сукупне функціонування взаємопов’язаних його елементів породжує нові функціональні властивості, що не зводяться до простої їх суми) та синергетичності (в результаті поєднання елементів в єдину систему збільшується ефективність діяльності)» [7, с. 132].

У контексті soft skills, інформаційна гігієна виступає як важливий компонент, що сприяє розвитку критичного мислення, емоційного інтелекту та адаптивності. Ці навички є особливо важливими в умовах постійних змін та невизначеності, характерних для сучасного українського суспільства. Спробуємо виділити основні характеристики та компоненти інформаційної гігієни як soft skill для українця в сучасному інфопросторі.

Володіння навичками критичного аналізу інформації дозволяє не лише захистити себе від маніпуляцій та дезінформації, але й сприяє формуванню більш свідомого та освіченого суспільства. У світі, де кожен може стати джерелом інформації, здатність критично оцінювати отримані дані стає запорукою особистої та колективної інформаційної безпеки. «Критичне

мислення – це усвідомлене відношення до процесу міркування, яке передбачає вміння будувати доведення, спростування, вміння висувати гіпотези, проводити аналогії, нарешті, знаходити помилки у своїх і чужих міркуваннях» [4, с. 20].

Наприклад, через регулярні обстріли по станціям електроенергії в Україні використовують стабілізаційні відключення світла чим користуються російські пропагандисти і встигають створювати нові фейки, які перероджуються в постійні наративи. Команда VoxCheck виділили основні маніпуляція з цього приводу: «ціни на електроенергію будуть підвищувати», «собівартість на електроенергію нижча, «Енергоатом» просто хоче отримувати «надприбутки»», «світло продають в Європу», «у відключеннях світла вина влада» та ін. [1]. Віра українців у такі новини пояснюється відсутністю критичного мислення та втоми від війни, тому важливо розвивати ці навички для перевірки подібних фейків.

Іншим невід'ємним фактором є підвищення обізнаності в цій сфері, в цьому ключову роль відіграє медіаграмотність. Визначив, що більшість науковців розглядає поняття «медіаграмотність» як «здатність сприймати, експериментувати, інтерпретувати/аналізувати та створювати медіатексти/повідомлення» [5, с. 29]. В умовах війни це особливо важливо для розпізнавання пропаганди та маніпулятивних технік, які використовують для впливу на громадську думку.

Засобом поширення медіаграмотності серед українського населення є створення різноманітних онлайн-курсів, які здебільшого є безкоштовними та для різних вікових груп. Як зазначають В. О. Колмакова та С. В. Шаров: «Для того, аби стати досвідченим користувачем з виявлення неправдивої інформації, не треба закінчувати університети та вчитись тривалий час. Достатньо скористатися онлайн платформами МВОК (масові відкриті онлайн-курси), знайти потрібний онлайн курс та почати самовдосконалюватися. Серед україномовних платформ МВОК найбільш популярними є EdEra, Prometeus, Відкритий університет Майдану (ВУМ). Їх можна використовувати для поглибленого вивчення окремих навчальних предметів, підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання, підвищення кваліфікації викладачів та вчителів, фахової підготовки здобувачів вищої освіти тощо» [3, с. 83]. Ще кілька платформ з курсами для здобуття потрібних навичок є Coursera та Дія.Освіта.

Ще одним важливим аспектом інформаційної гігієни є розуміння механізмів роботи соціальних мереж та алгоритмів, які формують інформаційні стрічки користувачів. В українському контексті це набуває особливого значення, оскільки соціальні мережі часто стають першоджерелом інформації про події на фронті та в країні загалом.

Наприклад, у 2022-2023 роках спостерігалося активне використання TikTok для поширення інформації про війну. Проте алгоритми цієї платформи часто сприяли вірусному поширенню емоційного та не завжди достовірного контенту. «Особлива загроза полягає у здатності алгоритмів TikTok створювати «інформаційний вакуум» або «бульбашки» навколо користувачів, гіперфокусуючись лише на кількох основних, вказаних при створенні акаунтів,

інтересах і витісняючи практично будь-який інший контент. Така вузька концентрація робить платформу ідеальним середовищем для швидкоплинних кампаній, які поширюють спеціально розроблені маніпулятивні наративи» [2]. Розуміння принципів роботи алгоритмів допомагає користувачам критично оцінювати контент, який вони споживають, та активно формувати власне інформаційне середовище.

Важливим компонентом інформаційної гігієни є також вміння ефективно використовувати інструменти фактчекінгу. В Україні за останні роки з'явилося кілька потужних фактчекінгових організацій, які допомагають розвивати різноманітні навички інформаційної гігієни в українському населення. В. Е. Скіпор та Д. В. Харамурза надали приклади таких організацій: «Протягом останніх років важливу роль у фільтруванні та аналізі фактів відіграли фактчекінгові проєкти: StopFake, Вокс Чек, По той бік новин, Без брехні; медіа, що створили спеціальні рубрики: Texty.org.ua (Деза війни, Фейкогриз), Детектор Медіа (DisinfoChronical), а також урядові ініціативи: Центр протидії дезінформації при РНБО України та Центр стратегічних комунікацій та інформаційної безпеки при Міністерстві культури України» [8, с. 60]. Вміння користуватися їхніми ресурсами та застосовувати їхні методики у повсякденному житті стає важливою навичкою для кожного громадянина.

Важливо підкреслити, що інформаційна гігієна як soft skill не є статичною навичкою. Вона вимагає постійного вдосконалення та адаптації до нових викликів інформаційного середовища. Наприклад, поява технологій штучного інтелекту для генерації контенту створює нові виклики для розпізнавання дезінформації та вимагає розвитку додаткових навичок. Тут вдало згадати думку О. С. Мельникової-Курганової: «Безупинне вдосконалення критичного мислення та навички ставити складні питання до повідомлень підготують людей до складних виявів інформаційної агресії. Уміння верифіковувати інформацію та проводити фактчекінг, публікувати повідомлення зі спростуванням чи підтвердженням інформації є важливим у протидії пропагандистським наративам чи маніпулятивному контенту» [6, с. 230].

Таким чином, інформаційна гігієна як комплексна компетенція потребує систематичного розвитку та оновлення, щоб ефективно протистояти еволюціонуючим інформаційним загрозам. Це передбачає вдосконалення наявних навичок, активне засвоєння нових інструментів та методів верифікації інформації, адаптованих до сучасних технологічних реалій. Інформаційна гігієна в українському контексті стає не просто корисною навичкою, а необхідною умовою для збереження критичного мислення, протидії інформаційним загрозам та підтримки національної стійкості в умовах триваючої війни та інформаційного протистояння.

Висновки

Отже, можемо виділити основні компоненти інформаційної гігієни як soft skill: критичне мислення та аналіз інформації; медіаграмотність; розуміння механізмів роботи соціальних мереж та інструменти фактчекінгу.

Список літератури

1. Заощаджуємо світло, а не критичне мислення: розбір останніх вкидів про електроенергію. URL: https://voxukraine.org/zaoshhadzhuyemo-svitlo-a-ne-krytychne-myslennya-rozbir-ostannih-vkydiv-pro-elektroenergiyu (дата звернення 30.08.2024).
2. Інформаційна бульбашка: як тікток стає платформою для маніпуляцій. URL: https://detector.media/propahanda_vplyvy/article/229772/2024-07-19-informatsiyna-bulbashka-yak-tiktok-staie-platformoyu-dlya-manipulyatsiy/ (дата звернення 30.08.2024).
3. Колмакова В. О., Шаров С. В. Використання МВОК для формування імунітету від інформаційних загроз. *Українські студії в європейському контексті: зб. наук. пр. 2023. №6.* С. 80-87.
4. Критичне мислення. Підручник для студентів вищих навчальних закладів усіх спеціальностей. – К.: Центр учбової літератури, 2020. 370 с.
5. Марченко Г. В. Термінологічний аналіз сутності категорії «медіаграмотність». *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. Збірник наукових праць/М-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова. Випуск 80. Том 2. Київ: Видавничий дім «Гельветика», 2021.* С. 28-33.
6. Мельникова-Курганова О. С. Способи протидії пропагандистським наративам в сучасній інформаційній війні. *Інформація, комунікація, суспільство: Матеріали 11-ї Міжнародної наукової конференції, 19 травня 2023. Львів: «Львівська політехніка».* С. 229-230.
7. Наход С. А. Значущість «soft skills» для професійного становлення майбутніх фахівців соціономічних професій. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи: зб. наук. праць. Київ: Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2018. Вип. 63.* С. 131-135.
8. Скіпор В. Е., Харамурза Д. В. Протидія дезінформації та фейкам в інформаційному полі України під час війни. *Світова журналістика в епоху глобальних змін: матеріали Науково-практичної студентської конференції з міжнародною участю (м. Київ, 8 грудня 2022 р.); Київ. ун-т імені Бориса Грінченка.* 2023. С. 59-62.

УДК: 371.134

П.А. Холопова, В.І. Шульгіна, доктор філол. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Роль ЗМІ та Ради Європи як суб'єктів забезпечення захисту прав людини

Захист прав людини є одним з головних завдань сучасного світу, де виникає все більше викликів і загроз. Рада Європи та Європейський парламент є двома важливими суб'єктами, які здійснюють дії щодо забезпечення захисту прав людини в Європі та за її межами.

Рада Європи Міжнародна організація, створена у 1949, її мета – пропаганда принципів парламентської демократії і прав людини, сприяння співпраці, а також суспільному й економічному розвитку держав-членів. Члени: спочатку 10 західноєвропейських держав, у 1995 — 39 держав [3, с. 279]. Європейський парламент один з органів (інституцій) ЄС складається з членів, обраних урядами всіх країн-учасниць Європейського союзу, оскільки ця функція виконується спільною Комісією та Радою.

Права людини – права, які має людина як жива істота. Термін «права людини» почав відігравати важливу роль тільки в цьому столітті. Поняття прав людини відображає незмінні та нечутливі до змін умов людські цінності, що є необхідними для людського розвитку та добробуту. Ці права включаються в міжнародні документи. Термін захист прав людини означає захист цих прав від порушень, які можуть бути здійснені державою або приватними особами. Захист прав людини може здійснюватися за допомогою правових засобів, таких як судові процеси, адміністративні заходи та інші [3, с. 280].

Дослідниця Л. Фалалєєва зазначає, що до структурних елементів системи права РЄ наявні різні підходи, серед яких виокремлюються: договірне, «м'яке», звичаєве та прецедентне право РЄ; матеріальне і процесуальне право РЄ. Принципи права РЄ служать засадничими нормами, що визначають зміст правотворчої та правозастосовної діяльності РЄ і держав-членів [4, с. 57]. Першим документом є Загальна декларація прав людини, яка була прийнята в 1948 році та містить 30 статей, в яких закріплені права та свободи, що повинні бути гарантовані кожній людині. Цей документ став основою для наступних міжнародних документів [1, с. 21]. Міжнародний пакт про громадянські та політичні права, що був прийнятий в 1966 році, встановлює стандарти захисту громадянських та політичних прав людини, таких як право на свободу думки, совісті та віри, право на вільне вираження думок та право на справедливий суд.

Дослідниця Мельник О. Г. каже, права і свободи у Європейському Союзі гарантують інституційні, процесуальні та матеріальні заходи. До інституційних гарантій відносять судовий захист та позасудові механізми захисту такі як Омбудсман Європейського Союзу, Комісія, Європейський контролер із захисту даних, Загальний контрольний орган у межах Європолу, дипломатичні та консульські представництва держав-членів у третіх країнах. Процесуальні ж гарантії містять: право особи на справедливий і публічний

розгляд її справи протягом розумного часу незалежним і неупередженим судом; право на правову допомогу [4, с.42].

Останній документ, Європейська соціальна хартія, містить соціальні права, такі як право на працю, охорону здоров'я, соціальне забезпечення та освіту. Цей документ був прийнятий Радою Європи в 1961 році і переглядався у 1996 році. Європейська соціальна хартія є важливим інструментом для забезпечення соціальних прав у країнах-членах Ради Європи.

Науковиця Демчак О. каже, слід згадати про декілька застережень. Приєднання ЄС до Європейської конвенції не є автоматичним, бо такий процес вимагатиме одностайного схвалення усіма державами-членами угоди про приєднання до Європейської конвенції, а також схвалення такої угоди Європейським парламентом й кваліфікованою більшістю в Раді [1, с. 193].

Отже, інтернаціональні документи про права людини є важливими інструментами для забезпечення рівності та справедливості у світі. Вони допомагають захистити громадянські, політичні, економічні, соціальні та культурні права людини. Такі документи сприяють підвищенню свідомості людей про їх права та обов'язки, та допомагають у будівництві сильних та стійких демократичних інститутів у країнах.

Дослідник В. А. Завгородній підкреслює, проте, аналіз звітів Уповноваженого у справах ЄСПЛ за 2015-2020 роки, у яких неодноразово акцентувалося на системних причинах порушення конвенційних прав і свобод людини, вказує, що зазначений вище перелік органів державної влади потребує розширення та включення до нього Національної поліції України, Міністерства внутрішніх справ, Державної кримінально-виконавчої служби, працівники яких є потенційними порушниками конвенційних прав і свобод людини [2, с. 48]. Це вказує на необхідність розширення переліку органів державної влади, які залучаються до механізмів захисту прав людини. Включення Національної поліції, Міністерства внутрішніх справ та Державної кримінально-виконавчої служби до цього переліку може сприяти покращенню ситуації та забезпечити більш ефективний контроль над дотриманням прав і свобод громадян.

Визначення термінів та понять допомогло уточнити та зрозуміти базові концепції та ідеї, пов'язані з захистом прав людини. Основні інструменти та механізми захисту прав людини були описані як ключові фактори у забезпеченні правової безпеки та захисту прав людини в Європі.

Особливу увагу було приділено ролі ЗМІ у забезпеченні захисту прав людини. ЗМІ грають важливу роль у популяризації та впровадженні прав людини, а також у створенні громадської свідомості щодо цього питання. ЗМІ допомагають у просуванні та викриванні порушень прав людини, а також у формуванні громадської думки та сприянні усвідомленню громадськістю важливості дотримання прав людини [1, с. 23].

Отже, захист прав людини є важливим фактором у сучасному світі, особливо в Європі, який потребує уваги та заходів щодо його забезпечення.

Законодавчі акти є важливими інструментами для захисту прав людини. Вони встановлюють правові норми та стандарти, які гарантують основні права та свободи кожної особи. У багатьох країнах існують

конституції, закони та інші правові акти, що визначають права людини і забезпечують їх захист.

Основні інструменти захисту прав людини включають міжнародні договори та конвенції, такі як Всесвітня декларація прав людини, Європейська конвенція про захист прав людини, Міжнародний пакт про громадянські та політичні права та інші. Ці документи встановлюють стандарти прав людини, які повинні бути дотримані всіма країнами-учасницями.

Механізми захисту прав людини включають судову систему, національні органи з прав людини, незалежні комісії та омбудсмени. Судова система забезпечує можливість оскарження порушень прав людини та розгляду справ у суді. Національні органи з прав людини відповідають за моніторинг, захист та просування прав людини в межах своїх країн. Незалежні комісії та омбудсмени виступають як незалежні органи, які розслідують порушення прав людини, надають поради та рекомендації, ініціюють зміни у законодавстві та забезпечують відшкодування постраждалим. Окрему увагу було приділено ролі ЗМІ у забезпеченні захисту прав людини. ЗМІ можуть виконувати важливу функцію інформування громадськості про порушення прав людини, звертати увагу на них та відстоювати інтереси людей у суспільстві. ЗМІ також можуть здійснювати контроль за діяльністю влади та нагадувати про необхідність дотримання прав людини.

Рада Європи та Європейський парламент є ключовими органами, які здійснюють діяльність у захисті прав людини в Україні. Їхній внесок у цей процес дуже важливий, оскільки вони мають значні можливості та ресурси, які допомагають вирішувати проблеми, пов’язані з порушенням прав людини в країні.

Одним з найбільш важливих напрямів діяльності Ради Європи є моніторинг та аналіз ситуації з правами людини в країнах-членах. Це включає проведення різноманітних досліджень та оцінок, зустрічі з представниками уряду та громадськості, а також підтримку розвитку демократії та правової держави. Рада Європи також надає правову допомогу та консультації з прав людини в країнах-членах.

У разі виявлення порушень прав людини, Рада Європи вживає різноманітних заходів, які можуть включати у себе звернення до уряду, запит до Міжнародного суду з прав людини, проведення розслідувань та інші заходи. Також, Рада Європи має програми допомоги, які підтримують громадські організації та правозахисники в Україні.

Європейський парламент також грає важливу роль у захисті прав людини в Україні. Він підтримує Раду Європи в її діяльності, зокрема, шляхом прийняття різних резолюцій та рішень, що стосуються захисту прав людини в країнах-членах.

У 2014 році Європейський Парламент ухвалив резолюцію, в якій закликав до суворих заходів з боку України та Росії для забезпечення дотримання прав людини в Криму.

Європейський Парламент також закликав Європейський Союз вжити конкретних заходів для захисту прав людини в Україні, зокрема щодо свободи слова та прав людини на мирні збори та демонстрації.

У 2018 році Європейський Парламент ухвалив резолюцію, в якій закликав до зміцнення захисту прав людини в Україні та засудив порушення прав людини, зокрема відносно корупції та дискримінації. Він також закликав український уряд до прийняття додаткових заходів для захисту прав жінок, національних меншин та ЛГБТ-спільноти в Україні.

Захист прав людини є однією з головних мет Європейської Ради та Європейського Парламенту. У цій роботі ми досліджували теоретичні аспекти захисту прав людини в Європі та роль ЗМІ у цьому процесі. Також ми розглянули діяльність Ради Європи та Європейського Парламенту у захисті прав людини в Україні.

Захист прав людини є необхідним елементом будь-якої демократичної системи. Рада Європи та Європейський Парламент відіграють важливу роль у забезпеченні захисту прав людини в Європі та Україні. Зокрема, вони використовують різні механізми, такі як резолюції та конвенції, для засудження порушень прав людини та створення законодавчих рамок для їх захисту.

Отже, Захист прав людини вважається основоположним принципом усіх демократичних суспільств, тому важливо, щоб усі зацікавлені сторони займалися цією проблемою. Рада Європи та Європейський парламент відіграють важливу роль у забезпеченні захисту прав людини в Україні та в інших країнах, оскільки їх робота базується на високих міжнародних стандартах. Вони надають технічну та фінансову допомогу, ведуть контрольну діяльність, підтримують і розвивають міжнародні договори та конвенції.

Під час дослідження понять та термінів, що стосуються Ради Європи та Європейського парламенту, виявлено, що Рада Європи є міжурядовою організацією, що об'єднує 47 держав-членів та працює над забезпеченням захисту прав людини, примиренням і співробітництвом у Європі. Європейський парламент, з іншого боку, є представницьким органом Європейського союзу, обраним громадянами Європейського Союзу, і має важливу роль у прийнятті законодавства та нагляді за діяльністю ЄС.

У ході розгляду основних інструментів та механізмів захисту прав людини було виявлено, що Рада Європи використовує такі інструменти, як Європейська конвенція про захист прав людини, Європейська соціальна хартія та Європейський суд з прав людини, для забезпечення захисту прав людини в Європі. Європейський парламент в свою чергу сприяє захисту прав людини через прийняття резолюцій, розглядання питань прав людини та контроль за дотриманням правових норм у ЄС.

Проведений аналіз діяльності Ради Європи та Європейського парламенту у захисті прав людини в Україні показав, що Рада Європи активно співпрацює з українськими органами влади, надаючи рекомендації та підтримку у сфері прав людини. Європейський парламент також відіграє важливу роль у підтримці України у захисті прав людини через прийняття резолюцій та підтримку європейських цінностей.

Список літератури

1. Кузьма В. Ю. Міжнародно-правові аспекти співробітництва Ради Європи з Європейським Союзом. автореф. дис. … канд. юрид. наук. національний університет «Одеська юридична академія». 2018. 52 с.

2. Мельник О.Г., Механізм захисту фундаментальних прав людини у європейському союзі: нормативні та правові гарантії забезпечення. *Юридичний науковий електронний журнал* № 4. 2022. С. 40-44.

3. Мельник О. Г. Нормативно-правові гарантії забезпечення та захисту фундаментальних прав людини у європейському союзі. Концептуальні засади механізму захисту прав людини: український та міжнародний контекст: кол. монографія. Біла Церква: БНАУ, 2022. С. 278-314.

4. Фалалєєва Л. А., Рада Європи та Європейський Союз: особливості правового статусу, узгодження стандартів право захисту. *Міжнародні відносини* № 48, 2017, С. 55-65.

УДК 070:004.738.5:316.3(045)

В.І. Шульгіна, доктор філологічних наук
М.Ю. Сичова
(Національний авіаційний університет, Україна)

Особливості взаємодії інтернет-журналістики й суспільства

Швидкий розвиток онлайн-журналістики змінив комунікаційний ландшафт, забезпечивши нові можливості для обміну інформацією, але водночас викликав проблеми, такі як поширення дезінформації, поляризація суспільства та негативний вплив на психічне здоров'я. Разом з тим спостерігається підвищення медіаграмотності користувачів, інтеграція інструментів для управління інформаційним споживанням і посилення етичних стандартів у журналістиці.

Поява та стрімкий розвиток онлайн-журналістики радикально змінили сучасний комунікаційний ландшафт. Цифрові платформи та соціальні мережі стали невід'ємною частиною повсякденного життя, відкриваючи нові можливості для отримання, обміну та споживання інформації. Цей процес супроводжується не лише позитивними змінами, такими як розширення доступу до новин та зростання громадської активності, але й низкою викликів, включаючи поширення дезінформації та маніпуляцій. Це вимагає ретельного аналізу та розробки ефективних стратегій для подолання існуючих ризиків.

Одним з найбільш помітних наслідків розвитку інтернет-журналістики стала трансформація міжособистісних взаємодій та зміна соціальної поведінки [2]. Цифрові платформи створили нові простори для спілкування, дозволяючи людям з різних куточків світу обмінюватися думками, ідеями та досвідом. Онлайн-форуми, соціальні мережі та блоги стали місцем формування громад, об'єднаних спільними інтересами. Такі зміни принесли багато позитивних моментів, роблячи життя сучасної людини більш широким та більш інформативним.

Однак така доступність комунікації породжує низку проблем, що впливають на соціальну поведінку. Поширення агресії, мови ненависті, тривожних розладів та інших психологічних проблем є лише кількома прикладами негативних наслідків. Соціальні мережі, зокрема, впливають на емоційний стан користувачів, посилюючи почуття тривоги та депресії через постійний потік інформації [1]. Крім того, алгоритми, що комбінують контент на основі інтересів користувачів, подають користувачам лише ту інформацію, яка підтверджує їхні погляди. Це сприяє поляризації суспільства, послаблює здатність до критичного мислення та впливає на подальше сприйняття інформації. Таке психологічне викривлення має відповідні наслідки. Постійна присутність в онлайн-середовищі може спричинити розвиток інтернет-залежності, що виявляється у формі нав'язливої потреби перевіряти новини, соціальні мережі або спілкуватися в мережі. Це призводить до зниження продуктивності, втрати реальних соціальних контактів та погіршення психічного здоров'я. Також поширеною є проблема так званого «цифрового виснаження», коли постійний вплив новин та негативних подій призводить до

емоційного вигорання та стресу. Варто підтвердити, що соціальні мережі впливають на самооцінку та психічний стан, оскільки користувачі часто порівнюють своє життя з «ідеальними» зображеннями інших [3]. Це може призводити до відчуття неповноцінності, тривоги та навіть депресії. Крім того, масове поширення негативних новин, таких як війни, катастрофи, кризи або інші події, може викликати почуття безпорадності та занепокоєння, що додатково посилює негативний психологічний вплив.

Для ефективного вирішення проблем, пов'язаних з розвитком онлайн-журналістики та цифрових платформ, необхідно застосувати комплексний підхід, що охоплює як технологічні інновації, так і соціальні аспекти. Важливим пунктом є підвищення рівня медіаграмотності населення, але на етапі інформаційної катастрофи цей пункт не є дієвим.

Основним вирішенням проблеми є можливість звернути увагу на психологічний комфорт користувачів цифрових платформ. Оскільки тривале перебування в мережі може негативно впливати на психічне здоров'я, необхідно розробити інструменти для регулювання інформаційного споживання. Наприклад, це можуть бути програми, які відстежують час, проведений в мережі, та пропонують рекомендації щодо збалансування онлайн-активності з реальним життям.

Ще одним важливим аспектом є інтеграція цифрових платформ з інструментами для підтримки психічного здоров'я. У сучасних умовах інтенсивного використання цифрових технологій це стає надзвичайно актуальним. Наприклад, можна розробити функції, які дозволяють відстежувати емоційний стан користувача за допомогою аналізу його поведінки, включаючи частоту використання додатків, взаємодію із соціальними мережами або характер пошукових запитів. На основі отриманих даних такі платформи можуть надавати персоналізовані рекомендації щодо управління стресом, пропонуючи, наприклад, медитаційні практики, когнітивно-поведінкові вправи або контакти кваліфікованих фахівців з психічного здоров'я. Такий підхід сприятиме не лише покращенню психічного самопочуття користувачів, але й створенню безпечного та підтримуючого онлайн-середовища.

Нарешті, необхідно посилити етичні стандарти в онлайн-журналістиці. Журналісти повинні нести відповідальність за поширювану інформацію [2], особливо під час криз або суспільно значущих подій, коли недостовірна або маніпулятивна інформація може призвести до паніки чи поглиблення стресу в суспільстві. Дотримання принципів соціальної відповідальності, об'єктивності та збалансованості матеріалів є запорукою довіри аудиторії, що особливо важливо в сучасну епоху інформаційного перевантаження та поширення фейкових новин.

Висновки

Швидкий розвиток інтернет-журналістики спричинив значні зміни в суспільстві, впливаючи на міжлюдські взаємодії, формування громадської думки та навіть на наше сприйняття реальності. Поширення дезінформації, поляризація суспільства та негативний вплив на психічне здоров'я – це лише

деякі з проблем, які вимагають негайного вирішення. Для того, щоб максимально використати потенціал цифрових технологій та мінімізувати їхні негативні наслідки, необхідно створити нові правила гри в онлайн-просторі, засновані на принципах етики, відповідальності та турботи про людину.

Список літератури

1. Луценко Г. В. Соціальні мережі як новий простір для комунікації та спілкування: матеріали III Міжнародної конференції, 12-15 лютого 2017 р. – К., 2017. – С. 26.19-27.02

2. Мельник О. В. Формування інтернет-залежності на основі користування соціальними мережами. Актуальні проблеми психології: Том I. Випуск 54. Київ: 2015, 79 с.

3. Обрящиков П. Вплив засобів масової інформації на формування громадської думки. Молодий вчений. 2022. № 45 (440).

УДК: 070.4(477)"2022/..."

О.Д. Левченко, В.І. Шульгіна, доктор філологічних наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Документальна журналістика як зброя інформаційної війни: український досвід

Українська документалістика під час війни – це потужна зброя в інформаційній війні, що фіксує події та формує глобальну думку про агресію. Фільми викривають жорстокість окупантів, силу українського опору та є інструментом боротьби за міжнародну підтримку та справедливість.

В умовах сучасних збройних конфліктів інформаційна війна займає одне з ключових місць, оскільки вона визначає сприйняття війни в суспільстві та формує громадську думку на міжнародній арені. Вплив інформаційної війни є особливо актуальним в контексті російсько-української війни, де інформація стає не менш важливою, ніж зброя на полі бою. Саме в таких умовах документалістика стає потужним інструментом, який дозволяє не тільки фіксувати події, але й викривати маніпуляції, пропаганду та інші методи інформаційного тиску.

Незважаючи на загальновизнане значення інформації та інформаційної війни (ІВ) у сучасних конфліктах, в академічних та професійних колах досі не існує єдиного трактування цього терміну. Сама природа ІВ залишається предметом дискусій, оскільки її основні елементи мають різні тлумачення в залежності від підходів, використовуваних науковцями та військовими аналітиками. Одні розглядають інформацію з кількісної точки зору — як необроблені дані або цифрові сигнали, що циркулюють у системах комунікації. Інші віддають перевагу якісному підходу, вбачаючи в інформації не просто дані, а ідеї або «меми», здатні об’єднувати групи людей навколо певних ідеологічних наративів. Це підкреслює глибину і багатогранність самого терміну "інформація", що може бути як технологічним ресурсом, так і інструментом впливу на колективну свідомість.

Крім того, предметом обговорень є місце інформаційної війни у загальній концепції війни. Частина дослідників та практиків схиляється до думки, що ІВ слід розглядати виключно в контексті традиційної війни між державами, в той час як інші акцентують увагу на її нерегулярному характері, залучаючи до аналізу недержавні суб'єкти конфлікту, такі як терористичні угруповання, організовані злочинні мережі або медійні структури, що підтримують агресивну політику. Третя точка зору передбачає змішання обох підходів, визнаючи, що сучасні війни рідко обмежуються одним типом конфлікту.

Такий плюралізм думок, як зазначає Network for Border Crossing Journalism, призводить до формування різних стратегій у практичному застосуванні ІВ, кожна з яких має свої переваги та недоліки залежно від конкретних умов конфлікту.

Міністерство оборони США (МО США), зокрема через свої чотири основні види збройних сил, пропонує власне бачення інформаційної війни. Хоча всі визначення узгоджені з єдиною доктриною, кожен вид військ має різні підходи до її реалізації. Це створює те, що можна назвати "кількісним спектром", де більшість визначень акцентують увагу на технологічно-орієнтованих аспектах ІВ, що базуються на даних. Проте, з часом, зростає визнання важливості людських факторів, зокрема емоцій та ідей, у формуванні доктринального розуміння інформаційних операцій.

Згідно з визначенням Об'єднаного комітету начальників штабів США, яке наведене в публікації "Спільна публікація 3-0: Спільні кампанії та операції", інформаційна війна визначається як «інтегроване застосування інформаційних можливостей (IRC) у взаємодії з іншими операційними напрямами з метою впливу, підриву, корумпування або узурпації процесу прийняття рішень супротивниками або потенційними супротивниками при одночасному захисті власних процесів прийняття рішень». Це визначення наголошує на тому, що інформаційна війна спрямована на досягнення контролю над процесами ухвалення рішень ворожої сторони.

Окрім того, інформаційна війна розглядається як така, що відбувається в "інформаційному середовищі", що складається з трьох основних компонентів: фізичного, інформаційного та когнітивного вимірів. Фізичний вимір охоплює системи управління і командування, ключових осіб, що приймають рішення, та інфраструктуру, яка їх підтримує. Інформаційний вимір включає всі аспекти збору, обробки, зберігання та розповсюдження інформації, а також захист цієї інформації від втручання. Когнітивний вимір охоплює свідомість та сприйняття тих, хто передає або отримує інформацію, і їхні реакції на неї. Саме когнітивний вимір визначає, як інформація впливає на рішення та поведінку осіб, які залучені до конфлікту.

Варто відзначити, що наведене вище визначення стосується не стільки інформаційної війни в чистому вигляді, скільки "інформаційних операцій" (ІО), термін який часто використовується для уникнення юридичних обмежень, пов'язаних з визначенням війни. Проте в контексті збройних сил США терміни ІВ і ІО часто використовуються взаємозамінно, що підкреслює змінюваність доктринального підходу до цієї галузі.

Як підкреслюється в словнику "Фактчекінг і медіаграмотність" від Центру аналітики і розслідувань, інформаційна війна – це форма політичного насильства, що включає комплекс спланованих інформаційно-технічних і інформаційно-психологічних операцій, спрямованих на вплив на установки та поведінку різних аудиторій з метою досягнення політичних або військових переваг.

Документальні фільми, репортажі та хроніки, створені українськими журналістами та документалістами, набули особливого значення як засоби боротьби за правду та справедливість. Вони служать як доказовий матеріал для майбутніх судових процесів, архіву війни, а також інструментом для контрпропаганди на світовій сцені. Унікальність української документалістики полягає в її здатності не лише доносити реалії війни до міжнародної спільноти,

але й емоційно впливати на глядача, формуючи його ставлення до агресії та сприяючи солідарності з Україною.

Згідно з дослідженням Network for Border Crossing Journalism, Російська Федерація має давню історію систематичного спотворення історичних фактів, використання дезінформації, маніпуляцій та пропагандистських методів з метою досягнення власних геополітичних цілей. Ці методи охоплюють не лише класичні медіаресурси, а й такі культурні інструменти, як кінематограф, який активно використовується для конструювання альтернативної реальності в інформаційному просторі. На сучасному етапі російсько-української війни цей процес набуває нових форм. Росія прагне за допомогою кінофільмів поширювати пропагандистські наративи на міжнародній арені, створюючи викривлені уявлення про реальні події.

Один із показових прикладів – зйомки фільму про так зване «визволення» Маріуполя, міста, яке було зруйноване внаслідок агресивних дій російських військових. Через такі проєкти Росія намагається легітимізувати власну версію подій, подаючи окупацію та руйнування як акт «спасіння» місцевого населення. Такі маніпулятивні наративи мають на меті вплинути на світову громадську думку та змінити уявлення про війну, яку Росія веде проти України.

Попри це, твердження про те, що українське суспільство не має достатніх інструментів для протистояння такій інформаційній агресії, є помилковим. За час повномасштабної війни в Україні було створено велику кількість документальних фільмів, які стали дієвим засобом боротьби з дезінформацією. Ці фільми демонструють реальні події та масштаби російської агресії, доносячи правду про війну до широкої міжнародної аудиторії. Зокрема, українські режисери за допомогою документальних стрічок зуміли зібрати мільйони переглядів, а їхні роботи були представлені на провідних міжнародних кінофестивалях.

Документальні фільми, створені в Україні, слугують важливим інструментом контрпропаганди, сприяють поширенню обізнаності про реальні наслідки російської агресії та формуванню більш об'єктивного бачення подій. Крім того, ці фільми відіграють ключову роль у консолідації міжнародної підтримки України, підкреслюючи необхідність подальшого надання допомоги як на дипломатичному, так і на військовому рівнях. Прикладом такого кіно є фільм **«Один день в Україні»** режисера Володимира Тихого, що показує 14 березня 2022 року, день, коли українці ховались у метрополітені Києва під час обстрілів, а їхнє життя різко змінилося. Такий підхід до відтворення реальних подій є прикладом, як через особисті історії можна донести правду про війну до міжнародної аудиторії.

Фільм **«20 днів у Маріуполі»** Мстислава Чернова також використовує документальні свідчення, щоб висвітлити облогу Маріуполя. Він показує трагедію війни через кадри масових поховань та бомбардування, водночас акцентуючи на ролі журналістів у висвітленні конфлікту. Фільм зосереджується на тому, як документальні свідчення з фронту можуть вплинути на глобальну думку про події в Україні та викликати співчуття й підтримку міжнародної спільноти.

Аналогічно, робота **«Маріуполь: Хроніки пекла»** Лізи Титарінової будується на свідченнях очевидців, які вижили під час обстрілів міста. У поєднанні з кадрами довоєнного Маріуполя, цей фільм розкриває контраст між мирним життям і жахом, спричиненим війною. Це підсилює розуміння того, як документальне кіно може відтворювати історії окремих людей і використовувати їх для побудови загальної картини жорстокості агресора.

Особливу увагу варто звернути на документальний фільм **«Жити на межі»** Павла Пелешка, який охоплює події від Революції Гідності до сьогодення, показуючи досвід українських ветеранів та волонтерів. Це кіно не просто хроніка війни — це особисті історії, які підкреслюють як кожен епізод є важливим у формуванні загальної картини війни, і через такі історії західна аудиторія може краще зрозуміти контекст конфлікту.

Важливим елементом сучасного українського документального кіно є також показ людського потенціалу та сили духу, що втілюється у фільмі **«Ми не зникнемо»** Аліси Коваленко, який зосереджується на житті підлітків із Луганської області. Незважаючи на всі труднощі війни, ці молоді люди продовжують мріяти та шукати можливості для самореалізації. Такий підхід демонструє, що документальне кіно може не лише фіксувати події, а й надихати, формуючи позитивний образ майбутнього.

Ще одним прикладом є фільм **«Іди за мною»** Любомира Левицького, який відтворює унікальну військову операцію за участю дронів. Використання новітніх технологій у порятунку цивільних стало важливим символом цієї війни, і такі фільми показують світові, що українські Збройні сили не лише захищають свою землю, але й впроваджують інновації для мінімізації втрат серед цивільного населення.

Фільм **«Буча 22»** Владислава Васильченка розкриває воєнні злочини, вчинені росіянами у Бучі, що стали символом звірств агресора. Через історії родини Чикмарьових цей фільм підкреслює важливість документального кіно як інструменту фіксації злочинів і формування доказової бази для майбутніх міжнародних судів над воєнними злочинцями.

Висновки

Підсумовуючи, можна зазначити, що українські документальні фільми під час війни стали потужною зброєю в інформаційній війні. Вони не тільки фіксують події, але й формують глобальну думку про агресію, наголошуючи на жорстокості окупантів та силі українського опору. Фільми на зразок **«Один день в Україні»**, **«20 днів у Маріуполі»** та інші, є не лише свідченням трагедій, але й інструментом боротьби за міжнародну підтримку та справедливість.

Список літератури

1. Мірошниченко П. В., Гороховський О., Мельникова-Курганова О. ., Островська Н. Фактчекінг і медіаграмотність: словник термінів. Київ: ГО "Центр аналітики і розслідувань", 2020. 79 с.
2. Bingle M. What is Information Warfare? - The Henry M. Jackson School of International Studies. *The Henry M. Jackson School of International Studies*.

URL: https://jsis.washington.edu/news/what-is-information-warfare/ (дата звернення: 06.09.2024).

3. Nothing but the truth: 10 war documentaries. Home | n-ost. URL: https://n-ost.org/article/nothing-but-the-truth-10-war-documentaries (дата звернення: 06.09.2024).

4. Konstankevych I., Kostusiak N., Shulska N., Stanislav O., Yelova T., Kauza I. Media Manipulation as a Tool of Information Warfare: Typology Signs, Language Markers, Fact Checking Methods. Ad Alta. 2022. Vol. 12, Iss. 2, Spec. Iss. XXIX. P. 224–230.

UDC 007:001.5+070.4+659.1

V.M. Pasichnyk, PhD student.
(National Aviation University, Ukraine)

Implementation of artificial intelligence systems in the transformation of journalism and advertising: international experience and current trends in the information world

The report analyzes the impact of artificial intelligence on the transformation of journalism and advertising, examines current trends in international experience, news automation, targeted advertising, and content personalization. The prospects for the development of artificial intelligence technologies to ensure the effectiveness of media and advertising campaigns are highlighted.

Implementation of artificial intelligence systems

Artificial intelligence (AI) systems have become one of the most influential technologies in recent years, and their use is transforming a number of industries, including journalism and advertising. The use of AI allows to increase work efficiency, optimize content production and distribution processes, personalize advertising and interaction with the audience. International experience shows that media and advertising companies are actively integrating these technologies into their strategies, contributing to the fundamental transformation of the information world.

Artificial intelligence in journalism

One of the most prominent examples of AI in journalism is the automation of news production. Thanks to data processing and natural language processing (NLP) algorithms, artificial intelligence is able to generate its own news from databases related to areas where quantitative information is important, such as financial markets and sports. For example, large international news agencies such as the Associated Press and Reuters are actively using AI systems to create simple news. This saves time and resources, allowing journalists to deal with more complex and analytical issues.

The great interest in this technology has brought certain results, bringing to the forefront stories about the extraordinary abilities of artificial intelligence, especially creative ones, and that it will soon replace workers in creative professions (writers, artists, screenwriters, photographers, etc.) [1, p. 25].

However, there were also negative experiences, such as the publication of fake biographies of writers: Novy Kanal newspaper published articles on the birthdays of Taras Shevchenko and Oles Honchar [2]. Let's also mention the scandal with illustrations created by artificial intelligence after the tragedy in Dnipro [3].

With the development of digital platforms and social media, the problem of disinformation is becoming increasingly serious in many countries, and AI is a powerful tool to combat fake news. Machine learning systems can analyze large amounts of information and find sources of misinformation, contradictory facts, and disinformation. Organizations such as Full Facts and Snopes use AI to automate fact-checking, especially in political news and publications.

Modern news platforms use artificial intelligence to create a personalized news consumption experience. Recommendation algorithms analyze user behavior, interests, and preferences to create personalized news feeds; companies such as Google News and Yahoo! News, use AI to select news that best suits the interests of specific readers. This allows media outlets not only to increase audience engagement but also to monetize their content more effectively through advertising.

Ukrainian media are also actively applying AI technology in their daily work. For example, Suspilne TV already uses AI to automatically generate subtitles for its news programs and make them accessible to people with hearing impairments; the editorial office of ICTV's Fakty TV channel uses AI to analyze social media, identify and verify information in these media to help fight disinformation [4, p. 107].

Artificial intelligence in advertising

One of the most common ways artificial intelligence is used in advertising is targeting. Modern algorithms can analyze user behavioral data, search queries, interests, and demographics to create personalized advertising campaigns. The technology, used by such large companies as Google, Facebook, and Amazon, helps brands increase the effectiveness of advertising by targeting the audience they are most interested in.

The ability of artificial intelligence to create conceptual images where none existed before makes it an ideal tool for design and creativity, as well as a valuable tool for companies and marketers. Productive AI can create visual language, composition, fonts, and ideas tailored to the research needs of marketers, creating solutions to their problems or visuals that meet audience demand [5].

With big data and machine learning, advertisers can better understand consumer behavior and predict their needs. This helps advertising to be less intrusive and more relevant to individual users.

Artificial intelligence is already actively used in the process of creating advertising materials. Algorithms can create different versions of advertising banners, texts, and videos, test their effectiveness in real time, and adapt them according to user reactions. By automating the creative production process in this way, companies can reduce the cost of content production while maintaining its quality.

Artificial intelligence is an analytical and pragmatic approach to advertising: AI-based tools have access to huge amounts of information and data, and thus are able to accurately predict future trends and statistics, using generative systems to create precise answers to the task at hand. One of the most interesting features of AI is its continuous development process, similar to human development. AI constantly learns and adapts to the needs to make optimal decisions. [6, c. 231].

In addition, AI systems can analyze emotional reactions to advertising, which allows adapting content to the user's emotional state. For example, IBM Watson is used to create more emotional advertising campaigns by analyzing consumer behavior.

Thanks to the capabilities of artificial intelligence, interactivity is becoming an important trend in advertising. Modern advertising campaigns can use augmented reality (AR) and virtual reality (VR) to create interactive interactions with brands. For example, fashion brands use augmented reality technology to allow users to virtually try on clothes before buying them.

Such interactive technologies not only increase interest in advertising, but also help create a deeper connection between the consumer and the brand. Interaction with interactive content increases brand loyalty and the likelihood of conversion.

International experience and examples of AI implementation

The Washington Post actively uses artificial intelligence to automate the news production process: In 2016, the newspaper introduced its own AI system called Heliograph, which can create simple news stories based on data. Initially, the system was used to cover sports events and elections, but since then, its capabilities have been expanded, and now Heliograph generates thousands of stories on various topics.

The Chinese company Alibaba is one of the leaders in the application of AI in marketing and advertising. Alibaba uses machine learning algorithms to analyze large amounts of data on user behavior and automate advertising campaigns. The advertising system can automatically create banners, texts, and videos tailored to specific user interests.

Spotify, a music streaming service, uses artificial intelligence to analyze users' music preferences. The algorithm not only selects music based on what the user has listened to in the past, but also uses this data to personalize ads. These ads are more relevant to the user, as they take into account their musical preferences and emotional state.

Conclusion.

The introduction of artificial intelligence in journalism and advertising is becoming one of the key factors in the transformation of the information world. International experience shows that artificial intelligence can automate routine processes, improve the personalization of content and advertising, and create new forms of interaction with the audience. It is expected that further technological development and wider adoption of AI will further transform these areas, making journalism more efficient and advertising more personalized and interactive.

References

1. Boyarska L. V. Artistic journalism and artificial intelligence: first experience and problems. Technologies for the fair use of artificial intelligence in the field of education and science: materials of the All-Ukrainian scientific and pedagogical advanced training, July 31 - September 10, 2023. Odesa: Helvetica Publishing House, 2023. 276 c.
2. Horlach P. "Trust, but verify": how the spread of the fake biography of Oles Honchar, created by ChatGPT, was reacted to. URL: https://suspilne.media/435771-doviraj-ale-pereviraj-ak-vidreaguvali-naposirenna-fejkovoi-biografii-olesa-goncara-stvorenoi-chatgpt/ (accessed September 10, 2024).
3. Chebotarev K. The Verkhovna Rada illustrated the tragedy in Dnipro with an image created by artificial intelligence. Why is it harmful? URL: https://techno.nv.ua/ukr/innovations/dnipro-malyuk-neyromerezha50298142.html (accessed 10.09.2024).

4. Technological innovations in online media: the role of artificial intelligence and virtual reality in content transformation. Horizons of publishing. No. 1 (15). 2. Publisher of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2024. C.102-112.

5. The Weather Company. IBM website: How AI is changing advertising. URL: https://www.ibm. com/watson-advertising/thought-leadership/how-ai-is-changing-advertising/ (accessed 10.09.2024).

6. Generative artificial intelligence and contemporary visual art of advertising. Culture and art: modern scientific dimension. Design and advertising. Culture and art: modern scientific dimension: materials of the VIII All-Ukrainian scientific conference of young scientists, graduate students and master's students. Kyiv. NAKKKiM, 2023. C. 230-231.

УДК 007:[070.358](477)

А.В. Кутенець, О.С. Мельникова-Курганова
(Національний авіаційний університет, Україна)

Українські документальні фільми як засіб формування патріотичної свідомості суспільства

У дослідженні відзначається роль українських документальних фільмів як засобу формування патріотичної свідомості суспільства. Проаналізовано сучасні українські документальні фільми 2022 р. – 2024 р. за період російсько-української війни з метою дослідження їх впливу на формування патріотизму у контексті сучасної війни.

Під час ведення інформаційних і реальних війн, важливо отримувати правдиву інформацію не лише від новинних джерел, але й від кінематографу. Сучасна документалістика відіграє важливу роль формуванні патріотичної свідомості у громадян під час боротьби за незалежність держави. Завдяки візуалізації подій, документальні фільми допомагають не лише розвінчувати фейки та доповідати правдиву інформацію, але і формують цінності, посилюють моральний дух та зміцнюють патріотичну свідомість.

У фільмах з відтворенням реальних подій, явищ з метою інформування аудиторії, тобто документалістиці, притаманно не лише формувати уявлення, але і спонукати глядача до висновків, певних емоцій, формування патріотичної свідомості та соціальної відповідальності. Документальні фільми здатні створювати відчуття дотичності до подій що транслюються та спонукають до активної громадянської позиції. Поняття «патріотична свідомість» О. П. Дзьобань та О. С. Александрова трактують як розуміння особою важливості своєї батьківщини і готовності захищати її національні інтереси. Вона є основою патріотичної поведінки, та впливає на морально-етичний контакт особистості з суспільством [1, с. 25]. Докуменальні фільми, основа яких відображення правди, є каналом трансляції національних цінностей, патріотизму та історії.

Як стверджують О. С. Мельникова-Курганова та ін. : «Публіцистика та документалістика допомагають тлумачити гострі соціально-політичні питання з метою прямого впливу на громадську думку» [2, с. 65]. Особливо це простежується під час інформаційних війн, де документалістика виступає інструментом боротьби за правду. Документальні фільми є інструментом протидії інформації та поширення правди, адже транслюють реальні свідчення, докази, записи архівних матеріалів. Це дає можливість не лише впливати на суспільну думку, але й сприяє усвідомленню глядачем важливості захисту держави та її інтересів. М. Кацуба вважає, що кінематограф здатен формувати ідеологічні установки, як минулого, так і сьогодення [3, с. 141]. Це актуально у контексті сучасної документалістики, яка допомагає створювати образи героїв, зрадників та інших ключових постатей, що мають важливе значення для національної ідентичності.

З метою доведення впливу українських документальних фільмів на формування патріотичної свідомості суспільства, проаналізовано низку фільмів, створених під час російсько-української війни за 2022 р. - 2024 р.

Документальний фільм “Маріуполь. Невтрачена надія» [4] 2022 р. створений за Об’єднання Українських Продюсерів та НВ першого циклу «А потім прийшли «братья» ». У фільмі зафіксовано свідчення корінних жителів міста Маріуполь у перший місяць війни та нотатки журналістки Надії Сухорукової. Фільм формує патріотичну свідомість у глядачів через зображення важких випробувань маріупольців, акцентуючи увагу на їхній незламності та витривалості під час війни. Глядач під час перегляду стрічки зосереджується на думці про роль кожного громадянина у боротьбі за незалежність своєї Батьківщини.

Наступним значущим документальним фільмом є «Рік. Харківщина. Фільм 1» [5]. «Рік» - великий документальний проєкт команди «Світ навиворіт» з Дмитром Комаровим, оприлюднений 24 лютого 2023 року в честь роковин війни. «Рік. Харківщина. Фільм 1» зображує події у зруйнованому районі Північна Салтівка, життя цивільних людей після обстрілів та пристосування до нових умов життя. Фільм формує патріотичну свідомість транслюючи стійкість цивільного населення та відданість своїй країні. Образ руїн є нагадуванням важливості підтримки Збройних Сил та захисту України.

Фільм «Довга доба» [6] 2024 р. режисера Алана Бадоєва, створений спільно з BADOEVTEAM та 1+1 Media є хронікою з неординарною подачою - відзняті кадри на телефон близько від 12 тисяч українців. У фільмі транслюються по кілька секунд з життя цивільних українців, військових, медиків під час війни, де відображаються їхні емоції, переживання та труднощі. «Довга доба» транслює не лише негативні моменти війни, але і кадри оптимістично налаштованих українців на перемогу, їх позитив та підтримку інших громадян у критичній ситуації. Фільм відображає силу українського суспільства та його патріотизму.

Висновки

Українські документальні фільми відіграють важливу роль у формуванні патріотичної свідомості українців. Завдяки своїй особливості висвітлювати правду на основі реальних свідчень та архівних матеріалів, не лише інформують глядача, але і стимулюють до роздумів про важливість захисту держави та її інтересів. Це є важливим інструментом боротьби за єдність та незалежність.

Список літератури

1. Александрова О. С., Левітас Ф. Л., Салата О. О., Шепетяк О. М., Матвійчук О. Є., Петрощук Н. Р. та ін. Формування патріотичної та громадянськоїсвідомості учнів: теорія і практика :монографія. Київ: ун-т ім. Б. Грінченка, 2018. 172 с.

2. Мельникова-Курганова О. С., Васильченко В. М., Лашкіна М. Г. Висвітлення теми безпілотників в онлайн медіа під час війни в контексті авіації.

Держава та регіони: Серія: Соціальні комунікації. № 3 (55). Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2023. С. 64–71.

3. Кацуба М. Художнє кіно як засібформування масової політичноїсвідомості. Політичний менеджмент: Наук. журн. № 1-2 (57-58). 2013. С. 136–144.

4. Маріуполь. Невтрачена надія: документальний фільм. URL: https://www.youtube.com/watch?v=q05wJtU6uEs&list=PL0Lyd91es00yG0SvQ-0GWmvYTB_09VvjA&index=12 (Дата звернення: 07.09.2024)

5. Рік. Харківщина. Фільм 1: документальний фільм. URL: https://www.youtube.com/watch?v=HLVgEu7vzRo (Дата звернення: 07.09.2024)

6. Довга доба: документальний фільм. URL: https://1plus1.ua/dovga-doba/novyny/premera-filmu-dovga-doba-divitsa-dokumentalnu-stricku-onlajn (Дата звернення: 07.09.2024)

UDC 007.5:070.4+659.1

M.V. Losinsky, PhD student.
(National Aviation University, Ukraine)

Transformation of Journalism and Advertising under the Influence of New Technologies: International Experience in the Context of Modern Trends in the Information World

The report analyzes the impact of the latest technologies on the transformation of journalism and advertising, examines international experience in implementing digitalization, artificial intelligence, programmatic advertising, and influencer marketing. It also describes current trends that are changing the information space, such as content personalization and interactive advertising campaigns.

Transformation of journalism and advertising

The modern world is in the midst of an ongoing information revolution with the rapid development of new technologies such as the Internet, artificial intelligence (AI), big data, blockchain and mobile platforms. Journalism and advertising, the main tools of the information space, are undergoing radical transformations under the influence of these technologies. The traditional models of media and advertising agencies can no longer meet the needs of the modern audience, and these industries are forced to adapt and integrate new approaches to effectively interact with consumers.

Today, the media industry needs professionals with broad knowledge, fluent in digital technologies and able to work quickly. This is due to the fact that, despite all efforts, higher education does not keep pace with the development of the media market, and teachers are not equally competent in all the achievements of society in the field of modern technologies and therefore do not include them in the educational process [1, p. 5]. A close relationship between education and professionals will allow to meet the needs of higher education and employers at the same time.

One of the most powerful catalysts for change in journalism is the proliferation of digital technologies. Traditional print and television media are increasingly being replaced by online publications, news platforms, and social networks. Major international media organizations, such as The New York Times, BBC and Le Monde, are investing heavily in digital platforms and using new tools to create multimedia content such as videos, podcasts and interactive articles.

Online publishing allows journalists to respond more quickly to events and the audience to receive information from various sources instantly. However, digitalization also poses new challenges for journalists, such as the struggle for user attention, declining advertising revenues, and competition from social media.

The presence of advertising on media websites is the result of the transformation of marketing functions and the development of communication technologies. The main reason for integrating advertising content into the online media system is the audience that trusts this content. However, users are becoming more demanding and selective in choosing the right content. According to a Nielsen Norman Group study, "users now pay attention only to useful elements (navigation bar, search

bar, headlines) to perform their tasks efficiently and often ignore blocks that do not contain the information they need." Advertising is a key element in this category" [2].

Artificial intelligence in journalism

The introduction of artificial intelligence into journalism is transforming the media landscape: AI algorithms can process large amounts of data, analyze trends, automate news scripts, and even fact-check. For example, Reuters uses AI systems to analyze financial reports and create news stories, which reduces the time it takes to produce a simple news story.

AI is also used to personalize news content and increase audience engagement. For example, news aggregators such as Google News and Apple News use machine learning algorithms to select news that is relevant to users' interests.

Social media and citizen journalism

The development of social media has changed the role of traditional media. Platforms such as Facebook, Twitter, and Instagram have not only become platforms for publishing news, but have also created an environment where anyone can become a citizen journalist. This has allowed a wider audience to participate in creating news and posting photos and videos from the field, but has also raised questions about the reliability of information sources.

The intense flow of information on social media can contribute to the spread of fake news. Therefore, professional media are increasingly focusing on fact-checking and fact-checking to restore trust in journalism in the face of information chaos.

Advertising transformation

Advertising is also undergoing radical changes thanks to new technologies. One of the main trends is the personalization of advertising campaigns. By using big data and artificial intelligence algorithms, advertisers can better understand consumers and create personalized advertising offers that take into account the interests, behavior, and demographics of each user.

The use of the latest technologies in advertising communications helps to mobilize consumers. The interactive format of native advertising works in this direction. For example, the online magazine Platfor.ma, in cooperation with the EnglishDom school, has developed a test to determine the user's level of proficiency in a foreign language with further recommendations on how to overcome problems in learning a foreign language [3].

For example, Google and Facebook use data on user behavior on the Internet to target ads to the most relevant audiences. This approach makes advertising more effective, reduces costs, and increases the level of interaction with consumers.

Programmer-advertising

Technologies are developing at an extraordinary pace, which contributes to the process of globalization and informatization of the world community. This rapid development has led to the emergence of a new type of media in Ukraine at the end of the 20th century - the Internet media [4, p. 21].

Programmatic advertising, i.e. automated systems for buying and placing ads, has become an important technology for many international brands. Programmatic allows advertisers to buy advertising space on various platforms in real time, taking into account the interests of specific users.

Programmatic also allows you to quickly change the settings of advertising campaigns, analyze their effectiveness, and optimize costs. Alibaba and Amazon, for example, widely use programmatic to manage their advertising platforms.

The development of social networks and content-sharing platforms has led to the emergence of a new trend in advertising - influencer marketing. Companies are collaborating with popular bloggers and opinion leaders to promote their products and services through real reviews and recommendations.

In addition, with the proliferation of modern digital technologies, journalists have become active users of online broadcasts of events via social networks. Live broadcasts from smartphones are used by the media to create large-scale first-person video reports on important events. In addition, master classes, important events in the parliament or government, and important briefings by government officials are often broadcast [5, p. 59].

For example, brands such as Nike, Coca-Cola, and Samsung are actively working with influencers to expand their audience and increase consumer loyalty. Influencers are closer to consumers than traditional advertising and can create content that builds trust and engagement.

International experience and examples of new technologies implementation

The Washington Post is one of the leaders in applying the latest technologies in journalism. Its news automation system, Heliograf, uses artificial intelligence algorithms to create short news stories based on data analysis. This reduces the time spent on news writing, especially in sports and election coverage, where speed is crucial.

The international brand Coca-Cola actively uses augmented reality (AR) technology to develop interactive advertising campaigns. For example, at various events, the company presented an AR application that allows users to interact with virtual brand characters through their smartphones. This approach helps build a deeper connection with consumers and evoke positive emotions.

Companies such as Unilever and Nestlé are actively experimenting with blockchain technology to increase the transparency of their advertising campaigns. Blockchain can be used to track all stages of an advertising campaign, control costs, and prevent fraud. This is especially important in situations where the cost of digital advertising is growing and its effectiveness needs to be improved.

Conclusion.

The transformation of journalism and advertising under the influence of new technologies is one of the most important processes in the modern information world. Digitalization, automation, personalization, and interactivity are changing the way content is produced and distributed, allowing companies and media to interact more effectively with their audiences.

International experience shows that the integration of the latest technologies is not just a trend, but a necessity for media and advertising agencies to succeed in the new environment. These technologies help to increase efficiency, reduce costs and create new opportunities for creative and commercial development.

References

1. New Media and Communication Technologies: a set of curricula for the specialties "Journalism", "Publishing and Editing", "Advertising and Public Relations". Under the general editorship of V. Shevchenko. K.: Palyvoda A. V., 2012. 412 c.

2. Pernice K. Banner Blindness Revisited: Users Dodge Ads on Mobile and Desktop. Nielsen Norman Group. April 22, 2018. URL: https://www.nngroup.com/articles/banner-blindness-old-and-new-findings/ (accessed 10.09.2024).

3. What is your problem? Why you still don't know English well and what to do about it // Platfor.ma. URL: https://platfor.ma/test/what-is-yourproblem/ (accessed 10.09.2024)

4. Internet media as a new type of traditional media. Internet journalism and the latest technologies in modern media: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference. K.: KUBG, 2020. C. 20-23.

5. Influence of social networks on the media product. Internet journalism and the latest technologies in modern media: materials of the All-Ukrainian scientific and practical online conference. K.: KUBG, 2020. C. 58-61.

УДК 32.019.51:654.19

О.М. Решмеділова, кандидат філософських наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Телевізійні дебати між кандидатами на посаду президента США як ключовий елемент передвиборчої агітації та унікальний інформаційний продукт

У статті розглянуто дебати між кандидатами на посаду президента США як форму телевізійної агітації та виборчих технологій, а також специфічний різновид медійного продукту. Проаналізовано їх вплив на формування громадської думки та електоральної поведінки американського виборця.

В Україні малорозвинена культура теледебатів між кандидатами в Президенти, натомість у США теледебати, не в останню чергу, визначають результат виборів. Саме тому до них прикута така всесвітня зацікавленість, трансляції б'ють всі рекорди, рекламодавці встають в чергу за рекламою, а сам американський стиль ведення дебатів можна вважати певним стандартом, на який орієнтуються інші демократичні країни.

Демократичне суспільство, згідно концепції критичного раціоналізму Карла Поппера, повністю «відкрите» і характеризується критичним типом мислення. Беручи участь у дебатах, громадяни навчаються думати критично. Критичне мислення не означає шукати помилки, воно стимулює аналізувати та синтезувати ідеї [1].

Електоральна громадська думка формується під впливом багатьох факторів і дебати відіграють при цьому важливу роль. Дослідників хвилює питання першочерговості сутті дебатів, їх роль і ключові функції. З однієї сторони дебати покликані актуалізувати обговорення наскрізних проблем суспільства, з іншої — є засобом розповсюдження спроектованого кандидатами іміджу. Проте, важливе значення мають, насамперед, комунікативна природа і складові теледебатів, а не лише їх формальна чітко регламентована сторона [7, с.37].

Політичні дебати, як невід'ємна складова демократичного суспільства, є одним з найпопулярніших у всьому світі засобів політичної агітації. Телевізійні дебати мають надавати можливість виборцям робити свій виважений та усвідомлений вибір, а кандидатам змістовно доносити свої програми в режимі реального часу [3, с.58].

На телеекрани культуру дебатів принесли саме американці. Восени 1960 року в Чикаго, у місцевій студії CBS, в перших у США і в світі дебатах зійшлися у жорсткому протистоянні сенатор-демократ Джон Ф.Кеннеді та віце-президент республіканець Річард Ніксон. Цей епізод прийнято вважати точкою відліку ключової ролі телебачення в електоральних процесах.

Політичні дебати виходять на новий рівень. Якщо раніше увага зосереджувалась на змістовній частині виступів, то тепер ключову роль відіграє зовнішній вигляд та поведінку. Ніксон лідирував у політичних перегонах, але дебати усе змінили. Ніксон відмовився відвідати репетицію теледебатів і бум

мало підготовлений. У першому раунді дебатів він поводить себе невпевнено та сильно нервує, на що вплинуло травмоване коліно; під час ефіру з нього стікає піт, що створює “нетелевізійну” картинку, хоча до того він закріпив за собою імідж переконливого оратора. Кеннеді ж у своєму виступі поводиться більш впевнено і говорить переконливо, щоб надихнути американців на зміни. Його рейтинг стрімко зростає. Наступні раунди дебатів Ніксон провів набагато краще за перший, але це вже не допомогло переломити ситуацію на свою користь і він програє вибори [2, с. 76].

Практика показала, що для промовця завжди краще виступати зі своїми природними жестами, ніж намагатися стримувати себе. Дехто робить жести через хвилювання, наприклад, поправляє волосся або одяг. Такі жести відволікають увагу глядачів та псують всю промову. Тому візуальне сприйняття дебатерів може відігравати вирішальну роль для електорату [5, с. 68].

Зверну увагу, що американські лідери постійно активно використовують інформаційний простір як політичний інструмент досягнення своїх цілей і реалізації свої інтересів [6].

Часи змінюються, а цікавість до дебатів залишається. Схоже за перебігом цьогорічних президентських перегонів, які відбудуться у листопаді, реально слідкує цілий світ. Адже від результату цих виборів залежить політичний курс Сполучених Штатів, який може змінитися так кардинально, як ніколи в новітній історії. Саме тому переважна більшість американських медіа ці дебати називає "найважливішими в історії США".

Ця передвиборча гонитва є унікальною, бо такої кількості дебатів підряд ще не було. Перший раунд медіапоєдинку між Джо Байденом та Дональдом Трампом відбувся 27 червня. І був для чинного президента США вкрай невдалим. Тому 21 липня Джо Байден заявив, що знімає свою кандидатуру з виборів. Він запропонував, щоб кандидатом від демократів стала віце-президентка Гарріс. Штаб Трампа був змушений змінювати свою стратегію, оскільки Гарріс може бути більш жорстким опонентом, ніж Байден.

Наразі відомо, що команда кандидатки Камали Гарріс візьме участь загалом у трьох теледебатах під час виборчої кампанії: двох президентських і одних віце-президентських. Трамп та Гарріс дебатуватимуть 10 вересня та у жовтні.

Окремо планують провести дебати кандидатів у віце-президенти США. CBS News заявляв, що запропонував чотири дати для дебатів: 17 вересня, 24 вересня, 1 жовтня і 8 жовтня. Тому наразі ще не відомо коли саме будуть баталії між кандидатом від Демократичної партії Тімом Волзом і його суперником-республіканцем Джей Ді Венсом.

Наприкінці серпня, за даними Reuters, Гарріс збільшила відрив від Трампа: загальнонаціональний рейтинг в опитуванні агентства на той момент становив 45%, а — 41%.

Перша медіазустріч Гарріс-Трамп відбудеться у Філадельфії в Національному конституційному центрі. Її модеруватимуть ведучий і головний редактор World News Tonight Девід М'юір і ведуча Прайм ABC News Live Лінсі Девіс. Дебати триватимуть півтори години з двома перервами на рекламу і

пройдуть без глядачів у залі. Свої пропозиції щодо дебатів надавали Fox News та NBC News.

Дебати між Трампом та Гарріс будуть значно відрізнятися від дебатів між Байденом та Трампом, заявило видання The Hill. Єдине, що залишиться незмінним, — це вимкнення мікрофонів кандидатів, коли вони не виступають. Команда Гарріс наполягала на тому, щоб мікрофони були постійно увімкнені, щоб проводити допит Трампа на сцені і скоротити його спілкування з віце-президентом.

Актуальні правила дебатів оприлюднив американський телеканал ABC News, який організовує дебати:

- у залі не буде глядачів;
- мікрофони будуть увімкнені лише для кандидата, чия черга говорити і вимкнені, коли час говорити переходить до іншого політика;
- ставити запитання можуть тільки модератори;
- дискусія проходить без вступних промов;
- опоненти можуть взяти з собою тільки ручку, блокнот і пляшку води;
- на заключні промови у кожного кандидата є по дві хвилини;
- кожному кандидату надаватимуть дві хвилини для відповіді на нове запитання, по дві хвилини — на спростування заяв опонента, і додатково по одній хвилині - для продовження або роз'яснення думки;
- кандидати стоятимуть за трибунами;
- на сцену не можна буде виносити реквізит чи заздалегідь написані нотатки;
- навіть під час рекламних пауз представники штабів чи виборчих кампаній не можуть взаємодіяти з кандидатами [4].

3 вересня відбулося віртуальне підкидання монети, щоб визначити, хто де стоятиме на подіумі під час дебатів та який буде порядок виголошення заключних промов. Трамп виграв жеребкування: він стоятиме на екрані праворуч, а Гарріс — ліворуч. Трамп отримав можливість виголосити свою завершальну промову останнім.

За результатами опитування телеглядачів, яке після публічного діалогу політиків провів CNN на дебатах перемогла чинна віцепрезидентка. 63% опитаних каналом зареєстрованих виборців, які спостерігали за дебатами, вважають, що Гарріс виграла теледуель. 37% віддають перемогу Трампу. Опитування проводило SSRS Opinion Panel онлайн серед 605 зареєстрованих виборців США, які дивилися дебати. Похибка цього методу становить плюс-мінус 5,3 процентного пункту, зазначив телеканал [8].

Отже, можна стверджувати, що дебати Гарріс та Трампа — центральна подія цих президентських перегонів у США. Їх дослідження і аналіз буде цікавим і важливим не тільки для політологів, медіа фахівців, піарників і рекламістів, але й для усіх тих, хто цікавиться сучасною світовою політикою. Особливо, коли від результатів виборів, не в останню чергу, залежить допомога Україні. Використання практики дебатів під час навчального процесу дає змогу краще отримати потрібні навички для подальшої професійної діяльності.

Список літератури

1. Поппер Карл. Відкрите суспільство та його вороги / Том 1. / Перекл. з англ. О.Коваленка. – К.: Основи, 1994. – 444 с.
2. Дебати: Навч. посіб: Метод. рек. щодо ведення дебатів. К.: А.П.Н., 2001. с.102
3. Койчева, Т. І. Політичні та парламентські дебати в підготовці майбутніх професійних політологів / Т. І. Койчева // Політикус. — 2017. — Вип. 5. — С. 57-61
4. Вирішальна подія президентських перегонів у США: онлайн-трансляція дебатів Трампа і Гарріс https://nv.ua/ukr/world/countries/debati-tramp-i-garris-onlayn-translyaciya-divitisya-video-10-09-2024-50449650.html
5. The Debatabase Book: a Must Have Guide for Successful Debate / by the editors of IDEA; introduction by Robert Trapp. 4th ed. – New York, N : IDEA, 2009. 238 p.
6. Snider, Alfred. The code of the debater : introduction to policy debating / Alfred C. Snider. – New York: International Debate Education Association, 2008. - 222 p.
7. Hellweg, Susan A., Pfau, Michael, Brydon, Steven R. Televised Presidential Debates Advocacy in Contemporary America Praeger Series in Political Communication PRAEGER New York Westport, Connecticut London 168 p.
8. CNN Flash Poll: Majority of debate watchers say Harris outperformed Trump // https://edition.cnn.com/politics/live-news/trump-harris-debate-abc-09-10-24#h_bf0713ded98fb1867a0770a9cf09dddf

УДК 070: 77.03/20

А.М. Лавник, Є. Г. Кравченко, канд. філол. наук,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Специфіка фотоілюстрування у сучасних українських медіа

Фотоілюстрування як візуальна форма сприйняття інформації під час комунікаційного процесу формує кінцевий продукт журналістської діяльності.. Традиції фотоілюстації еволюціонують з розвитком цифрових технологій і зміною медійного ландшафту до інтерактивних і AI-генерованих зображень, змінюючи й збагачуючи медійний контент та привертаючи увагу аудиторії..

З середини XX століття з появою кольорових фотографій і вдосконаленням технологій з'явилася можливість для створення більш яскравих і детальних зображень. Фотоілюстрування стало більше інтегрованим у журналістику та рекламу. Прес-фото і рекламні ілюстрації набули популярності, відображаючи важливі соціальні, політичні і культурні події. З цього часу фотоілюстрація почала відігравати провідну роль у формуванні громадської думки через сферу медіа [1].

У наш час, в епоху цифрових технологій, фотоілюстрування в Україні змінилося кардинально. Це відзначають і дослідники зі сфери фотожурналістики О. Карпенко, І. Є. Павлова, Т. В. Павлова, Я. Табінський, Б. І. Черняков, В. Е. Шевченко та ін. [8]. Також варто згадати висвітлення проблем і перспектив фотожурналістики, що були в центрі наукових розвідок теоретиків журналістики: Л. Бакуліна, В. Березіна, Є. Васєніної, Р. де Века, Ф. Лаба [3]. Водночас журналісти-практики С. Зонтаг, Д. Захаркін, Ф. Макдональд, Г. Нері акцентували увагу на новітніх технологіях фотоілюстрування. З часу появи цифрової фотографії виникли нові цікаві напрями світлопису такі як HDR та 3D фотографії. Значно змінилися та розвинулися традиційні види, зокрема панорамна та предметна зйомка, що істотно розширило можливості художньої фотографії. Цифрові камери і програмне забезпечення для обробки зображень дозволяють досягати високої якості і адаптуватися до змінюваних вимог медіа.

Мобільна фотографія стала вагомою частиною сучасного фотоілюстрування, завдяки використанню смартфонів і соціальних медіа. Це спричинило виникнення сучасної тенденції - використовувати світлини для культурних проектів і соціальних ініціатив, документалістики тощо.

У сучасних медіа домінують яскраві візуальні образи над текстовою частиною. Фотографія стала ціннішою, ніж текст, особливо коли необхідно привернути увагу та зацікавити потенційного читача. Це досягається завдяки поєднанню у фотографії змістового та оздоблювального аспектів. Інформаційно-змістове значення фотоілюстрації пояснюється швидкістю сприйняття інформації споживачем. У текстовому матеріалі зміст розкривається послідовно з кожним рядком і його сутність поступово відтворюється у свідомості читача, натомість візуальна інформація з фотографії сприймається миттю. Фотографія ілюструю текст, але іноді вона може бути основною частиною твору, а текст доповнює її як допоміжний елемент. «Фотографія, - як

справедливо зазначає О. Карпенко, - це гарячий текст, що не потребує інтелектуального втручання, тому легко сприймається, торкаючись емоційного компонента людської свідомості» [2]. Виразність фотоматеріалів, як відомо, досягається насамперед такими їх параметрами: форматом, розміром, тональністю, кольоровою гамою. Фотоілюстрації мають на меті не лише відображати події, але й створювати певний візуальний стиль, що відповідає і редакційній політиці видань.

Професійні фоторепортери та фотографи використовували різноманітні техніки, щоб забезпечити високу якість світлин та їхню відповідність стандартам журналістики. Професійна фотозйомка і ретельний підбір зображень залишаються основними критеріями у створенні медіа-контенту. Останнім часом з'явилися нові технології, зокрема штучний інтелект (ШІ). Штучний інтелект використовується насамперед для автоматичного оброблення фотографій, покращення їхньої якості та навіть для генерації нових зображень. Відомо, що алгоритми ШІ можуть створювати реалістичні зображення на основі текстового опису, що відкриває нові можливості для ілюстрування будь-якої інформації. Генеративні моделі, такі як GAN (генеративні змагальні мережі), дозволяють створювати фото, які виглядають як реальні, але насправді є штучно згенерованими. Це може бути корисним для створення візуалізації складних концепцій або відсутніх деталей, але це викликає й питання щодо об'єктивності й достовірності інформації та етичних аспектів [7].

Колажування є способом створення привабливих і якісних фотозображень. За допомогою колажування виходить зображення за допомогою з'єднання між собою фотографій (картинок та ілюстрацій), які не пов'язані між собою стильовим рішенням. ЗРендеринг або 3D візуалізація є створенням реалістичного зображення моделі або предмета за допомогою використання графічного програмного забезпечення. А також у цей процес залучається 3D-моделювання. Така візуалізація дозволяє продемонструвати об'єкт або його графічне зображення у тривимірному просторі на основі 3D моделі. Рендеринг дозволяє створити уявлення про той об'єкт, який ще не існує та вносити зміни до нереалізованого проєкту.

Водночас у практиці медіа стали дуже популярними стокові фото завдяки їхній доступності та економічності. Їх часто використовують для ілюстрації загальних тем або створення певного контексту в новинах, якщо немає можливості зробити репортажні фотографії. Це дозволяє медійникам швидко знаходити відповідні зображення, але це зменшує унікальність і автентичність візуального контенту.

Фотоілюстрування в українській журналістиці зазнало значних змін через широкомасштабну російсько-українську війну. По-перше, зросла потреба в оперативному висвітленні подій, що призвело до збільшення використання мобільних технологій і соціальних мереж. Багато журналістів і фоторепортерів стали використовувати смартфони для отримання та публікації фотографій у реальному часі. По-друге, війна внесла нові виклики у цю сферу. Ризики безпеки для журналістів та фоторепортерів стали критично важливими.

По-третє, часто фотографії отримують з неофіційних джерел, таких як соціальні мережі, де користувачі як свідки подій публікують власні світлини з місця подій.

Це зумовлює потребу збільшення уваги і ретельну перевірку фактів і достовірності фото [4].

Наприклад, формат інформаційного телемарафону «Єдині новини», запроваджений в Україні, став символом об'єднання медійного простору в умовах війни. З одного боку, він дозволяє забезпечити єдиний погляд на події, що є важливим для національної єдності. З іншого боку, цей формат має свої обмеження, зокрема в аспекті візуального контенту.

Телемарафон активно використовує фото і відеоматеріали, що подаються в межах єдиного інформаційного потоку. Це допомагає забезпечити єдину інформаційну лінію, але водночас обмежує різноманіття візуального контенту і може втрачати альтернативні перспективи. Соціальні мережі під час війни стали основними джерелами фото і відео-контенту. Наприклад, на Ютуб-каналах «Війна з Росією» та «Блоги про війну» часто публікують ексклюзивні фотографії з фронту та безпосередньо з військових подій, що забезпечують об’єктивність інформації.

Інновації в технологіях, нові платформи для поширення контенту та зміни у форматах фото і відео привели до зростання швидкості і доступності інформації. Водночас, ці зміни порушують питання про достовірність, етичність та професійні стандарти в медіа.

Під час війни в Україні «інформаційний фронт» відіграв значну роль у формуванні та відображенні визвольного наративу в новинах. Війна розширила використання культурно-національних символів і знаків у висвітленні інформації. Українські національні символи, такі як прапор, традиційні мотиви, історичні постаті, військові шеврони стали потужними інструментами візуального оповідання. Соціальні мережі стали важливою платформою для фоторепортажів у реальному часі, а українські громадяни та журналісти діляться фотографіями та відео.

Війна вплинула на фотоіндустрію, особливо в контексті фотожурналістики та висвітлення новин. По – перше, підвищився попит на висвітлення війни: фоторепортажі та візуальна документація на місцях. Редакції новин і ЗМІ шукали переконливих і миттєвих образів, щоб передати реальність військової агресії. Зросла роль військових фотожурналістів, які перебувають на передовій, фіксуючи людські втрати, руйнування та повсякденне життя людей. Війна змусила впровадження нових фотографічних технік і технологій. З появою безпілотників журналісти мають змогу знімати фоторепортажі з повітря панораму руйнувань та масштаби конфлікту. Тривають дискусії щодо етики зображень та впливу фотоконтенту на аудиторію. Фотографії журналістів з Бучі, з «Азова», з зустрічей про повернення полонених бійців зіграли вирішальну роль у формуванні міжнародної реакції та мобілізації підтримки, адже зображення сприймається відразу, впливаючи на відчуття так, як впливають подразники зовнішнього світу» [5, с. 236]. Явище масової фотодокументації надає більш безпосередній і невідфільтрований погляд на війну. Художні аукціони, благодійні виставки та проекти співпраці з міжнародними художниками використовувалися для підтримки гуманітарних зусиль і привернення уваги до гуманітарного, культурного й людського вимірів конфлікту [9].

Фотоілюстрації служать формою пропаганди, привертаючи увагу до тяжкого становища постраждалих і сприяючи формуванню глобальному дискурсу про війну [6].

Висновки. Фотоілюстрування в сучасних українських медіа зазнало значних змін в умовах російсько-української війни. Інновації в технологіях, нові платформи для розповсюдження фотоконтенту та зростання важливості візуальної оповіді стали основними чинниками, що формують сучасний медійний простір. Великої популярності здобули жанри фоторепортажу, фотофакту, фотозвіту, фотопортрету, що забезпечують якість і достовірність контенут та розуміння важливості фотодокументування здочинів війни. Візуалізація інформації стала невід'ємною частиною розвитку та трансформації сучасних медіа. Щоденна практика журналістики стає надзвичайно цінним досвідом для будь-якого фотожурналіста і подальшого його висвітлення у зображальній журналістиці.

Список літератури

1. Балаклицький М. Зображальна журналістика : навч.-метод. посіб. Харків, 2019. 84 с.
2. Карпенко О. Які фото і відео не можна знімати і публікувати під час війни: гайд. URL: https://ain.ua/2023/03/29/shcho-ne-mozhna-znimaty-pid-chas-vijny/
3. Лаб Ф. Фотожурналістика та етика: дослідження в Центральній Європі. URL: https://ua.ejo-online.eu/2933/etyka-ta-yakist
4. Максимович М. Сучасна фотожурналістика: проблеми, виклики, перспектив. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Сер. Журналістські науки.* 2019. Вип. 910. С. 29–36.
5. Табінський Я. Виклики сучасної фотожурналістики під час російсько-української війни. *Теле- та радіожурналістика.* 2017. Вип. 16. С. 236–241.
6. Табінський Я. Фотографія у системі нових медій. *Вісник Львівського університету. Серія журналістика.* 2013. Випуск 37. С. 226-333. Режим доступу: http://dx.doi.org/10.30970/vjo.2013.37.5125
7. Традиційні і нові медіа: від історії до сучасності. URL: https://journ.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/10/Zbirnyk-tez-zvitnoi-konferentsii-za-2019-rik-1.pdf
8. Шевченко В. Е. Форми візуалізації в сучасному журналі : монографія. К. : Паливода А. В., 2013. С. 12 – 18 .
9. The Discursive Power of Digital Popular Art during the Russo-Ukrainian War: Re/Shaping Visual Narratives. URL: https://www.mdpi.com/2076-0752/13/1/38

УДК 070+659.1:004(043.2)

С.М. Марковець,
В.М. Васильченко, кандидат філологічних наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Еволюція журналістики та рекламних комунікацій в умовах розвитку цифрових технологій

Проаналізовано вплив цифрових технологій на трансформацію журналістики та рекламних комунікацій. Охарактеризовано основні виклики для журналістів та рекламників, такі як поширення дезінформації, етичні проблеми та необхідність адаптації до нових вимог цифрового середовища. Показано як диджиталізація змінила підходи до взаємодії з аудиторією та поставила нові вимоги для журналістів і рекламників.

Сучасний світ, сповнений цифрових інновацій, суттєво вплинув на всі аспекти суспільного життя, включаючи журналістику та рекламні комунікації. Цифрові технології не лише змінили спосіб сприйняття інформації, але й докорінно трансформували механізми взаємодії між медіа, рекламою та аудиторією. Метою цієї статті є опис результатів еволюційних змін журналістики та рекламних комунікацій під впливом цифрових технологій, визначення основних тенденцій та викликів.

У період до цифрової епохи журналістика базувалася на друкованих, телевізійних і радіомовних форматах, які контролювали поширення інформації та були основними джерелами новин. З появою Інтернету та цифрових медіа журналістика пережила кардинальні зміни. Соціальні медіа, блоги, подкасти та платформи для відеоконтенту відкрили нові можливості для поширення інформації, що привело до зниження ролі традиційних медіа та підвищення значущості цифрових платформ.

Однією з ключових змін стало зростання громадської журналістики (англ. «citizen journalism»). Громадська журналістика – це діяльність громадян, які беруть активну участь у процесі збирання, аналізу та поширення інформації [2]. Завдяки гаджетам та доступу до соціальних мереж кожен користувач може стати «журналістом», створюючи контент і поширюючи новини в реальному часі. Серед основних характеристик сучасної громадської журналістики можемо виділити такі: оперативність та мобільність, легкість публікації та подання матеріалу, велика аудиторія, негайний зворотний зв'язок та можливість живого спілкування, краудсорсинг, різноманітність точок зору [1]. Рівень популярності громадської журналістики особливо зріс в період російсько-української війни, коли поширення актуальної інформації стало життєво важливим фактором для багатьох людей. Серед найбільш популярних блогів громадських журналістів можемо виділити такі: «ЦАПЛІЄНКО_UKRAINE FIGHTS» [7], «Лачен пише» [8], «Шрайк Ньюс» [11], «STERNENKO» [9], «Николаевский Ванёк» [10] та інші.

Зростання популярності блогів підтверджується й тим, що відеоматеріали й текстові повідомлення відомих українських блогерів дедалі

частіше з'являються на шпальтах світових видань та у телепрограмах провідних телекомпаній світу. Це свідчить про зростання довіри до громадянської журналістики, яка з часом стала важливим компонентом інформаційного середовища, що активно формує громадську думку.

Диджиталізація також змінила і редакційну політику та методи роботи журналістів. Алгоритми соціальних мереж і пошукових систем почали визначати, який контент бачить аудиторія, що підняло важливість SEO-оптимізації та адаптації контенту під специфічні потреби та інтереси аудиторії. Саме SEO дозволяє журналістам та редакціям адаптувати свої матеріали під пошукові запити аудиторії, забезпечуючи таким чином більш цільове й ефективне донесення інформації. Зокрема, оптимізація контенту з використанням ключових слів, метаописів, заголовків та структурованих даних підвищує шанси потрапити на першу сторінку результатів пошуку, що значно збільшує ймовірність перегляду матеріалу.

Переваги SEO-оптимізації включають підвищення органічного трафіку на сайт, що дозволяє скоротити витрати на платні рекламні кампанії та покращити репутацію видавництв. Оптимізований контент зазвичай краще задовольняє запити аудиторії, підвищуючи лояльність користувачів та збільшуючи час їх перебування на сайті. Це також сприяє покращенню користувацького досвіду, оскільки релевантний контент стає доступнішим і легше знаходиться в Інтернеті [3].

Конкуренція в сфері SEO змушує редакції постійно вдосконалювати свої підходи до створення контенту, стежити за оновленнями алгоритмів пошукових систем та впроваджувати нові стратегії для підвищення видимості своїх публікацій. Це вимагає від журналістів не лише навичок написання, але й розуміння основ цифрового маркетингу, що стає новим викликом у професії.

Рекламна індустрія також зазнала суттєвих змін під впливом цифрових технологій. Традиційні форми реклами, такі як телевізійні ролики, друковані оголошення та білборди, поступилися місцем цифровій рекламі на платформах соціальних мереж, веб-сайтах та у пошукових системах. Зростання програматик-реклами (англ. «programmatic advertising»), яка використовує алгоритми для автоматизованої купівлі та розміщення оголошень, дозволяє брендам та медіа-компаніям взаємодіяти з цільовою аудиторією з високою точністю та ефективністю [4].

Цифрові технології відкрили нові можливості для інтерактивності та персоналізації рекламних повідомлень. Big Data та аналітика дозволили брендам краще розуміти поведінку споживачів та адаптувати свої комунікаційні стратегії відповідно до індивідуальних інтересів кожного користувача. З'явилися такі формати, як контент-маркетинг, інфлюенсер-маркетинг та нативна реклама, які дозволяють інтегрувати рекламні повідомлення в контент у максимально природний спосіб. Використання Big Data є доречним і корисним для всіх форматів та жанрів журналістики. Сучасна професійна комунікація (метатекст) характеризується об'єднанням різних типів інформації у фінальних матеріалах, що синергетично поєднують елементи, які раніше були притаманні окремим жанрам, як-от новини, аналітика, дослідницькі репортажі та художньо-публіцистичні твори [5].

Основними аспектами реалізації проєктів у галузі журналістики великих даних є інтерактивність і персональна залученість аудиторії. Хоча інтерактивність сприймається як бажана, але не завжди обов'язкова умова для споживання інформації, у контексті журналістики великих даних в Інтернеті інтерактивність вперше стала ключовою вимогою, забезпечуючи безпосередню участь користувача в сприйнятті контенту.

Так, досліджуючи питання перспективи використання технології Big Data у журналістиці, В. Полюга виділяє наступні характеристики: багатосторонність, постійні онлайнові зміни, обов'язкова візуалізація (оптимально — мультимедійна, інтерактивна), наочність, оригінальність подачі та наголошує на важливості для сучасного журналіста таких компетенцій, як особливі навички пошуку, аналізу, візуалізації інформації для формування інтерактивних форматів унікальної подачі контенту й ефективної взаємодії з аудиторією [5].

Проте разом з розвитком диджиталізації зростає й актуальність питання етики у цифровій журналістиці та рекламних комунікаціях, включаючи теми приватності даних, використання алгоритмів і штучного інтелекту. Саме тому в 2016 році в межах Європейського Союзу було сформовано Загальний регламент захисту даних (GDPR). Основною метою GDPR є захист приватності та персональних даних, він змушує компанії переглядати свої підходи до обробки персональних даних, включаючи впровадження нових політик конфіденційності, інвестування в технології захисту даних та навчання працівників основам захисту персональної інформації. Це не лише сприяє підвищенню стандартів безпеки, але й покращує імідж організацій в очах клієнтів, які все більше цінують захист своїх даних [6].

Розвиток цифрових технологій поставив перед журналістикою та рекламними комунікаціями низку викликів. Одним із найбільших ризиків цифрової журналістики є поширення дезінформації та фейкових новин. Завдяки соціальним мережам та іншим цифровим платформам поширення інформації стало неймовірно швидким і важко контрольованим. Фейкові новини можуть легко маскуватися під легітимні медіа ресурси, що ускладнює для аудиторії розрізнення правди і вигадки. Це може призвести до серйозних наслідків, включаючи маніпуляцію громадською думкою, поширення паніки та втрату довіри до журналістики як соціального інституту.

Цифрові платформи, зокрема соціальні мережі та пошукові системи, використовують алгоритми для персоналізації контенту, що бачить користувач. І саме це може призводити до формування так званих «інформаційних бульбашок», де користувачі отримують лише ту інформацію, яка підтверджує їхні погляди та інтереси, уникаючи альтернативних поглядів. Така упередженість може обмежувати можливість критичного мислення, сприяти поляризації суспільства та зменшувати здатність людей розуміти складні соціальні проблеми.

У боротьбі за увагу аудиторії журналісти та медіа все частіше звертаються до «клікбейтів», сенсаційних заголовків та спрощеного контенту, що може знизити загальну якість журналістики. Замість ґрунтовних аналітичних матеріалів споживачі все частіше стикаються з поверховими статтями, що фокусуються на кількості переглядів, а не на змісті. Це може

призвести до втрати глибини у висвітленні важливих тем та зниження поінформованості.

Висновки

Отже, цифрові технології кардинально трансформували журналістику та рекламні комунікації, змінюючи способи взаємодії між медіа й аудиторією. Від традиційних форматів медіа суспільство перейшло до цифрових платформ, що сприяло розвитку громадської журналістики, де кожен користувач може стати творцем контенту. Суттєві зміни відбулися й у редакційній політиці, де SEO-оптимізація стала важливим інструментом для адаптації контенту до потреб аудиторії.

Цифрові технології також революціонізували рекламну індустрію, де програматик-реклама, Big Data та аналітика дозволили брендам персоналізувати комунікаційні стратегії. Проте разом із розвитком диджиталізації постають й етичні виклики, такі як поширення дезінформації та фейкових новин, порушення приватності даних і маніпуляції громадською думкою. Незважаючи на переваги, цифровізація вимагає нових навичок від журналістів і рекламників, зокрема розуміння алгоритмів, цифрового маркетингу та етичних стандартів, що визначатимуть майбутнє цих професій.

Список літератури

1. Харченко О. Громадянська журналістика в Україні та глобалізаційні медіапроцеси в період російсько-української війни // Науковий журнал «Інтегровані комунікації» Київського університету імені Бориса Грінченка. Випуск № 2, 2023. С.63-66
2. Батуревич. І. Громадська журналістика в контексті сучасних інформаційних технологій (Дослідження системи Web 2.0 на основі українських електронних видань) // Інститут журналістики. 2007
3. Ілляшенко Н. С. Савченко О. С. SEO-оптимізація як сучасний інструмент інтернет-маркетингу// Маркетинг і менеджмент інновацій. Серія № 3, 2012. С.63-74.
4. Іванина Р. Міщенко С. Що таке Programmatic реклама та як вона працює. 2024. URL: https://elit-web.ua/ua/blog/chto-takoe-programmatic-reklama
5. Полюга В. Технологія великих даних (Big Data): основні характеристика та перспективи використання в журналістиці // Діалог: Медіастудії. Випуск № 25, 2019. С. 144-150. URL: http://dms.onu.edu.ua/article/view/195599/201695
6. Загальний регламент про захист даних (GDPR). 2016. URL: https://gdpr-text.com/uk/
7. Цаплієнко А. ЦАПЛІЄНКО_UKRAINE FIGHTS. URL:https://t.me/s/Tsaplienko
8. Лаченков І. Лачен пише. URL: https://t.me/lachentyt
9. Стерненко С. URL: https://t.me/s/ssternenko
10. Николаевский Ванёк. URL:https://t.me/s/vanek_nikolaev
11. Шрайк Р. Шрайк Ньюс. URL:https://t.me/ShrikeNews

УДК: 070:316.774

Т.О. Мельник
В.І. Шульгіна, докт. філол. наук, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

ІПСО як сучасна форма інформаційної війни в Україні

У статті проаналізовано поняття інформаційно – психологічних спеціальних операцій, окреслено мету та завдання ІПСО в інформаційних війнах

Інформаційно-психологічні спеціальні операції (ІПСО) є одним із ключових інструментів ведення сучасної гібридної війни, і в контексті війни в Україні вони набули надзвичайної ваги. Зокрема, Росія, яка довгий час використовувала інформаційні операції як частину своїх військових стратегій, постійно посилює цей напрям для досягнення військово-політичних цілей, маніпулюючи суспільною свідомістю та інформаційними потоками.

ІПСО використовує широкий спектр технологій, включаючи кібероперації, соціальні мережі та засоби масової інформації. У сучасну епоху цифрових технологій ІПСО набули нових форм завдяки розвитку інтернету, де платформи соціальних мереж стають основним інструментом для впливу на велику аудиторію. Боти, фейкові акаунти, автоматизовані системи для поширення дезінформації — все це є частиною ІПСО, що дозволяє маніпулювати громадською думкою у масштабах, неможливих у минулі часи.

Дослідженням ІПСО займаються такі науковці, як Г. Почепцов, О.Горбань, П. Федоренко, П. Померанцев тощо.

О. Горбань окреслює ІПСО як систему скоординованих та взаємозалежних за місією, візією, задачами, об'єктами та періодом реалізації інформаційних процедур, що впроваджуються синхронно або систематично за цілісною стратегією [1, с. 137].

Г. Пєвцов, А. Гордієнко, С. Залкін, С. Сідченко, А. Феклістов, К. Худаковський схарактеризували інформаційно-психологічні операції у більш широкій формі: 1) узагальнено під цим розуміють умисне використання технологій та методів розповсюдження інформації з метою впливу на свідомість особи; 2) у вужчому розумінні, це поняття використовується як засіб впливу, що використовується під час активних бойових дій з метою деморалізації противника [2, с. 230–231].

Як вважають політологи, правильно прораховані ІПСО знижують моральний дух і боєздатність ворожих військ, породжують чвари та невдоволення всередині соціуму. Психологічні операції можуть стимулювати опір серед цивільного населення проти будь-якого політичного режиму або ж, навпаки, використовуватися як фактор підвищення іміджу законного уряду. Психологічні операції можна вважати справді міждисциплінарним явищем, що охоплює психологію, соціологію, комунікації, політичні та військові науки. Вони базуються на комплексному застосуванні різних методів та технологій для здійснення впливу на свідомість та поведінку людей, включаючи використання масмедіа, соціальних мереж, психологічних технік, створення та поширення міфів та стереотипів. Це дає змогу досягати різних цілей,

включаючи дестабілізацію суспільства, маніпулювання громадською думкою, вплив на вибори та політичні рішення, а також здійснення розвідувальної діяльності, відповідно, ІПСО є елементом стратегічних комунікацій [3, с.91].

Завданням ІПСО є використання інформації як зброї для досягнення політичних і військових цілей без застосування фізичної сили. Одним із головних завдань ІПСО є деморалізація супротивника, що передбачає ослаблення морального духу військових і цивільного населення. Це досягається через поширення фейкових новин про втрати, зради чи поразки, які створюють відчуття безнадії та зневіри.

Дестабілізація внутрішньої ситуації в країні також є важливою метою. ІПСО провокують соціальну напругу, підбурюють до протестів і загострюють політичні кризи. Це створює хаос та непевність, що послаблює здатність держави до ефективного управління. Підрив довіри до влади є ще одним важливим завданням ІПСО. Поширення чуток про корупцію, некомпетентність або внутрішні конфлікти серед еліт може викликати недовіру громадян до державних інституцій, що послаблює позиції уряду. Маніпуляція громадською думкою допомагає створювати в масах вигідну картину світу, де агресор виглядає праведно, а супротивник — слабким або нечесним.

Важливою метою є посіяти розкол і внутрішні конфлікти в суспільстві, провокуючи конфронтації між етнічними, релігійними чи політичними групами. Це призводить до ослаблення країни зсередини, коли різні частини суспільства борються одна з одною. ІПСО також можуть спрямовуватися на провокацію хибних рішень керівництва або військових супротивника, що призводить до помилок у стратегії або тактиці. Такі операції можуть викликати сумніви у лідерів щодо правильності їхніх дій і підштовхнути їх до неправильних кроків. Зниження боєздатності супротивника через психологічний тиск на військових або викликання інформаційного хаосу також є важливим аспектом ІПСО.

У роботах зарубіжних дослідників, що спеціалізуються на питаннях інформаційно-психологічного впливу, широко вживається термін «психологічна війна» (англ. psychological warfare), що використовується для опису війни, де психологічний стан ворожої аудиторії піддається впливу з метою досягнення військових або політичних цілей.

Дослідник К. Сімпсон зазначає, що психологічні операції вже давно використовуються як тактика війни чи класової боротьби, про що свідчать військові посібники та комуністичні трактати. Він визначає інформаційно-психологічні операції як явне об’єднання масиву інформації з «вибірковим застосуванням насильства (вбивства, саботажу, повстання, контрповстання тощо) як засобу досягнення ідеологічних, політичних чи військових цілей шляхом експлуатації культурно-психологічних особливостей цільової аудиторії, її атрибутів та система зв’язку» [4].

Враховуючи досвід західних держав і наукові роботи українських дослідників, визначимо, що ІПСО – це комплекс стратегічних заходів, що використовується з метою впливу на психологічний стан ворожої (опонентської) аудиторії з метою досягнення військових, політичних,

економічних або інших цілей; це модель зміни картини світу: руйнування старої картини світу – створення штучної нової – насичення нової картини світу смислами, архетипами, стереотипами, ідеологемами, символами тощо. Вони становлять важливий складник стратегічних комунікацій при управлінні кризовими ситуаціями, виконанні військових та правоохоронних операцій різних країн і організацій.

ІПСО як сучасна форма інформаційної війни в Україні є багатовимірним явищем, що охоплює широкий спектр технологій та психологічних інструментів. Застосування сучасних засобів інформаційної боротьби спрямовано на деформацію ідеологічної сфери, духовних і матеріальних цінностей, зміну суспільного ладу та політичного устрою, розвалу держави та армії, виснаження економіки, руйнування освіти, загострення етнічно-конфесійних суперечностей. Саме тому ефективна протидія ІПСО вимагає поєднання заходів у сфері освіти, кібербезпеки та психологічної підготовки населення.

Список літератури

1. Горбань О. Інформаційна війна проти України та засоби її ведення. Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. 2015. Вип. 1. С. 136-141.

2. Інформаційна безпека. Підручник / В.В. Остроухов, М.М. Присяжнюк, О.І. Фармагей, М.М. Чеховська та ін.; під ред. В.В. Остроухова. Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. 412 с.

3. Курбан О. Сучасні інформаційні війни в мережевому он-лайн просторі. Київ: ВІКНУ, 2016. 286 с.

4. Simpson C. Science of Coercion: Communication Research and Psychological Warfare 1945-1960. Oxford University Press. 1994. 8. Stopfake.

URL: https://www.stopfake.org/uk/golovna/

УДК 316.6.159.942

А.О. Дмитрян, Є.Г. Кравченко, канд. філол. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Аналіз контенту про військових пілотів у «АрміяInform»

В умовах російсько-української війни у інформаційній сфері роль медіа значно зросла. Сучасні онлайн-медіа транслюють інформацію, настрої та цінностей суспільства, створюють контент, що віддзеркалює участь військових пілотів у воєнних подіях. Вчинки льотчиків як на полі бою, так і на інформаційному фронті формують героїчний образ патріота-захисника України.

У сучасній інформаційній війні, яку ще називають когнітивною, тобто війною за цінності і сенси, ворог намагається поширювати власне трактування мети агресивної війни та образів «ворога» і «захисника». Правдивість, об'єктивність і достовірність завжди є головними критеріями справжньої якісної журналістики, адже на думку Г. Г. Почепцова, «масова свідомість не здатна сама по собі формувати інтерпретацію всіх подій, вона покладається при цьому на готові здобутки, що їх надає масова комунікація…» [1, с.23]. Мас-медійна картина світу українського суспільства створюється в складних обставинах повномасштабної війни з агресором, в умовах глобалізаційних інформаційно-технологічних викликів та трансформації цінностей масової культури. Українські онлайн-медіа особливу уваги звертають нині на висвітлення воєнної тематики, зокрема й з авіаційної проблематики.

Увагу до авіаційної тематики в інформаційному просторі в умовах повномасштабної війни звертали увагу науковці: В. Васильченко, Ю. Горбань, І. Іванов, Є. Кияниця, О. Кошак, О. Курганова-Мельник, Т. Кусьо, М. Лашкіна, Є. Магда, А.Петров та інші. Так, дослідники О. Мельникова-Курганова, В. Васильченко та М. Лашкіна проаналізували висвітлення теми безпілотників у онлайн-медіа під час війни в контексті розвитку авіації та звернули увагу саме на контент з авіаційної тематики в українській онлайн-журналістиці [3]. Авіаційна проблематика залишається актуальною і у нинійшній період інформаційної агресії.

Дослідники переконані, що медіаконтент, який формує картину світу, є складним пізнавальним процесом, який може істотно відрізнятися від реальності та залежати від факторів, які формують контент. Загальновідомо, будь-яка інформація, яка відображається на ресурсі, вважається контентом. У соціальних мережах контент класифікується на основі його характеристик, мети та способу подання. У наш час медіаконтент здійснює емоційний вплив на аудиторію завдяки наповненню цікавою і корисною інформацією, що «має викликати позитивне сприйняття аудиторією й утримувати увагу психологічними, дизайнерськими та режисерськими прийомами, пов'язаними з організацією інформації та способами її доставки до споживача. Як результат, позитивні емоції та асоціації, викликані споживанням контенту, проектуються на поведінкові критерії та ціннісні орієнтири особистості» [2, с 210].

У онлайн-медіа «АрміяInform» знаходить своє відображення низка викликів, з якими стикається авіація в Україні. Так, інформаційне агентство року «АрміяInform» має кореспондентів агентства, які працюють у всіх регіонах України, зокрема постійно в перебувають у районах бойових дій від початку військової агресії. З січня 2024 року інформаційне агентство «АрміяInform» реформоване в інтернет-медіа [4]. Як веб-сайт «Армія-inform» подає широку й різноманітну палітру бойових дій, висвітлює події у сфері оборони та безпеки, зокрема оперативну інформацію зі штабів, новини, аналітику, ексклюзивні коментарі, інтерв'ю, фоторепортажі, інфографіку про діяльність Збройних Сил України (ЗСУ). Колеги-журналісти уже позитивно відзначили роботу Інформаційного агентства «АрміяInform» як «патріотичну і не «топорну» [5]. Через військові реалії українське онлайн-медіа суворо дотримується інформаційної безпеки, що виявляється у використанні псевдонімів, анонімізації та узагальненні даних про військові операції та щодо особистих даних військових, зокрема пілотів. Це допомагає захистити як деталі військових місій, так і пілотів, уникнути ризиків розкриття інформації противнику. Такі заходи підсилюють довіру аудиторії, оскільки забезпечують рівень захищеності від витоку даних.

Так, журналісти видання «АрміяInform» чітко визначили й розподілили рубрики у медіа і громадянин, якому важливо бути в курсі всього, що відбувається під час війни в ЗСУ, легко знайде потрібну інформацію з гарною візуалізацією до лаконічних і професійних журналістських публікацій. Журналістські матеріали подаються у низці рубрик з хештегами: «Новини», «Армія», «Озброєння та техніка», «Репортажі», «Соціальний захист», «Харківщина», «Курщина», «Герої нескореної України» та ін. Матеріали про українських пілотів відіграють важливу роль у формуванні інформаційного простору під час російсько-української війни, адже участь пілотів і дронарів може суттєво впливати на ефективність військових операцій та загальне сприйняття військових подій суспільством. Онлайн-медіа «АрміяInform» містить серію матеріалів про Повітряні Сили ЗСУ, пілотів-патріотів України та їхні героїчні вчинки.

На початку повномасштабної війни повідомлення про збиття російських літаків над Києвом викликали в українців особливе захоплення. Завдяки медіа стало відомо про подвиги льотчика українського МіГ-29, пілота-одинака, який знищив шість ворожих повітряних цілей за перші дні російської агресії. Повідомляли, що він знищив два російські літаки Су-35, два Су-25, Су-27 і один МіГ-29. "Привида Києва" було збито, але пілот врятувався, повернувся на базу, отримав новий винищувач і вже на ньому знищив 21 ворожий літак. Військовий льотчик Андрій Пільщіков мріяв літати на Ф-16 і зробив усе можливе, щоби ці винищувачі передали Україні. Легенда про хороброго українського льотчика наповнювалася новими вражаючими подробицями – з початку війни пілот загалом збив 40 російських літаків. Справжнього героя для всієї України, який здійснював неймовірні речі в небі, ніхто не знав, але з кожним днем легенда про нього поширювалася, з'являлися пісні, вірші, відео, навіть мурали і комікси про київського повітряного аса. Легендарними ж «Привидами Києва» був військовий льотчик Андрій Пільщіков (позивний «Джус») і пілот-винищувач

Андрій Ворошилов (позивний «Kaгауа»), і керівник «Привидів Києва» та 40-ї бригади тактичної авіації Михайло Матюшенко (позивний «Дід»), які загинули під час повномасштабного вторгнення, захищаючи повітряний простір України. Повідомляли в «АрміїInform» і про льотчика Повітряних Сил Збройних Сил України Олексія Меся, який «26 серпня 2024 під час відбиття російського масованого комбінованого ракетно-авіаційного удару героїчно провів свій останній бій у небі і знищив три крилаті ракети та один ударний БПЛА» [8]. Героїчні образи пілотів стали символами національного спротиву. Президент України зазначив: «*Хоч ворог поки що має значну технічну перевагу в авіації, але наші пілоти від першого дня повномасштабної війни мають очевидну перевагу в моралі та майстерності! Вони рятують українців від російського терору бомбами, ракетами та вбивчими дронами. Коли українські пілоти керуватимуть F-16 — свобода стане нездоланною, а для держави-терориста не залишиться жодного шансу у нашому небі*» [7].

Онлайн-медіа не лише висвітлюють героїчні історії, а й акцентують увагу на відвазі, технічній підготовці, професіоналізмі та самопожертві українських льотчиків: «*Безпілотні системи в умовах інтенсивної війни швидко та динамічно розвиваються, і ЗС України мають бути на крок попереду ворога. Продовжуємо працювати над цим 24/7*», — *зазначив Головнокомандувач ЗС України генерал Олександр Сирський*» [5].

Важливо зазначити, що медіа розповідають про їхні бойові операції, де вони демонструють відвагу і професійні навички, або випадки, коли пілоти ризикують життям заради порятунку мирного населення. Цей тип контенту також допомагає зміцнити образ військових як героїв, які ведуть боротьбу за майбутнє України: «*Літаємо переважно вночі, бо це дуже великий дрон, який вдень дуже помітний. У нього невелика висота, а тому працюємо вночі. Окупанти бояться «Баби Яги». Коли Vampire прилітає, то в них все горить, все вибухає», - поділився ексклюзивними подробицями про застосування БПЛА українського виробництва Vampire, який нажахані росіяни прозвали «Бабою Ягою» дронар з позивним «Харитон»* [5].

У публікаціях детально висвітлюється процес навчання пілотів, зокрема їх підготовка на міжнародних військових базах, наприклад, у США та країнах Європи. Великий інтерес викликають статті про використання сучасної авіації, зокрема F-16, про створення Сил безпілотних систем, що підкреслює високий рівень авіаційного флоту України.

Крім того, публікацій про технічні аспекти допомагають підвищити рівень довіри до Збройних Сил України. Медіа детально розповідають про модернізацію літаків, нові технології та обладнання, що використовуються українськими пілотами. Це демонструє здатність ЗСУ використовувати сучасні технології у військових операціях, що зміцнює віру у перемогу серед населення: «*У Міністерстві оборони України кодифікували та допустили до постачання у війська безпілотний авіаційний комплекс із назвою «Чорна вдова». «Чорна вдова»: новий дрон-бомбер українського виробництва. Це безпілотник тактичного рівня дії… може застосовуватись як вдень, так і вночі»* [5].

Візуальний контент відіграє важливу роль у створенні позитивного іміджу військових льотчиків. Онлайн-медіа активно використовують

фотографії, відео, інфографіку та інтерактивні елементи. Це дозволяє більш зробити контент доступнішим та емоційно сильнішу інформувати аудиторію.

Українські онлайн-медіа через позитивне висвітлення діяльності військових пілотів сприяють формуванню потужної підтримки серед населення. Історії про окремих пілотів сприяють їхній героїзації і створюють міцний емоційний зв'язок з аудиторією, що підвищує рівень патріотичних настроїв серед громадян. Створюється відчуття гордості за національну авіацію, її активний розвиток, це єднає та згуртовує суспільства у боротьбі з агресією.

Матеріали про військових пілотів часто супроводжуються закликами до волонтерства, підтримки армії або збирання коштів для потреб Збройних Сил України. Таким чином, онлайн-медіа використовують ці історії не лише для інформування, а й для мобілізації суспільства на активну підтримку війська.

Висновки. Контент про військових пілотів в українських онлайн-медіа, зокрема в «АрміяInform», є важливим інструментом формування національної свідомості та мобілізації населення. Героїзація пілотів, увага до їхнього технічного і професійного рівня у підготовці та в бою допомагають створити позитивний імідж військових і сприяють зміцненню морального духу як серед військових, так і серед цивільного населення. Водночас, візуальний та мультимедійний контент робить публікації доступними та емоційно сильними, що підвищує рівень підтримки Повітряних сил ЗСУ та армії в умовах війни.

Список літератури

1. Почепцов Г. Г. Інформаційна політика : навч. посіб., 2-ге вид. К. : Знання, 2008. 663 с.
2. Кияниця, Є. О. Фактори формування та сприйняття медіаконтенту сучасними аудиторіями. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Філологія. Соціальні комуніка*ції. 2020. № 3. С. 210-215.
3. Мельникова-Курганова О., Васильченко В., Лашкіна М. Особливості контенту з авіаційної тематики в українській онлайн журналістиці. *Вчені Записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Філологія. Журналістика.* Т. 34 (73) № 4, 2023. С.
4. Інтернет - видання «Армія Inform». URL: https://armyinform.com.ua/
5. Карп'юк Г. Війна з Росією – це війна цінностей і сенсів URL: https://day.kyiv.ua/article/media/viyna-z-rosiyeyu-tse-viyna-tsinnostey-ta-sensiv
6. Коли українські пілоти будуть керувати F-16 – свобода стане нездоланною. URL: https://armyinform.com.ua/2023/06/30/koly-ukrayinski-piloty-keruvatymut-f-16-svoboda-stane-nezdolannoyu
7. «Чорна вдова на захисті України: потужний безпілотник вже у військах». URL: https://armyinform.com.ua/2024/09/11/minoborony-kodyfikuvala - dlya-potreb-zsu-novyj-ukrayinskyj-dron-bomber-chornu-vdovu/
8. Шашкова М. Привид Києва: хто цей легендарний льотчик російсько-української війни? URL: https://www.kyivpost.com/uk/post/28490

УДК 070:004.032.6

О.Є. Васьківська, канд. пед. наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Особливості створення та розміщення відеоконтенту в соціальних мережах

У статті розглянуто особливості створення та розміщення відеоконтенту в соціальних мережах. Значна увага приділяється функціональним можливостям, що стосуються часових меж створюваного відео в різних соціальних мережах.

Від самої появи соціальні мережі продовжують активно розвиватися та трансформуватися через велику конкуренцію та потреби аудиторії. Якщо раніше кожна соціальна мережа займала свою нішу, акцентуючись або на зображенні, тексті чи відео. то сьогодні соціальні мережі пропонують симбіоз текстового та аудіо- й відео контенту.

Дослідниці Аліна Лісневська та Яна Фруктова зауважують, що «кількість аудіовізуального контенту в сучасних медіа зростає, а отже, і посилюється вплив аудіовізуальних медіа. Динамічне відео складає основу аудіовізуального контенту, який використовується в мультимедійному форматі та соціальних медіа. Масова аудиторія частіше за все споживає інформацію в найемоційнішій формі екранного видовища. Така інформація простіше сприймається та легко засвоюється» [1, с. 47] .

У дослідженні щодо статистики споживання онлайн-відео (2024) зазначається, що «згідно з останніми статистичними даними споживання онлайн-відео, 91,8% користувачів Інтернету в усьому світі переглядають цифрове відео щотижня. Це стосується будь-якого типу відео — від музичних кліпів і навчальних посібників до ігор і відео про вплив. Споживання онлайн-відео зростає: у 2023 році середній глядач витрачає на перегляд цифрового відео 17 годин на тиждень» [2].

Науковиця Аліна Лісневська наголошує, що «відеоконтент сучасного інформаційно-комунікаційного простору складається як із традиційних тележурналістських форм, так і зі змішаних і нових. Це пов’язано з технологічними можливостями, особливостями сприйняття масового користувача, перенасиченістю інформацією. Технічні можливості дозволяють розташувати відеосюжети або їх фрагменти в різних медіаформатах, на каналах (вебсайтах, радіо, телебаченні, друкованих виданнях) і платформах поширення інформації з усіма можливостями feedback (інтерактивність). Для забезпечення оперативності, правдивості, виразності й змістовності подачі інформації журналіст використовує як онлайн-трансляції (strem), репортажі (в тому числі мультимедійні), так і user generated content як джерело відеоцитування» [3, с. 220].

Дослідниці Зоряна Галаджун та Роксолана Бакай, розглядаючи ютуб як нову форму медіакомунікацій, зауважують, що «YouTube прогресує разом з усім іншим, і якщо років п’ять тому було достатньо стояти на тлі стіни нейтрального кольору, не задумуватися над освітленням та не відповідати

жодним графікам та вимогам, то тепер все навпаки. Конкуренція зросла до небес разом з якістю, адже якщо зараз будь-хто з непоганою камерою може почати відеоблог, то, відповідно, таких блогів на просторах YouTube неймовірна кількість. Діти й підлітки, повторюючи за своїми кумирами, теж пробують себе у цій галузі. Але вистрілюють одиниці з унікальним контентом» [4, с. 120].

Вероніка Нановська проаналізувала тренди 2024 року в соціальних мережах та дійшла висновку, що «соцмережі продовжують збільшувати максимальну довжину відео. Зазвичай ідеться про відео від двох до п'яти хвилин, але в Instagram вони можуть тривати до 15 хвилин. TikTok тестує таку ж довжину, а X (Twitter) запустив преміум підписку яка дає змогу користувачам завантажувати відео до двох годин» [5].

Аналізуючи можливості тіктоку, Марія Рождественська зауважує, що «коли TikTok вперше з'явився, 15 секунд було верхньою межею тривалості для всіх відео на TikTok за замовчуванням. Поступово ліміт на тривалість відео в TikTok було збільшено спочатку до однієї хвилини, потім до трьох хвилин, а нещодавно - до десяти хвилин. Мінімальна тривалість відео в TikTok досі становить три секунди» [6].

Хочемо зазначити, що на сьогодні флагманом створення та розповсюдження відеоконтенту лишається відеохостинг «Ютуб». За даними звіту Digital [7] на січень 2024 року на хостингу було понад 2,49 мільярди користувачів з усього світу. За словами експерта «YouTube відіграв важливу роль у тому, що відео стало одним із основних форматів контенту як для споживачів, так і для цифрового маркетингу. Звички користувачів змінюються — і сьогодні люди швидше подивляться ролик, ніж прочитають текст. Платформа використовує алгоритми, здатні ранжувати кращий контент, щоб користувачі могли знаходити те, що їм потрібно» [8].

Відеохостинг «Ютуб» приваблює різноманіттям відео з різної тематики, тривалість яких може досягати 12 годин. Конкуруючи з тіктоком та іншими соціальними мережами, відеохостинг надав користувачам можливість знімати та завантажувати короткі вертикальні відео, що призвело до збільшення кількості глядацької аудиторії. За допомогою функції «Shorts» усі користувачі хостингу можуть завантажувати відеоконтент тривалістю від 15 до 60 секунд, доповнюючи відео музикою та текстом.

Соціальна мережа «Інстаграм», що стала популярною завдяки завантаженню та поширенню фотографій, сьогодні активно розширює свої функціональні можливості, пропонуючи створювати та завантажувати відео. Інстаграм пропонує декілька варіантів завантаження нового відеоконтенту, серед яких можемо виділити трансляції в прямому ефірі, короткі відео в історії, що зникають через 24 години, та відео Reels. Тривалість відео залежно від обраного варіанту коливається від 15 секунд в історії, 60 секунд в Reels до години прямої трансляції.

Серед молоді популярною соціальною мережею лишається телеграм, що також не відстає від трендів інших соцмереж щодо розміщення відеоконтенту. Відео є одним з варіантів комунікації користувачів телеграму, однак можливостей для створення відеоконтенту в цій соціальній мережі

менше ніж в інших. Однак, тут також можливі декілька варіантів зі створення та поширення відео. Зокрема, усі користувачі можуть зробити запис відео в самому додатку, поширюючи його в чаті. Окрім цього доступна функція завантаження будь-якого відео з власної галереї телефону або комп'ютера.Також є можливість поширити відео з інших платформ за допомогою посилання.

Висновки. Отже, на сьогодні всі соціальні мережі активно залучають користувачів до створення та поширення відеоконтенту. За допомогою різних функцій користувачі не лише можуть записувати власні відео, а й додавати музику та субтитри, що сприяють кращому поширенню інформації та збільшують комунікацію між користувачами.

Соціальні мережі пропонують різні варіанти створення відеоконтенту: від завантаження власного відео в самій мережі до проведення прямих трансляцій або завантаження через посилання контенту від інших користувачів чи медіа. Хочемо зауважити, що конкурентні соціальні мережі продовжують вдосконалювати свої функціональні можливості щодо створення, завантаження та поширення відеоконтенту заради збільшення кількості користувачів та отримання ними монетизації.

Список літератури

1. Лісневська А. Л., Фруктова Я. С. Аудіовізуальний контент: до питання ризиків впливу сучасних медіа. Інтегровані комунікації. 2019. № 2 (8). С. 47-54.
2. Online Video Consumption Statistics (2024). URL: https://www.oberlo.com/statistics/online-video-consumption-statistics (дата звернення: 12.09.2024).
3. Лісневська А. Л. До питання роботи журналіста з відеоконтентом в сучасному інформаційно-комунікаційному просторі. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Філологія. Соціальні комунікації. 2020. Том 31 (70,) № 3 Ч. 3 С. 216-221.
4. Галаджун З., Бакай Р. Youtube як нова форма медіа комунікації. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія: Журналістські науки. 2020. Вип. 4. С. 117-131.
5. Нановська В. Довіряйте своїм SMM-никам. З якими трендами працювати в соцмережах 2024-го — нотатки від Hootsuite. URL: https://mediamaker.me/doviryajte-svoyim-smm-nykam-z-yakymy-trendamy-praczyuvaty-v-soczmerezhah-2024-go-notatky-vid-hootsuite-6804/ (дата звернення: 10.09.2024).
6. Рождественська М. Повний посібник з розміру відео TikTok. URL:https://wave.video/ua/blog/tiktok-video-size/ (дата звернення: 12.09.2024).
7. Digital 2024: Global Overview Report. URL: https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report (дата звернення: 12.09.2024).
8. Сватенко І. YouTube SEO: як оптимізувати відео й потрапити в топ пошукової видачі. URL: https://laba.ua/blog/3694-youtube-seo-yak-optymizuvaty-video-i-potrapyty-v-top-poshukovoji-vydachi (дата звернення: 10.09.2024).

УДК: 070:316.774

А.В. Обуховська
(Національний авіаційний університет, Україна)

Висвітлення чутливих тем в українській журналістиці: етичний аспект

В умовах сучасного інформаційного суспільства журналістика відіграє ключову роль у формуванні громадської думки та забезпеченні суспільства достовірною інформацією. Однак висвітлення чутливих тем як військові конфлікти, катастрофи, терористичні акти, насильство або особисті трагедії, потребує етичного підходу. Дослідження зосередженоя на аналізі етичних викликів, з якими стикаються журналісти при підготовці матеріалів, що можуть мати значний емоційний вплив на аудиторію.

Основна увага приділяється питанням балансу між правом суспільства на інформацію та необхідністю захисту приватності, а також мінімізації можливих негативних наслідків від публікації чутливого контенту. У медіа важливо розглядати принципи журналістської етики як повага до людської гідності, уникнення сенсаційності, правдивість і точність подачі матеріалу, а також соціальна відповідальність медіа. Дотримання саме етичних стандартів є необхідною умовою для збереження довіри громадськості до журналістики та медіа в цілому. Це дослідження є важливим для розуміння того, як етика в журналістиці впливає на якість висвітлення чутливих тем і як можна мінімізувати ризики травматизації аудиторії, не втрачаючи при цьому інформативності та суспільної значущості матеріалів. Це особливо важливо в умовах війни, політичної нестабільності, та соціальних криз [3, с. 46]. Роль ЗМІ в окресленні чутливих тем може бути охарактеризована залежно від положення в структурі конфлікту – сукупності стійких внутрішніх зв'язків, складових елементів конфлікту.

Однак, незважаючи на відмінність термінології, незмінною залишається суть ролей. Перш за все, в конфлікті можна виділити основних учасників, які мають несумісні цілі, усвідомлюють їх і ведуть один з одним боротьбу, виражаючи низку негативних емоцій. Без них не існувало б конфлікту, їх позиції прямо виокремлюють характер конфліктної взаємодії, і саме вони вирішують, коли припиняти конфліктне протиборство. ЗМІ виступають як основні учасники емоційного окреслення конфлікту, якщо, наприклад, редакція буде залучена в юридичний конфлікт в якості відповідача при розгляді справ про захист честі і переваг. Або якщо журналісти конфліктують з тим чи іншим джерелом інформації, вимагаючи надати певні відомості. Крім основних, в конфліктах існують другорядні учасники. Серед них «групи підтримки» - окремі особи або групи суб'єктів, що впливають на конфлікт шляхом надання допомоги його учасникам. ЗМІ виступають в ролі групи підтримки, коли, наприклад, стають на бік того чи іншого основного учасника конфлікту. Мас-медіа в цьому випадку переважно окреслюють свідчення учасників, їх переживання та емоції по відношенню до конфліктної сторони.

Основний учасник і його група підтримки утворюють протиборчу сторону. У ЗМІ в певному сенсі в будь-якому конфлікті є свої інтереси: наприклад, домагатися від сторін більшої кількості коментарів, відомостей, щоб підготувати привабливий та, вражаючий почуттєву сферу аудиторії, матеріал. Але якщо цілі журналістів не обумовлені безпосередніми професійними завданнями і спрямовані на досягнення якихось приватних інтересів у «чужому» конфлікті, тоді, ймовірно, можна говорити про роль ЗМІ як непрямого учасника. Це може бути випадок, коли ЗМІ використовують в інформаційній війні, щоб спровокувати конфлікт, сприяти його ескалації, підтримати одну зі сторін, наприклад, для посилення протистояння і обґрунтування подальшого озброєного втручання тощо. Основні аспекти висвітлення чутливих тем: об'єктивність і неупередженість – журналісти повинні подавати інформацію чесно, без перекручування фактів чи емоційної маніпуляції. Важливо уникати політичної або іншої заангажованості, яка може вплинути на сприйняття подій. Дотримання приватності – під час висвітлення особистих трагедій, таких як смерті, важкі травми чи сімейні проблеми, журналісти мають враховувати етичний аспект, що стосується приватності постраждалих. Необхідно забезпечити баланс між правом громадськості на інформацію та правом особи на приватність. Відповідальність за наслідки – чутливі теми, особливо пов'язані з війною, національною безпекою чи соціальними конфліктами, можуть мати серйозні наслідки. Важливо уникати публікації матеріалів, які можуть загострити ситуацію або призвести до загрози життю людей. Емпатія та повага - важливо не лише передавати факти, але й робити це з розумінням і повагою до почуттів людей, які є учасниками або постраждалими подій. Уникання сенсаційності – чутливі теми не повинні використовуватися для підвищення рейтингів через сенсаційні заголовки або перебільшення. Це підриває довіру до журналістики та може поглибити травматизацію суспільства. Конфіденційність джерел – якщо джерела інформації ризикують своїм життям або безпекою, розкриття їхньої особистості повинно бути строго конфіденційним [4, с. 111]. В умовах війни та політичної нестабільності журналістика стає не лише джерелом інформації, а й засобом впливу на суспільну думку. Важливо пам'ятати, що журналістика має служити суспільному благу, а не посилювати конфлікти [3, с. 47].

У контексті нинішньої війни в Україні журналісти часто перебувають у зоні ризику, працюючи над висвітленням важливих подій. Важливо підтримувати незалежну журналістику, яка дотримується етичних стандартів і допомагає суспільству отримувати правдиву та об'єктивну інформацію [2, с. 57]. Українська журналістика постійно стикається з викликами, пов'язаними з війною, агресією Росії, питаннями внутрішньої політики та соціальної напруги. У цих умовах дотримання етичних стандартів є критично важливим, оскільки саме журналісти формують суспільну думку та впливають на моральний стан нації.

Чутливий контент може включати інформацію чи зображення, які можуть викликати сильні емоційні реакції або бути образливими для певних людей. Зображення поранених або загиблих солдатів і цивільних, зруйнованих будинків, знищеної інфраструктури, що може викликати сильний емоційний

відгук, особливо серед людей, які безпосередньо постраждали від війни. Кадри з місця авіакатастрофи: Фото або відео з місця авіакатастрофи, де видно уламки літака, тіла жертв або інші трагічні сцени. Наприклад, кадри з місця падіння малайзійського Boeing MH17 на Донбасі. Документація про геноцид: Фотографії та відео з концентраційних таборів під час Голокосту, що демонструють жахливі умови життя та масові страти людей. Кадри з місць терористичних актів: Зображення з місця вибухів або атак, де видно постраждалих, руйнування та хаос, викликаний терористичними діями. Зображення жертв насильства: Фотографії або відео, на яких показані жертви домашнього насильства, вуличних сутичок або інших видів насильства, що може травмувати тих, хто сам пережив подібне. Репортажі про голодомор: Кадри, що показують виснажені тіла людей, особливо дітей, під час Голодомору в Україні, або подібні зображення з інших регіонів світу, де люди страждають від голоду. Ці приклади підкреслюють важливість відповідального підходу до публікації та обробки чутливого контенту, щоб уникнути непотрібної травматизації аудиторії та маніпуляцій суспільною думкою. Зазвичай, перед показом такого контенту дається попередження, щоб люди могли вирішити, чи хочуть вони його переглядати.

Родини загиблих можуть не бажати розголосу деталей їхнього особистого горя. Важливо не публікувати особисті дані без дозволу родичів. У перші години після трагедії можуть поширюватися непідтверджені або неправдиві дані. Журналісту необхідно перевірити інформацію з кількох джерел перед публікацією. Використання фото чи відео загиблих або місця події може бути травматичним для аудиторії. Важливо уникати показу шокуючих кадрів без вагомої журналістської причини. Тон і мова мають бути стриманими, з повагою до загиблих і їхніх родин. Уникайте сенсаційності та надмірної емоційності. Варто враховувати, що такі новини можуть сприяти зростанню напруженості або ненависті. Тому матеріал повинен бути максимально нейтральним і не провокувати конфлікти в суспільстві.

Перед публікацією матеріалу, журналіст має зв'язатися з родинами загиблих для отримання їхньої згоди на використання певної інформації. Можливо, варто включити коментарі від родин, якщо вони погодяться, щоб показати людський аспект трагедії. Описуючи подію, журналіст повинен дотримуватися фактів, уникаючи прикрашань або додавання особистих оцінок. Поряд з інформацією про загибель військових, варто включити інформацію про їхню службу та внесок у захист країни. Попередження про чутливий контент: Якщо в матеріалі все ж таки необхідно включити фото або відео, які можуть бути шокуючими, обов'язково слід додати попередження для аудиторії про чутливий контент.

Варто додати інформацію про те, як суспільство може підтримати родини загиблих, зокрема, через донати або інші форми допомоги. Це показує людяність і об’єднує суспільство у важкі моменти. Дотримання законів: Журналіст повинен бути обізнаний із законодавством щодо висвітлення подібних випадків, включаючи правила, пов’язані з військовою таємницею та захистом особистих даних. Висвітлення загибелі військових в медіа є складним завданням, яке потребує максимальної етичної відповідальності. Дотримання

цих принципів допоможе журналістам створювати матеріали, які не тільки інформують, але й зберігають повагу до загиблих та їхніх близьких, одночасно підтримуючи довіру суспільства до медіа.

Висновки

Важливо, щоб журналісти усвідомлювали свою роль та відповідальність у суспільстві, особливо в умовах криз. Етичне висвітлення чутливих тем сприяє збереженню довіри до засобів масової інформації і підтримці здорового інформаційного простору в Україні. Таким чином, робота з чутливими темами в журналістиці розкриває проблеми, тенденції та перспективи у сфері суспільного життя [5, с. 34]. Журналістика, яка зосереджується на соціальних темах, відіграє значну роль у формуванні громадської думки, підвищенні свідомості та стимулюванні позитивних змін у суспільстві [1, с. 100]. Одним із ключових аспектів роботи з чутливими темами є розкриття соціальних нерівностей, виявлення проблемних ситуацій та спонукання до громадської дискусії. Журналісти мають можливість залучати увагу до суттєвих питань, які часто залишаються поза увагою широких мас. Чутлива журналістика покликана зменшити культурну та соціальну дискримінацію, підвищити рівень розуміння та співпраці між людьми різних груп населення. Толерантне висвітлення життя людей із порушеннями, наприклад, необхідне не тільки з етичної точки зору, але й з практичної, адже допомагає зберегти достовірність та об'єктивність інформації, яку передає журналіст, та забезпечити належне відображення та розуміння людей з порушенням слуху в суспільстві [3, с. 48]

Перспектива у сфері реалізації теми, детальний опис основних кроків роботи журналіста над висвітленням чутливих тем у медіа та систематизація нових напрямків інформаційної діяльності в ракурсі життя людей із порушенням слуху, окреслення можливих ризиків у написанні таких матеріалів і ефективних методів їх подолання [4, с. 118]. Одностороння подача матеріалу і порушення принципів професійного кодексу журналіста було і залишається головною проблемою сучасної журналістики. Це дозволяє маніпулювати громадською свідомістю, доносити до глядача ту думку, яка було б вигідна певним політичним колам, але порушує безліч професійних, етичних норм, і правил журналіста.

Список літератури

1. Голіонко Н. Цифрові інновації в сучасному суспільстві. Правове регулювання економіки.— 2017.— № 4(42).— С. 100–103.

2. Горчинська О. Особливості висвітлення життя ключових груп населення: рекомендації для ЗМІ. Київ: Альянс громадського здоров'я, — 2021. — 58 с.

3. Долаючи бар'єри: Роль ЗМІ у висвітленні конфліктно-чутливих тем. Спеціальний звіт ред. Д. Дуцик. Київ: ГО «Детектор Медіа», — 2016. —48 с.

4. Іванова І., Ушеренко С. Особливості соціальної роботи з людьми з порушенням слуху: досвід Укра- їни і Литви. Освіта регіону. Політологія,

психологія, соціальні комунікації : український науковий журнал / гол. ред. В. М. Бебик. Київ: Університет «Україна», —2017. No 11 (46). — С. 110–118.

5. Мельникова-Курганова О.С. СЕНСИТИВНІ ІНТЕРВ'Ю ПІД ЧАС ВІЙНИ: ЕТИЧНИЙ АСПЕКТ. ПРАВА ЛЮДИНИ: ВІДОБРАЖЕННЯ У МЕДІАПРОСТОРІ.https://scholar.google.com.ua/citations?user=2aTw9MYAAAAJ&hl=ru Київ: НАУ, — 2024. — С. 136-139.

6. Панченко О.А., Панченко Л.В. Інформаційна безпека та інформаційна культура в сучасному інформаційному суспільстві. Правова інформатика.—№ 2(46).— 2015.— С. 32-38.

УДК 341.24:629.73: 341.1.8; 341.9

Т.С. Богдашевський
(Національний авіаційний університет, Україна)

Основні пріоритети міжнародно-правового співробітництва в сфері цивільної авіації

Пріоритети міжнародного співробітництва в сфері цивільної авіації включають: безпеку польотів; декарбонізацію авіації, розвиток безпілотних авіаційних комплексів, захист прав пасажирів, конкуренції; розслідування авіаційних подій; удосконалення договірних й інституційних механізмів, інтеграцію в повітряний простір.

Порівняно з іншими галузями сучасного міжнародного права, власне у міжнародному повітряному праві, міжнародному космічному праві не спостерігаємо активного наукового пошуку стосовно основоположних засад чи інститутів, ключових інститутів або актуальних проблем їх розвитку. Йдеться про нестачу теоретичних і практико орієнтованих досліджень у сфері цивільної авіації. Водночас сучасні міжнародні авіаційні відносини відзначаються певними трансформаційними процесами, з огляду на існуючі збройні конфлікти, епідемії та екологічні, енергетичні, безпекові, кіберзагрози тощо. Слід констатувати, що протягом останніх десятиліть даний вид відносин все більше зазнає впливу економічних, військово-політичних, екологічних та інших відносин. Тобто очевидна взаємозалежність їх предметно-об'єктних, функціонально-суб'єктних, інституційних характеристик, а також джерельна основа регулювання і забезпечення належного функціонування.

Усе це значною мірою визначає пріоритетні напрями і сектори міжнародно-правового співробітництва в сфері цивільної авіації, міжнародної правотворчості та правозастосовної діяльності. Наприклад, актуальною наразі є наступна система міжнародно-правового регулювання взаємодії держав як основних суб'єктів міжнародного права, міжнародних авіаційних організацій та інших суб'єктів в сфері цивільної авіації, що включає:

1) міжнародний універсальний або глобальний рівень регулювання, де відзначається розробка і прийняття різноманітних міжнародних угод, що включають міжнародні стандарти у даному напрями, принципи та основні форми співпраці;

2) регіональні рівні, що зумовлені географічним розташуванням певних регіонів, держав, їх об'єднань, зокрема, мають за мету налагодження і розвиток співробітництва задля забезпечення розробки і прийняття міжнародно-правових актів в сфері цивільної авіації в європейському, американському, азійському, африканському та інших регіонах; імплементації прийнятих актів міжнародних авіаційних організацій угод тощо;

3) транснаціональний (транскордонний) та наднаціональний рівні, зумовлений активізацією певних форм співпраці державами та міжнародними організаціями декількох регіонів, а також у рамках Європейського Союзу як особливого наднаціонального утворення;

4) двосторонній рівень, що визначається необхідністю конкретизації такого співробітництва в авіаційній сфері, реалізації положень міжнародного і національного права і законодавства (космічної, повітряної, безпекової та інших галузей).

Власне на цих рівнях спостерігається фокусування уповноваженими суб'єктами на таких напрямах і пріоритетах:

- організація і координація міжнародного співробітництва держав у численних аспектах діяльності цивільної авіації під егідою Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) як спеціалізованої установи ООН;

- розбудова партнерства та інтеграція до Європейської конференції цивільної авіації (ЄКЦА), Центрального органу організації повітряних потоків (CFMU) Євроконтролю;

- участь в роботі низки спеціальних організацій, конференцій та форумів, зокрема IFATCA (Міжнародна федерація асоціацій авіадиспетчерів), CANSO (галузева асоціація з організації повітряного руху), IFATSEA (Міжнародна федерація асоціацій електроніки з безпеки повітряного руху), IATA (Всесвітня конференція з безпеки та експлуатації), FAI (Міжнародна авіаційна федерація) і т.д.;

- співробітництво у рамках існуючих безпекових організацій, насамперед Організації північноатлантичного договору (НАТО), Організації з безпеки і співробітництва у Європі (ОБСЄ);

- співробітництво з іншими профільними міжнародними організаціями, а саме: Міжнародна гідрографічна організація (МГО), Міжнародна морська організація (ІМО), Міжнародний транспортний форум (МТФ), Міжнародна організація з міграції (МОМ), Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), Групою організацій Світового банку тощо. [1-3]

Вбачається, що зазначені напрями і пріоритети співпраці за участі уповноважених суб'єктів у сфері цивільної авіації потребують відповідних узагальнень, аналізу їх результатів, а також теоретичної науково обґрунтованої основи, виокремлення існуючих проблем і шляхів їх вирішення. Наприклад, в одному з останніх досліджень на тему «Адміністративно-правове регулювання відносин у сфері цивільної авіації України» (Київ, 2023) запропоновано серед іншого визначення деяких важливих для організації та функціонування міжнародних авіаційних організацій понять: «цивільна авіація» як системи всіх видів підприємств, установ та організацій, діяльність яких спрямована на створення умов та використання повітряного простору за допомогою цивільних повітряних суден у невійськових цілях; а також «адміністративно-правова відповідальність суб'єктів авіаційної діяльності», «безпека цивільної авіації», «авіаційна безпека», «забезпечення авіаційної безпеки», «безпека польотів», «безпека аеронавігації», «екологічна безпека цивільної авіації». [4] Тобто широке трактування базових вихідних категорій, включаючи уповноважених суб'єктів у сфері цивільної авіації, передбачає розширення можливостей, суб'єктно-функціональних компетенцій та інших характеристик, що стосуються співробітництва міжнародних організацій у сфері цивільної авіації, як безпосередньо міжнародних авіаційних організацій, так і інших профільних організацій, які долучаються певною мірою до цієї сфери.

Можна погодитись з тим, що наразі визначальним є значення ІКАО та Європейського Союзу на шляху надання юридичної сили авіаційним правилам України, що регулюють різні аспекти авіаційної діяльності, розробляються та затверджуються Державіаслужбою наказами організаційно-розпорядчого характеру. З метою їх відповідності існуючим регламентам ІКАО і законодавству ЄС (регламентам і директивам), очевидним і необхідним стало змін і доповнень до Повітряного кодексу України, Указу Президента України «Про затвердження Положення про Державну авіаційну службу України» тощо.

Стосовно згаданої системи міжнародно-правового регулювання взаємодії держав і міжнародних авіаційних організацій, інших суб'єктів в сфері цивільної авіації, важливим є привернення уваги не лише до загальних і спеціальних (окремих) проблем такого міжнародно-правового регулювання, а й до особливостей правозастосовної практики держав, їх об'єднань, транснаціональних компаній та інших уповноважених суб'єктів в сфері цивільної авіації, визначення факторів і чинників, що позитивно і негативно впливають на дані процеси.

Наприклад, доречним є виокремлення ролі міжнародних організацій на «міжнародному або глобальному» рівні регулювання, зокрема у контексті укладання різних видів міждержавних угод; «регіональному рівні», що прямо пов'язаний з географічним розташуванням нашої держави, тобто імплементація Регламентів Європейського Парламенту; «зовнішньому», що полягає у створенні нормативно-правових актів, що регулюють відносини з авіаперевезень, а саме Повітряний кодекс України, окрім того затвердження положення про органи дозвільного регулювання – Державіа служба та регламент її діяльності; «внутрішньому» уособлює раніше висунуті та законодавчо закріплені вимоги не лише державного а й світовою спільнотою – порядку здійснення авіаційних перевезень – правила авіакомпаній. Як запевняють дослідники, встановлення стабільного та прозорого інвестиційного середовища є критичним для залучення капіталовкладень у сферу авіації, а визначення чітких нормативних рамок створює умови для детермінації та обґрунтування потенційних ризиків інвесторами, сприяючи збільшенню ефективності та передбачуваності інвестиційного процесу. Поряд з цим, спеціальний інститут господарського права – інвестування чи інвестиційної – діяльності регулюється численними нормативними актами, так само як і інститут повітряних перевезень, їх багаторівневість дозволяє констатувати про певну «гібридизацію» через виокремлення особливих відносин між авіатранспортом та інвестуванням. [5] Йдеться про об'єднання регулювання різних правових інститутів, що зумовлює розвиток та систематизацію національного законодавства, імплементацію міжнародних стандартів і т.і. Звісно, комплексне дослідження інституту інвестування в галузі повітряних перевезень, його господарсько-правового механізму має значний нерозвинений потенціал та вплив на стабілізацію економічного становища Української держави як в умовах сьогодення, так і з урахуванням умов післявоєнного відновлення. З урахуванням світового досвіду, сформовано проект плану післявоєнного відновлення робочої групи «Відновлення та розбудова

інфраструктури», у якому певну увагу приділено розвитку та поновленню аеропортової інфраструктури з метою залучення міжнародних перевізників а як наслідок і інвестицій у галузь повітряних перевезень. Враховуючи деякі критичні аспекти, він потребує удосконалення, з урахуванням аналогічного досвіду інших держав, реальних проблем і потреб.

З-поміж інших аспектів, що пов'язані з діяльністю міжнародних авіаційних організацій, у науковій літературі акцентується на міжнародно-правовому та національному регулюванні відповідальності держави за знищення цивільних повітряних суден; міжнародному співробітництві під час розслідування авіаційних подій; природі й статусі регламентів Міжнародної організації цивільної авіації ІКАО у міжнародному праві; історії та розвитку Міжнародної організації цивільної авіації; Організації та програмі Міжнародної аеронавігаційної комісії (C.I.N.A.), ризиках підприємницької діяльності в галузі авіаперевезень, загроз для національної і міжнародної безпеки при здійсненні авіапольотів та авіперевезень, значенню міжнародних організацій у розробці і регулюванні міжнародно-правових норм з метою безпечного функціонування цивільної авіації, ролі міжнародних організацій у миробудівництві та врегулюванні військових конфліктів, забезпеченні сталого розвитку тощо [1; 6-7].

Висновки. Враховуючи вищевикладене і динаміку модернізації сфери цивільної авіації, першочергово, на наш погляд, в умовах сьогодення з-поміж пріоритетів міжнародно-правового співробітництва в сфері цивільної авіації слід відзначити безпеку польотів і контроль за безпекою (безпечністю) польотів; декарбонізацію авіації, розвиток безпілотних авіаційних комплексів і забезпечення інформаційного обміну в галузі безпілотної авіації (з НАТО та іншими організаціями), забезпечення доступу до аеропортової інфраструктури; захисту прав пасажирів, захисту конкуренції та контролю за ціноутворенням; активізацію міжнародного співробітництва під час розслідування авіаційних подій; забезпечення балансу публічно-правового і приватно-правового регулювання в авіаційній сфері, удосконалення договірно-правових та інституційних механізмів взаємодії, інтеграцію в загальний повітряний простір. Безумовно, невідкладним завданням є гармонізація законодавства України із законодавством Європейського Союзу на шляху набуття членства і реалізації зовнішньої політики ЄС в сфері авіації.

Українська держава є активною учасницею існуючих міжнародних організацій та форумів в авіаційній сфері, міжнародних правотворчих і правореалізаційних ініціатив. Водночас складні умови сьогодення демонструють потреби міжнародної підтримки нашої країни задля подолання існуючих кризових явищ, наслідків збройної агресії та подальшої відбудови.

Список літератури

1. In Focus: ICAO'S Strategic Objectives. URL: https://www.icao.int/Pages/default.aspx
2. Украероруx. Державне підприємство обслуговування повітряного руху України. URL: https://uksatse.ua/index.php?act=Part&CODE=203; https://uksatse.ua/index.php?act=Part&CODE=226

3. Міжнародна авіаційна федерація. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D0%B0%D0%B2%D1%96%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%84%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F

4. Кирилюк Н. Д. Адміністративно-правове регулювання відносин у сфері цивільної авіації України: дис. … доктора філософії за спеціальністю 081 право. Київ, 2023. 217 с.

5. Доденко І.В. Правове регулювання інвестування авіаційних (повітряних) перевезень: дис. … доктора філософії за спеціальністю 081 «Право». Харків, 2023. 187 с.

6. Камінська Н. В., Бойко В. І. Роль міжнародних організацій у миробудівництві та врегулюванні військових конфліктів. Міжнародна та національна безпека: теоретичні і прикладні аспекти : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 17 бер. 2023 р.). Дніпро : ДДУВС, 2023. С. 136-139.

7. Богдашевський Т. Доктринальна основа дослідження міжнародних авіаційних організацій. *Європейські перспективи. 2024. № 3.* С.208-213.

UDC 336.76

M.M. Dovgyi, PhD student.
(National Aviation University, Ukraine)

The Role of International Law in the Development of the Derivative Market for Virtual Assets

The report examines the impact of international law on the formation and regulation of the virtual asset derivatives market. It identifies the main principles and standards set by international law to ensure transparency, security and stability of this market. The challenges and prospects for the development of this market in the context of international cooperation and regulation are also analysed.

The Role of International Law in the Development of the Derivative

In today's world of rapid technological development and globalization, virtual assets, such as cryptocurrencies, tokens and other forms of digital assets, are becoming increasingly popular. This has led to the emergence of the derivatives market, where contracts or financial instruments are derived from the value of these virtual assets. International law plays a key role in the development and regulation of this new and dynamic market.

"The institution of payment and settlement systems has also been influenced by technological innovations, which, in turn, has led to the creation of a new means of payment - virtual assets, which has been actively implemented over the past 8 years. According to analytical data, about a million Ukrainians have experience in using digital currencies, which is one of the 41 highest rates in the world" [3, p.117].

The core of the global financial system is the global financial market. In other words. These are financial relations in which various financial assets are bought and sold regardless of national borders. These include derivatives and precious metals. Global financial markets offer participants more opportunities than national markets. Due to differences in regulatory standards, participants are able to avoid rules that apply to national markets, such as the Financial Instruments and Exchange Act.

"The international market of financial derivatives (secondary securities or derivative financial instruments, the main asset of which is already existing securities) is represented by forwards, futures, options, and swaps. This is the most dynamic segment of the financial market" [1, p. 61].

The Law of Ukraine "On Virtual Assets" establishes the general principles of state regulation of the circulation of virtual assets, including the principles of subsidiarity, efficiency, balance, predictability, transparency, consideration of public opinion, reciprocity or independent initiative. It is shown that this list of principles is not systematized and does not reflect all the principles of virtual asset allocation.

Different regulatory standards provide participants with the opportunity to avoid restrictions imposed on national markets, i.e. restrictions on financial instruments.

Lists of permitted financial instruments and funding amounts, unfavorable funding or placement conditions, and suboptimal taxation regimes.

Civil liability can only arise if the offense actually committed by a person is a legally recognized unlawful act. One of the important elements for establishing the fact of committing a particular offense is to determine the elements of the offense. This condition applies to the entire system of legal liability, including liability for violation of the procedure for the distribution of virtual assets. The absence of separate legislation regulating violations of the law in this area distracts attention from the presence of common and defining features that may be inherent in these offenses.

"Today, in the context of the development of communication technologies and financial globalization with the adoption of new versions of the Laws of Ukraine "On Commodity Exchanges" and "On Capital Markets and Organized Commodity Markets", we have a sufficiently developed legislation regulating the issue and circulation of securities and derivatives for effective international investment cooperation, which has created new opportunities for the development of derivatives, the basic asset of which is property rights to real estate" [2, p. 212].

One of the main functions of international law is to create a unified system of standards and norms that can be adopted by countries to regulate virtual asset derivatives markets. This helps to ensure the transparency, security, and stability of these markets, and contributes to the protection of investors.

International law is an important tool in shaping the legal environment for the virtual asset derivatives market. Since virtual assets and their derivatives are not limited by territorial boundaries, international law is of key importance in regulating this market.

First of all, international law may establish general principles and standards for the regulation of the virtual asset derivatives market. These principles may include disclosure requirements, currency control procedures, anti-money laundering, and financial terrorism prevention.

Second, international law may facilitate the conclusion of international agreements and conventions between countries to jointly regulate the virtual asset derivatives market. Such agreements may establish rules for registration, licensing, and supervision of market participants, as well as procedures for dispute and conflict resolution.

An important role of international law is to provide legal certainty in the area of virtual asset derivatives markets. This helps investors, regulators, and market participants understand their rights and obligations, and contributes to building confidence in these new financial instruments.

Despite the significant benefits, the impact of international law on the development of the virtual asset derivatives market also faces challenges. These include the need to adapt legal rules to rapidly changing technological conditions, as well as the risk of regulatory divergence between different jurisdictions. In addition, there is a need for international coordination to combat the use of virtual asset derivatives markets for illicit activities.

All of the above aspects demonstrate the importance of the role of international law in the development of the virtual asset derivatives market. The way to a stable and efficient virtual asset derivatives market is through international cooperation, the establishment of common standards and rules, and the development of international settlement mechanisms. Only through these measures can the trust of

market participants be ensured, its stability be ensured, and the further development of the global financial system be promoted.

As a result, the role of international law in the development of the virtual asset derivatives market is extremely important. International law defines the rules and standards that govern the interaction between different countries in the field of financial activities, including trading in derivatives and virtual assets. It creates a framework on the basis of which legal stability and trust of market participants are formed, which contributes to the legitimacy and transparency of operations. Thus, international law plays a key role in creating an enabling environment for the development of the virtual asset derivatives market, contributing to the growth of this segment of the financial market.

Conclusions:

International law plays a crucial role in the formation and development of the virtual asset derivatives market. Given the global nature of virtual assets and their derivatives, international cooperation and the unification of legal norms are essential to ensure the stability and security of this market. To effectively regulate the virtual asset derivatives market, it is necessary to develop common international standards and principles that will protect investors by establishing disclosure requirements and anti-money laundering and anti-terrorist financing procedures. International treaties and agreements facilitate cooperation between countries in regulating the virtual asset market. The rapid development of technology and globalisation create new challenges for international law, but also open up new opportunities for the development of this market. In general, international law is an important tool for creating a favourable environment for the development of the virtual asset derivatives market. This helps to increase confidence in this market, attract investment and develop the global financial system. However, in order to achieve this goal, it is necessary to continue to work on improving international legislation in line with new technological trends and challenges.

References

1) Grublyak O.M. The world financial system: a textbook. 217 c. 2023.
2) Kulaga E.V. Legal regulation of forward contracts in construction investment. Series PRAVO. Issue 76: Part 1. Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Series PRAVO. Issue 76: Part 1. pp. 208-213. 2023
3) Kobylnyk D., Nikonova M. Features of the use of virtual assets: financial and legal aspect. Public Law. № 4 (48). C. 117-125. 2022.

UDC 316.42

Maksymovych R.O., doctoral student,
Acting Head of the Department of International
and European law of the Faculty of International Relations
(National Aviation University, Ukraine)

The influence of international organizations on the formation of social policy in the state

This report analyzes the role of international organizations in shaping national social policy. The factors of influence, mechanisms of cooperation, and practical examples of social programs are considered. Particular attention is paid to the role of the UN, IMF and EU in the development of social standards and reforms at the national level.

Influence of international organizations

Social policy is an important part of public administration and determines the level of development of social protection, welfare and social institutions. In a globalized world, more and more countries are influenced by international organizations that set social policy standards and promote social reforms. Exchanges between states and international organizations have become the main mechanism for introducing new approaches to social protection, in particular through financial, technical and professional support. Therefore, it is important to understand how international organizations influence the development of social policy.

Today, the UN is a key player in international cooperation. The influence of this organization is due to its size. The UN system is unique and includes more than 30 related organizations, as well as specialized agencies that are independent international organizations. The main goal of the UN is enshrined in Article 1 of the UN Charter, which states that the UN is a center for coordinating the actions of states to achieve common goals relating to the maintenance of international peace and security, as well as to promote economic, social, cultural and other cooperation among states and to encourage respect for human rights and fundamental freedoms [1].

These organizations develop global standards for social protection and monitor compliance with them. For example, the ILO has developed international labor conventions that guarantee workers' rights and oblige states to provide safe working conditions and fair wages. Countries that ratify these conventions are obliged to integrate them into their national legislation and increase the level of social protection for their citizens.

The International Monetary Fund (IMF) is another powerful institution that plays an important role in shaping the social policies of many countries, especially those facing economic difficulties. The IMF provides financial assistance to countries in exchange for economic reforms, which often involves cuts in public spending, including on social programs. This policy has a double effect. On the one hand, it helps to stabilize the economy, but on the other hand, it reduces the scope of social services and can have a negative impact on vulnerable groups.

Unlike the IMF, the World Bank takes a more targeted approach to social reforms. It finances programs aimed at overcoming poverty and improving access to

education and healthcare. The World Bank actively cooperates with developing countries to help them reform their social systems. For example, many countries in Africa and Asia have implemented World Bank-funded social insurance programs that provide a minimum social safety net for even the poorest segments of the population.

The European Union (EU) is a private international organization that positively influences the social policies of its member states through directives and regulations. These standards include ensuring access to quality healthcare, education, and social security, as well as protecting labor rights. In addition, through the European Social Fund (ESF), the EU finances a number of programs aimed at developing the labor market and social integration of vulnerable groups.

Non-EU countries that cooperate with the EU also experience the EU's influence in their social policies. For example, after signing the Association Agreement with the EU, Ukraine committed itself to a number of social reforms in line with European standards. These include reforms of the pension system, labor market, and healthcare system. The implementation of these reforms will bring Ukraine closer to European social standards and increase the level of social protection of its citizens.

Social policy and its component, social protection, are designed to minimize social problems and prevent social crises. Current trends in the development of national social policies are largely determined by the general patterns and features of the globalization process [2].

In addition to global organizations, regional organizations also have a significant impact on social policy. For example, the Commonwealth of Independent States (CIS) and the Eurasian Economic Union (EAEU) have developed their own social policy standards aimed at improving social insurance and integrating labor markets. The member states of these organizations cooperate in the areas of labor migration protection, regulation of pension systems and social security.

International conventions also have an important impact on social policy decisions. By signing and ratifying international conventions, states commit themselves to the standards set forth in these documents. For example, children's rights, gender equality, and protection of the rights of people with disabilities. By incorporating these international norms into national legislation, states can improve their social policies and provide better protection for their citizens.

An important aspect of the influence of international organizations on social policy is the provision of financial assistance for the implementation of social programs. This is especially important for developing countries, which often do not have sufficient resources to carry out the necessary reforms. International organizations such as the UN, the World Bank, and the EU allocate significant financial resources to implement programs such as healthcare, education, social protection, and poverty reduction.

Despite the positive impact of international organizations, their activities are sometimes criticized. Some experts point out that conditions imposed by organizations such as the IMF can lead to social tensions. For example, austerity requirements can force governments to cut spending on social programs, which can negatively affect vulnerable groups. This can lead to protests and social instability, as in Latin America and Africa.

However, there are also examples of successful cooperation with international organizations. In Eastern Europe and Central Asia, for example, the World Bank and the UN have contributed to significant improvements in access to education and healthcare. In Georgia, for example, the country's standard of living has improved significantly due to the reform of the health care system and the expansion of access to medical care.

International organizations also play an important role in protecting the rights of vulnerable groups, such as children, women, people with disabilities and migrants. Programs developed by UNICEF and other organizations are aimed at providing social protection for these groups. For example, programs to provide education to children in conflict-affected countries have significantly improved access to education for millions of children around the world.

Expert support is an important factor in the influence of international organizations on social policy. International organizations provide not only financial assistance but also advisory and technical support for reforms. This allows countries to adopt and adapt the best international practices to their own conditions and thus increase the effectiveness of their social programs.

International organizations have become a global, all-encompassing phenomenon that can have a significant impact on the world economy and politics. Assessment of the impact and prospects of such international organizations is of considerable scientific interest [3, p. 261].

International organizations also encourage states to reform social policy through monitoring and evaluation mechanisms. They monitor the implementation of international treaties and conventions and evaluate the effectiveness of social programs. In this way, problems can be quickly identified and policies can be adjusted to achieve better results.

Finally, the influence of international organizations on the development of social policy in Ukraine is complex and multifaceted. These organizations actively support social reforms not only by providing funding and setting standards, but also by providing technical and professional assistance. However, the state must strike a balance between the requirements of international organizations and its own national interests to ensure that social policy is as effective as possible and to protect the rights of its citizens.

Conclusion.

International organizations play an important role in shaping and developing social policy in many countries. International organizations not only set global standards for social protection, but also provide financial, technical, and professional support for the implementation of social reforms. Organizations such as the UN, IMF, World Bank, and EU have a significant impact on the development of healthcare, education, social insurance, and labor market systems. At the same time, the influence of international organizations has both positive and negative aspects, ranging from improving social standards to possible negative consequences of social spending cuts. For effective cooperation, it is important to strike a balance between the requirements of international organizations and the interests of your own country, so that each country can develop social policy in the interests of its own citizens.

References

1. Charter of the United Nations. URL: https://www.un.org/ru/sections/un-charter/chapteri/index.html (accessed September 25, 2024).

2. Globalization and changes in the legal system of Ukraine in the conditions of war. Public Law. 2022. Issue No. 3 (47) P.105

3. The essence and functions of international organizations in modern international relations. Geopolitics of Ukraine: history and modernity. Collection of scientific papers. Issue 1 (20). 2018. C. 253-263.

УДК 341.645:343.1

Корж П.В., аспірант
(Національний авіаційний університет, Київ)

Роль міжнародних судових органів у розвитку доктрини індивідуальної кримінальної відповідальності

У цій доповіді досліджується роль міжнародних судових інституцій, таких як Міжнародний кримінальний суд та суди ООН, у формуванні та розвитку доктрини індивідуальної кримінальної відповідальності. У ньому розглядаються важливі прецеденти, які сприяли розвитку концепції індивідуальної кримінальної відповідальності за міжнародні злочини, включаючи геноцид, воєнні злочини і злочини проти людяності.

Роль міжнародних судових органів

Важливим засобом забезпечення стабільності міжнародних правовідносин є створення в міжнародно-правовій системі системи індивідуальної кримінальної відповідальності. Така міжнародно-правова система виникла насамперед через необхідність створення ефективного механізму захисту міжнародного правопорядку, який все більше підривається міжнародними збройними конфліктами, що неминуче призводять до порушень основоположних принципів міжнародного права та вчинення міжнародних злочинів, а також через наявність чітких меж міжнародної кримінальної відповідальності держав та фізичних осіб.

Останні зміни в міжнародному правопорядку вимагають адекватної реакції міжнародного права для запобігання порушенням об'єктивних, непорушних прав людини і народів, а також для швидкого і послідовного реагування на міжнародні злочини. Прогрес міжнародного права в цьому напрямку вже можна охарактеризувати як результат формування однієї з найважливіших галузей міжнародного права - міжнародного гуманітарного права, а також нового інституту - міжнародної кримінальної юстиції [1, с. 120].

Роль міжнародних судових установ у розвитку теорій індивідуальної кримінальної відповідальності стала однією з найважливіших складових сучасної міжнародно-правової системи. Міжнародні суди, зокрема Міжнародний кримінальний суд (МКС) та міжнародні трибунали, такі як Міжнародний трибунал щодо колишньої Югославії (МТКЮ) та Міжнародний кримінальний трибунал щодо Руанди (МТР), відіграли важливу роль у формуванні та становленні цієї доктрини. Рішення та правові позиції цих трибуналів мали значний вплив на тлумачення міжнародного права та створили прецеденти, які є основою для подальшого розвитку міжнародно-правових норм.

Індивідуальна кримінальна відповідальність є відносно новим явищем у міжнародно-правовій практиці. Загальновідомо, що тривалий час єдиними суб'єктами міжнародного права були держави. У сучасних умовах питання міжнародної кримінальної відповідальності набуває все більшого значення в практиці міжнародних відносин. Реалізація міжнародної кримінальної

відповідальності є одним з найважливіших засобів підтримання порядку в міжнародних відносинах [2, с. 12].

Індивідуальна кримінальна відповідальність є важливим елементом боротьби з безкарністю за найтяжчі міжнародні злочини, такі як геноцид, воєнні злочини та злочини проти людяності. Історично міжнародне право зосереджувалося на відповідальності держав, але зі зростанням кількості міжнародних конфліктів і масштабних порушень прав людини виникла необхідність переслідувати осіб, які вчиняють ці злочини. Однією з головних цілей створення міжнародного суду було продемонструвати, що навіть найвищі посадові особи, включаючи глав держав, не можуть уникнути відповідальності за свої дії.

Перші кроки в цьому напрямку були зроблені після Другої світової війни зі створенням Нюрнберзького та Токійського трибуналів. Ці судові інституції є історичними прикладами спроб міжнародної спільноти встановити індивідуальну відповідальність за воєнні злочини та злочини проти людяності. Важливо, що ці трибунали наголошували на принципі індивідуальної відповідальності, незалежно від посади чи рангу особи в ієрархії влади. Прецедент індивідуальної кримінальної відповідальності, створений Нюрнберзьким процесом, заклав основу для подальшого розвитку цієї доктрини.

Наступним важливим етапом у розвитку цієї концепції стало заснування Міжнародного кримінального трибуналу щодо колишньої Югославії у 1993 році та Міжнародного кримінального трибуналу щодо Руанди у 1994 році. Перед обома трибуналами було поставлено завдання судити осіб, відповідальних за серйозні порушення міжнародного гуманітарного права, включаючи геноцид, воєнні злочини і злочини проти людяності. Ці рішення створили прецеденти, які підтверджують, що до відповідальності можуть бути притягнуті не лише солдати і комбатанти, а й цивільні особи, причетні до планування та організації цих злочинів.

Міжнародний кримінальний суд, створений у 2002 році відповідно до Римського статуту, продовжує розвивати свою практику щодо індивідуальної кримінальної відповідальності. На відміну від попередніх судів, МКС має постійні повноваження та юрисдикцію щодо широкого кола міжнародних злочинів, включаючи геноцид, злочини проти людяності, воєнні злочини та злочини агресії. Важливо, що МКС має глобальну юрисдикцію, не обмежуючись окремими спорами чи справами, як МТБЮ та МТР.

У співпраці з МКС можна виділити кілька етапів: 1) виникнення ідеї міжнародного кримінального правосуддя; 2) робота Нюрнберзького і Токійського військових трибуналів; 3) діяльність Міжнародного кримінального трибуналу по колишній Югославії та Міжнародного кримінального трибуналу по Руанді; 4) створення МКС [3, с. 296].

Судова практика щодо індивідуальної кримінальної відповідальності також розвинулася завдяки низці рішень МКС, які стосуються не лише виконавців злочинів, а й тих, хто брав участь у плануванні та організації злочинів. Наприклад, справи проти високопосадовців у таких країнах, як Лівія та Судан, показали, що навіть державні лідери, які вчиняють масові злочини або сприяють їх вчиненню, можуть бути притягнуті до кримінальної

відповідальності. Це важливий аспект, що сприяє створенню культури підзвітності в міжнародному співтоваристві.

Пояснюючи роль МКС у застосуванні принципу індивідуальної кримінальної відповідальності в міжнародному праві, необхідно звернути увагу на деякі особливості його юрисдикції. По-перше, слід зазначити, що МКС, який наразі є єдиною постійно діючою міжнародною судовою установою, має юрисдикцію щодо дуже обмеженої кількості міжнародних злочинів, серед яких: а) злочини геноциду, б) злочини проти людяності, в) воєнні злочини та г) злочини агресії. Слід зазначити, що на сьогодні злочин агресії прямо не згадується ні в Статуті Міжнародного кримінального суду, ні в Елементах злочину - нормативному додатку, розробленому Підготовчою комісією Міжнародного кримінального суду спеціально для роз'яснення тлумачення і застосування статей 6, 7 і 8 відповідно до Статуту [4, с. 259].

Роль міжнародних судових установ у розвитку доктрини полягає також у створенні правових механізмів, які дозволять їм переслідувати злочини, вчинені в контексті міжнародного конфлікту. Особливого значення набувають такі правові поняття, як командна відповідальність, співучасть і співучасть. Судова влада, і зокрема Міжнародний кримінальний суд (МКС), розробила ці концепції та детально застосувала їх у конкретних справах.

Міжнародні суди також зробили свій внесок у розвиток міжнародного кримінального права, визначивши елементи злочину. Наприклад, МТБЮ і МТР надали детальне тлумачення таких злочинів, як геноцид і злочини проти людяності, і розробили критерії для визначення наявності цих злочинів. Вони також встановили стандарти доказування в міжнародних кримінальних справах, що є важливим внеском у юридичну практику.

Важливо зазначити, що роль міжнародних судових установ не обмежується покаранням злочинців. Вони також відіграють важливу роль у відновленні справедливості для жертв міжнародних злочинів: МКС та інші міжнародні суди створили механізми компенсації та реабілітації жертв. Це важливий аспект їхньої роботи, оскільки забезпечення прав та інтересів потерпілих є невід'ємною частиною правосуддя.

Однією з проблем, з якою стикаються міжнародні судові установи, є складність виконання їхніх рішень. Багато держав відмовляються співпрацювати з МКС та іншими судами, що ускладнює притягнення до відповідальності високопоставлених злочинців. Питання імунітету політиків і лідерів також є серйозною перешкодою для повної реалізації принципу індивідуальної відповідальності. Хоча міжнародні суди мають юрисдикцію судити таких осіб, багато держав все ще вважають, що глави держав і урядів повинні мати імунітет від судового переслідування.

Політизація міжнародних судових інституцій також є проблематичною. Зокрема, відсутність універсальної підтримки МКС з боку таких великих держав, як США, Росія та Китай, ставить під сумнів його ефективність та здатність діяти незалежно. Крім того, критика окремих справ часто пов'язана зі сприйняттям МКС як інструменту політичного тиску на окремі держави чи режими.

Незважаючи на ці виклики, міжнародні судові установи продовжують відігравати важливу роль у розвитку та консолідації судової практики у сфері індивідуальної кримінальної відповідальності. Міжнародні судові установи є не лише інструментами правосуддя, а й важливими елементами системи міжнародної безпеки, сприяючи запобіганню нових злочинів та відправленню правосуддя. Міжнародна правова спільнота постійно шукає шляхи вдосконалення механізмів відповідальності, зокрема шляхом реформування та зміцнення МКС.

Висновок.

Тому роль міжнародних судових установ у розвитку права індивідуальної кримінальної відповідальності є надзвичайно важливою. Міжнародні судові установи заклали основи боротьби з безкарністю, створили правові механізми для притягнення до відповідальності осіб, винних у скоєнні міжнародних злочинів, та сприяли встановленню міжнародних стандартів правосуддя. Незважаючи на те, що вони стикаються з багатьма викликами, їхня робота залишається важливим елементом у процесі досягнення правосуддя на міжнародному рівні.

Список літератури

1. Волощук О.Т., Юрчишин В.М. Основні етапи становлення та розвитку індивідуальної кримінальної відповідальності в міжнародному праві. Міжнародне право та право Європейського Союзу. Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції № 5. 2021. С. 119-127.
2. Філяніна Л.А., Тарантюк Ю.Р. Міжнародна кримінальна відповідальність індивідів за злочини геноциду. Науковий вісник Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ. 2012. № 1. С. 11–20.
3. Присяжнюк С.Ю. Генезис правового співробітництва міжнародних кримінальних судів з державами. Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія ПРАВО. Випуск 76: частина 2. 2023. С. 291-298.
4. Зозуля К.Т. Особливості індивідуальної відповідальності у міжнародному кримінальному прав. Національний університет «Одеська юридична академія». С. 256-260.

UDC 341.38

M.M. Nykyforuk, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

The Impact of UN Peacekeeping Operations on the Formation of Modern Norms of International Humanitarian Law

The report analyzes the evolution of UN peacekeeping operations and their impact on the development of international humanitarian law. It examines the key stages of the formation of peacekeeping missions, their legal basis and contribution to the protection of human rights and peacekeeping in conflict zones.

UN peacekeeping operations

United Nations (UN) peacekeeping operations are a key tool for maintaining international peace and security. Peacekeeping operations emerged in the mid-20th century as a response to global conflicts and have evolved along with changes in international relations and the nature of conflicts. The influence of international humanitarian law (IHL) on this development cannot be overestimated, as it has contributed to the strengthening of the law in armed conflict. This report examines the stages of evolution of UN peacekeeping missions, their main objectives and impact on the formation and implementation of IHL.

The UN Charter places the primary responsibility for the maintenance of international peace and security on the UN Security Council, which has the power to investigate whether disputes between parties to a conflict affect international peace and security; to demand that the parties to the conflict settle the dispute through peaceful negotiations; to impose economic, diplomatic and practical sanctions; and, finally, to have a wide range of powers to authorize the use of military force [1, p. 5].

In other cases, when direct United Nations intervention is deemed inappropriate or impractical, the Security Council may authorize regional or other international organizations, such as the European Union (EU), the African Union (AU), the North Atlantic Treaty Organization (NATO), the Economic Community of West African States (ECOWAS), or the League of Nations, to perform specific peacekeeping or peace enforcement functions.

As the events of recent years have shown, the issue of peacekeeping, or rather the training and use of peacekeeping forces in the interests of civilization, is increasingly present in the national consciousness of almost every country in the world today. Peacekeeping forces are a collective term for global and regional policy actors whose activities are aimed at strengthening peace and security, eliminating or limiting interstate, ethnic, religious and other conflicts and contradictions, and demilitarizing national consciousness.

According to military and political practice, the most effective peacekeeping forces of our time are specialized UN organizations - observer missions and peacekeeping forces that carry out measures and actions determined by the General Assembly or the Security Council to maintain or restore international peace and security [2, p. 122].

The main form in which they fulfill their functional responsibilities is peacekeeping operations (PKOs), which are expressed in the form of direct demonstrations, blockades, withdrawal of parties to the conflict from their territory and armed peacekeeping measures, as well as air, sea and land forces of UN member states that provide the Security Council with the necessary forces, means of assistance and logistics, including the right to transit through their territory in accordance with special agreements There are also the following activities

Evolution of UN peacekeeping operations

After the creation of the United Nations in 1945, the world faced new challenges, one of the most important of which was the prevention of military conflicts. The first peacekeeping operation was launched in 1948, but its mandate was limited. Its purpose was to monitor and control the implementation of the armistice in Palestine and elsewhere. In the early stages, the UN acted in accordance with the principle of neutrality and intervened in conflicts only in support of already signed agreements.

However, when protracted conflicts such as the Korean War and conflicts in Africa became more frequent in the world, the UN began to expand its peacekeeping mandate. In the early 1990s, as the number of civil wars and human rights violations increased, UN peacekeeping operations became more comprehensive, including humanitarian assistance, law enforcement, civilian protection, and disarmament.

Starting as a temporary monitoring mission, UN peacekeeping operations have evolved into a large-scale peace and security project that has been going on for more than half a century. Despite setbacks and victories, peacekeeping has proven its necessity. Peacekeeping has become a unique example of global cooperation between key UN bodies, such as the General Assembly, the Security Council and the Secretariat, as well as between states providing military and police forces and states hosting missions [3, p. 426].

Since 1948, from the first observation missions to multilateral and multifunctional peacebuilding missions, UN peacekeeping has evolved significantly and become much more effective, but problems such as the legitimacy of UN missions and human rights violations still remain. The process of reforming UN peacekeeping operations is still ongoing.

Today, the United Nations46 is at a new stage of its development. Having emerged from half a century of conflict, the United Nations has fulfilled the goal declared in its Charter as a primary task: "to save succeeding generations from the scourge of war" [4]. Today, especially against the backdrop of events in the Middle East and Ukraine, this issue is more relevant than ever. It is about whether the international community will be able to use the instrument of international law in these difficult times to take steps towards reconciliation of the warring parties and bring the peoples the much-needed peace.

Legal basis of peacekeeping operations

UN peacekeeping operations are based on the UN Charter, in particular Chapters 6, 7 and 8. According to these chapters, the UN is authorized to act both through the peaceful settlement of conflicts (Chapter 6) and through collective

measures to restore peace and security (Chapter 7). In the case of internal conflicts, such as in Rwanda and Yugoslavia, the mandate of peacekeeping missions has been expanded to include armed intervention to protect civilians.

It should be noted that peacekeeping operations are conducted on the basis of agreements with all parties to the conflict and are aimed at achieving long-term peace through political dialogue. At the same time, while the principle of non-interference remains fundamental, its application is more flexible, especially in the case of serious human rights violations.

The impact of peacekeeping operations on international humanitarian law

International humanitarian law, in accordance with the Geneva Conventions and Additional Protocols, establishes the basic principles of protection of persons who did not take part in hostilities and persons who ceased to take part in hostilities. UN peacekeeping operations have made a significant contribution to the development and strengthening of these norms in conflict zones.

For Ukrainian society, this question is not rhetorical, but quite real. The armed conflict in eastern Ukraine over the past two years has caused pain and suffering to both sides of the conflict, especially to the civilian population. We have learned from the media that the Ukrainian government is making every effort to end the violence and put the country back on a normal path of development. Recently, the Ukrainian government has been increasingly proposing the deployment of international peacekeepers (18,000 to 20,000 according to various sources) to separate the conflicting forces and restart the process of restoring constitutional order in these regions" [5, c. 5].

[5, c. 189].

First, UN operations provide a platform for humanitarian interventions, including protection of civilians, humanitarian assistance and demobilization. For example, in the missions in Rwanda, Kosovo and Sierra Leone, peacekeepers not only provided security, but also participated in the process of restoring law and order and contributed to the restoration of justice.

Second, UN peacekeeping operations have developed the concept of the Responsibility to Protect (R2P). This concept envisages international intervention in the event of large-scale human rights violations, such as genocide or ethnic cleansing. Although this principle remains controversial, elements of it have been used in UN peacekeeping missions, particularly in Sudan and Libya.

Thirdly, the beginning of peacekeeping operations gave impetus to the strengthening of IHL norms in international courts. The work of the International Criminal Tribunal for the Former Yugoslavia and the International Criminal Tribunal for Rwanda confirmed the importance of prosecuting violations of IHL, especially during armed conflicts.

Problems and challenges

Despite the positive impact of peacekeeping operations on the development of IHL, many challenges remain. The main problems include a lack of funding, a lack of common political will among UN member states and difficulties in coordinating with

local governments and other international organizations. In addition, not all peacekeeping operations are successful. As the examples of Rwanda and Srebrenica show, the lack of a quick and effective response can lead to large-scale civilian casualties.

Another problem is the legal regulation of peacekeepers' activities. In many cases, the issue concerns the legal status of peacekeepers and their liability for human rights violations. The fact that peacekeepers generally enjoy immunity from prosecution raises questions about their accountability in the event of violations.

Conclusion.

UN peacekeeping operations are an important element of the international security and legal order. They not only ensure stability in conflict zones, but also contribute to the strengthening of international humanitarian law by protecting the rights of civilians, fighting impunity, and building justice institutions. Despite the existing problems and challenges, the UN continues to adapt its operations to the changing global context, making a significant contribution to the development of IHL and the protection of human rights.

References

1. Bani-Nasser Fadi, Greenenko O.O. UN Peacekeeping Operations: Theory and Practice. URL: https://vmv.kymu.edu.ua/series/vipusk11-10/2.pdf (accessed September 19, 2024).
2. Hohoscha O. Formation of the concept and principles of UN peacekeeping. Bulletin of Lviv University. Series of International Relations. 2012. Issue 30. C. 121-127.
3. Zhukorska Y.M. History of the emergence and formation of the UN peacekeeping activity. Legal system of Ukraine and international law, comparative jurisprudence. Journal of Kyiv University of Law, №4. 2020. C. 423-427.
4. The Charter of the United Nations. San Francisco. June 26. 1945.
5. Treatment of persons detained during peacekeeping operations. Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Law". Issue 22. 2016.

UDC 341.123:061.1

Nichyporenko G.V., PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

International legal mechanisms exclusion of a state from international organizations

This report examines the international legal mechanisms for the inclusion of states in international organizations. It examines the grounds and procedures for exclusion, as well as examples from the practice of the UN, the Council of Europe and other organizations. Special attention is paid to the political and legal consequences of exclusion for states and the international community.

International legal mechanisms

The international legal mechanism for expelling states from international organizations is a complex and multifaceted process based on international law and the internal rules of each organization. It combines legal, political and moral aspects and can have a significant impact on the international community. The importance of state expulsion lies in the fact that it is a last resort to ensure compliance with international obligations and restore the broken international order.

First, the basis for the expulsion of states is the provisions contained in the charters and other constituent documents of international organizations. These documents clearly define the rights and obligations of member states, as well as the mechanisms for their expulsion in case of violation of their obligations. For example, the UN Charter contains provisions allowing for the expulsion of states that systematically violate the principles enshrined in the Charter. This requires a resolution of the General Assembly on the recommendation of the Security Council.

While obtaining certain rights, international organizations also bear responsibility for the conduct of their activities as a whole or for individual employees. If an international organization inadvertently causes damage to a state in the performance of its duties, it is obliged to compensate for this damage. For example, military operations by UN and NATO forces often cause environmental problems and material damage to civilians.

In such cases, the organization allocates funds to compensate for losses. International law provides for sanctions against offenders in connection with violations of the rules of conduct by individual members of the organization. The most common violations can be classified as follows: failure to comply with the organization's decisions, actions that deviate from the principles set out in the organization's charter, failure to fulfill financial obligations, and acts of aggression against other states.

Depending on the severity of the violation, the following sanctions are applied:

- termination of voting rights in the organization's bodies;
- deprivation of technical and financial assistance;
- temporary suspension of membership in the organization;
- expulsion from the organization;

• use of armed forces against the offender [1, p. 33-34].

The grounds for deportation depend on the nature of the offense. They include serious violations of international norms, such as aggression against another state, genocide, large-scale human rights violations, and failure to fulfill obligations to maintain international peace and security. States that violate these principles lose the legitimacy of their membership, as their actions contradict the fundamental purposes and principles of the organization.

The political context plays a crucial role in the exclusion process. Even if a state violates its international obligations, its expulsion usually depends on the political will of other member states. In the UN, for example, expulsion decisions require the support of the permanent members of the Security Council, which can be a serious obstacle in the event of political disagreements between major powers.

There are also a number of procedural problems in the expulsion procedure. For example, the Council of Europe in its Charter provides for the possibility of expelling states that systematically violate fundamental principles such as democracy, human rights and the rule of law. This decision is made on the basis of a vote of the member states. In the case of Russia, its expulsion in 2022 for the attack on Ukraine was a vivid example of the use of this mechanism.

In addition to the legal aspects, it is important to consider the moral dimensions of state exclusion. International organizations were created to protect and promote peace, security, human rights and cooperation among states. When states violate these principles, expulsion can be a symbolic act that reaffirms the international community's commitment to these values. It also increases the credibility of the organization and strengthens its ability to take action against violators.

However, not all international organizations provide for direct exclusion mechanisms. For example, the European Union (EU) does not have a procedure for expelling member states, but it does have other means of pressure, such as sanctions and voting rights restrictions. For example, the EU can impose sanctions on countries that violate fundamental EU values such as democracy and the rule of law, effectively isolating them from important decision-making processes.

Another important aspect is the consequences of expulsion for states. States expelled from international organizations may lose international prestige, opportunities for economic cooperation, and access to important financial and technical assistance. This can have serious domestic economic and political consequences, forcing states to reconsider their policies.

On the other hand, the exclusion of a state can also have negative consequences for the organization itself. Isolating states limits opportunities for dialogue and diplomacy and makes conflict resolution more difficult. For example, when a state is excluded, the organization loses the ability to influence the behavior of that state through multilateral channels, which can lead to further escalation of the conflict.

In international law, the exclusion of a state is also a precedent-setting tool. It sends an important signal to other states that violate international norms that the international community will not tolerate such behavior. It creates a mechanism of preventive pressure that encourages states to comply with their international obligations.

It should be noted, however, that exclusionary mechanisms are often seen as a last resort. Most international organizations try to find other ways to resolve disputes, such as negotiations, sanctions or other forms of pressure, before resorting to exclusion. This is due to the fact that exclusion is not only legally but also politically complicated and can affect the stability of international relations.

An example is the expulsion of the USSR from the League of Nations. When a conflict crisis arose between the member states of the League of Nations, the case was referred to the Security Council or the Court of Arbitration, consisting of neutral states. If necessary, all members of the League of Nations were obliged to sever all economic and cultural relations with the aggressor and declare a general blockade. The crisis of the League of Nations was particularly acute after the failure of the International Conference on Disarmament, from which Germany and Japan withdrew in 1933. The USSR used the League of Nations as a platform for political propaganda instead of resolving real international disputes. The ineffectiveness of the League of Nations was evident in the discussion of complaints about Japanese aggression against China in 1931, Italian aggression against Ethiopia (1935-36), and Soviet aggression against Finland (1939-40). The League of Nations failed to take effective measures against the aggressors: the expulsion of the USSR from the League of Nations in December 1939 was more of a desperate measure than real help to the victims of aggression [2, p. 76-77].

An important example of the use of exclusion mechanisms is the case of South Africa during the apartheid regime: In the 1960s, the country was expelled from many international organizations because of its racist policies. This exclusion had serious international consequences, and eventually South Africa was forced to reform its political system. Thus, exclusion can be an instrument of influence aimed at changing the domestic policy of a state.

Another example is the expulsion of Yugoslavia from international organizations during the Balkan wars. This measure was intended to put pressure on the Yugoslav government, which pursued an aggressive policy during the conflict. The expulsion was part of a broader international campaign aimed at resolving the conflict and protecting human rights.

In the current context, the exclusion of states from international organizations may be a response to new challenges, such as cybercrime, international terrorism, and violations of climate change commitments. For example, if a state systematically violates a climate change agreement, international organizations may consider isolating or expelling that state as a means of ensuring compliance with global environmental standards.

Finally, on September 16, 2022, Russia withdrew from the European Convention for the Protection of Human Rights and Fundamental Freedoms. This was the result of Russia's expulsion from the Council of Europe. The European Court of Human Rights has finally lost jurisdiction over Russia and is considering thousands of complaints against Russia, including those filed by Ukraine. This was reported by Volodymyr Yavorsky, human rights activist at the Center for Civil Liberties: "Russia's current position is that it has no obligations, as it withdrew from the Convention on Human Rights in March." He also emphasizes this: "The ECHR, from the point of view of procedure, cannot make a decision without taking into account Russia's

position. Moreover, a judge from this country must be present at the hearing" [3, p. 171].

Exclusion mechanisms are becoming increasingly important with the development of globalization and cross-border challenges. International organizations are facing new challenges that require flexible and effective tools to ensure accountability of member states. This requires the development of new mechanisms or modernization of existing procedures to ensure their effectiveness in the current environment.

Conclusions.

Thus, international legal mechanisms for expelling states from international organizations are an important means of ensuring compliance with international obligations and maintaining the international legal order. They have a complex legal and political structure, and their effectiveness depends on international support and political context. In the future, these mechanisms may become even more important to respond to new global challenges and threats.

References

1. Kozak Y.G., Kovalevsky V.V., Logvinov N.S. et al. International organizations: Study guide. Center for Educational Literature, 2009. 223c.
2. History of International Organizations. Study guide. Uman: PE Zhovtyi O.O., 2011 226 p.
3. Romtsiv O. International legal mechanisms for the protection of human rights and freedoms in times of war: the practice of the ECHR. Electronic scientific publication "Analytical and Comparative Jurisprudence". Section II Constitutional Law; Municipal Law. C. 168-172. 2023.

UDC 349.42

O. Bushok, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

International Legal Support for the Post-War Restoration of the State

The report analyzes the international legal support for the Post-War Restoration of Ukraine, paying attention into international norms and principles.

The post-war reconstruction of Ukraine, which suffered from the armed conflict, is a complex and multifaceted process that requires effective international legal support. Given the scale of the destruction and humanitarian needs, it is important to coordinate the efforts of international organizations, states and non-governmental organizations.

International norms and principles:

1. Principles of International Humanitarian Law: International agreements, such as the Geneva Conventions, define the obligations of states to protect civilians and restore infrastructure.

2. Human rights: The restoration of human rights is a critical aspect. International treaties, such as the International Covenant on Civil and Political Rights, should be the basis for restoring citizens' rights.

3. Economic Law: Economic recovery requires adherence to the principles of international economic law, including attracting foreign investment and ensuring the stability of financial systems.

Role of international organizations

1. UN.

The United Nations plays a key role in coordinating international assistance. UN agencies, such as UNDP and UNHCR, are actively mobilizing resources to rebuild infrastructure and support refugees.

2. EU

The European Union offers funding and technical assistance programs to help rebuild the Ukrainian economy. The partnership with the EU also includes reforms in various sectors that meet European standards.

3. NGOs

Non-governmental organizations, such as the Red Cross, also play an important role in providing humanitarian aid, medical services, and support for social recovery.

It should be paid attention into political instability: The domestic political situation could complicate the recovery process. Stability is needed to attract international investment.

The European Union has played an important role in providing financial support to Ukraine, especially in the context of post-war reconstruction and reform. This support ranges from humanitarian aid to long-term investments in infrastructure, economic development and social programs.

1. Financial assistance

a. Grants and loans

The EU provides significant financial assistance to Ukraine in the form of grants and concessional loans. This includes programmes financed from the EU budget as well as from funds such as the European Investment Bank (EIB) and the European Development Fund.

b. Macro-financial assistance

EU macro-financial assistance is provided to stabilise Ukraine's economy. This funding includes conditions that encourage economic and structural reforms.

2. Investment in infrastructure

The EU supports projects to rehabilitate critical infrastructure such as roads, bridges, energy networks and water supply systems. This includes:

- Reconstruction programs: financing projects that help rebuild damaged infrastructure.
- Environmental Initiatives: support for projects that promote the transition to green technologies and sustainable development.

3. Technical assistance and expertise

The EU provides technical assistance, including:

- Exchange of experience: providing experts for consultations in various fields such as health, education, energy and justice.
- Strategy development: assist in the development of strategies for reforms in line with European standards.

4. Support for reforms

The EU actively supports reform programmes in Ukraine, including:

- Judicial reform: support for the establishment of an independent judiciary.
- Anti-Corruption Initiatives: financing measures aimed at fighting corruption and increasing transparency in public administration.
- Economic reforms: Stimulating reforms in business, taxation and public finance.

5. Humanitarian support

The EU also provides humanitarian assistance to Ukraine, including:

- Refugee assistance: funding for programs that provide support to internally displaced persons and refugees.
- Medical assistance: support for medical facilities and healthcare programmes, in particular in relation to the consequences of the conflict.

The EU's financial support to Ukraine is multifaceted and covers various areas of life. This support not only helps in the country's post-war recovery, but also stimulates economic and social reforms, facilitating Ukraine's integration into the European community. Cooperation with the EU is an important step towards Ukraine's stability, security and prosperity.

It is worth noting that V. Hastynshchykov in his article ‘Post-war reconstruction of Ukraine - main possible scenarios’ notes that Ukraine's most active allies - primarily the United States and the European Union - have already begun planning what is likely to be the most ambitious post-war reconstruction in modern history. Experts believe that the efforts in Ukraine will be very different from recent post-war reconstruction initiatives in Iraq and Afghanistan. This reconstruction will

resemble the situation in Western Europe after the Second World War, as well as Eastern Europe after the Cold War and the Western Balkans after the collapse of Yugoslavia. Lessons from these episodes should inform the legislative framework for Ukraine's post-war reconstruction.Their basic and successful formula was created earlier. Thus, in those days, the United States provided money and security, while the Europeans provided the bulk of the funding and advanced the historic process of European integration [2].

Today, the most important and challenging task for the central and local authorities of Ukraine is to restore destroyed housing, industry and other infrastructure, as well as to ensure effective economic development of the regions in the process of overcoming the consequences of Russian armed aggression. As Ukraine is an urbanized country, with the majority of the population living in cities, an important part of this process is the organizational and legal support for urban recovery. As history shows, cities have always been the engine of economic development in all countries. Therefore, rebuilding Ukrainian cities will contribute to the sustainable development of the Ukrainian economy as a whole. Thus, the post-war reconstruction of Ukraine will be a serious challenge not only for our country but also for the entire world. The destruction is so enormous that it is clear that Ukraine will not be able to solve the problems of rebuilding its cities and modernizing its economy on its own. This complex and multifaceted process will require significant coordination between governments, international organizations, NGOs, the private sector and other stakeholders.

Conclusion

International legal support for Ukraine's post-war reconstruction is crucial for the country's recovery, protection of human rights, and stabilization of the region. Effective cooperation between states, international organizations, and the civil society sector is key to the successful implementation of recovery programmes. Only by adhering to international norms and principles can Ukraine's sustainable development and recovery from the war be achieved.

References

1. Відбудова України: принципи та політика. За ред. Ю. Городніченка, І. Сологуб, Б.В. ді Мауро. 2022. 508 с. URL:https://cepr.org/system/files/2022-12/reconstruction% 20book_Ukrainian_0.pdf
2. Гастинщиков В. Післявоєнне відновлення України – головні ймовірні сценарії. Армія Inform. URL: https://armyinform.com.ua/2023/07/01/pislyavoyenne-vidnovlennya-ukrayiny-golovni-jmovirni-sczenariyi/
3. Лісова Т.В. Правове забезпечення від-новлення земель: теоретичні і практичніпроблеми : монографія. Харків: Юрайт,2020. 396 с.
4. Покровська Н.М. Концептуальні засади післявоєнного відновлення України економічні аспекти. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. No 4 (274). 2022. С. 41–47.

UDC 37.091.33:004.738.5(043.2)

O.A. Bobarchuk, PhD, S.M. Halchenko, PhD, S.O.Hnidenko
(National Aviation University, Ukraine)

Architecture and basic requirements for modern educational portals

This article is devoted to an overview of modern architecture and requirements for educational portals in terms of their functionality, ergonomics and efficiency of use, as well as the impact of modern technologies. It examines the key aspects of online educational portals as the basis of a high-quality learning web environment.

The place and importance of the educational portal in the modern learning environment

Most modern researchers consider the online education portal as a website that provides web-based learning participants with the opportunity to interact and collaborate with electronic learning materials, such as courses, presentations, podcasts, and tests, as well as a means for teachers to manage these materials [1, 2]. That is, in fact, it is possible to define an online educational portal as a multi-level digital platform that provides access to a variety of educational resources and services aimed at forming the knowledge and skills of users in a virtual environment.

As noted by N. T. Zadorozhna and T. G. Omelchenko in their work "Technological Bases for the Creation and Support of Portals", educational portals play an important role in modern schools, universities and other educational institutions. The authors define educational portals as software and hardware complexes that combine in various forms and volumes territorially distributed data on scientific and methodological information resources, modern teaching technologies, state educational standards and any other information that can maintain an individual level of education and interest in continuous improvement of this level [3].

Online learning portals integrate resources from various sources, providing students with access to the latest research and methodologies. Interactive elements enhance learning, and certificates earned can increase competitiveness. These portals contribute to the development of the educational environment by addressing modern needs and challenges like new assessment methods, maintaining motivation, and preparing participants for technology usage [4].

All of the above confirms the significant importance of the educational portal in the context of the functioning of the modern educational environment or educational space, the formation of which was considered, in particular, by Philip Bunyard and Gene Underwood in their work "Understanding the learning space" [5]. An important contribution to the consideration of this concept was made by the American scientist Malcolm Brown in his work "Learning Space Design Theory and Practice". Based on the characteristics of today's learners, he identified the design principles, technological configuration, and appropriate learning styles of the online learning space [6]. Brown's work is the first monograph to systematically introduce

the concept of the learning space and explain the basic trends in its design in the context of three aspects: student change, technology development, and understanding of the learning process.

Educational space is a multifaceted concept encompassing physical, digital, and socio-cultural aspects of learning. It provides the context for knowledge exchange, skill development, and the formation of the educational environment. A key component is the educational portal, which offers a range of online learning tools and resources. To effectively support modern learning, it's essential to define clear requirements and architectural principles for educational portals.

Basic principles of building the architecture of modern educational portals

Building an educational portal involves a complex process considering technical factors and pedagogical principles. The portal's architecture must support various components, ensure security and scalability, and integrate educational resources. Key aspects include user interaction, adaptive learning, and progress monitoring. Modern portals must meet high standards of quality, reliability, and security. Successful examples like Udemy and Coursera demonstrate how effective distance learning can be through well-designed educational portals. Achieving such results is possible due to a carefully developed training system using a modern approach to software architecture. New generations of online education platforms strive to be flexible and efficient, unlike outdated architectures. The possibilities of modern software and the development of multimedia technologies contribute to the ability to meet the maximum number of educational needs.

The issue of building the architecture of electronic learning systems is considered by various modern researchers, including E. A. Palamarchuk. He notes that at the heart of any electronic system of this type is the relationship between the user and the knowledge base. The simplest online learning systems provide the user with the opportunity to search in a certain database of materials, comprehend the information received and apply it [7]. However, complex structures such as educational portals provide a much wider range of educational opportunities. In his article, E. A. Palamarchuk gradually complicates the elementary educational system (figure 1), adding new elements to it, which can be implemented both with the help of modern technologies and with the addition of certain agents to the learning structure (for example, teachers, administrators, etc.).

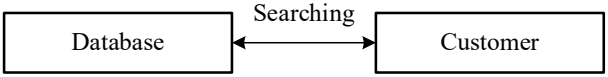


Figure 1. Elementary Educational System [7]

The issue of building a functional architecture of an educational portal is also considered in the article "Architecture of e-Learning". The authors of the work include such structural components as the user interface, which provides a direct opportunity for the user to interact with a certain e-learning system; user profile,

which can be customized by the user himself in accordance with his interests; elements of access to the knowledge base (information search, supply, filtering); notification system [8]. Modern online educational portals often include all of these elements: they provide a user-friendly interface that makes it easy to find the information you need, an adaptive user profile, an instant knowledge base, and a notification system that can be sent within the portal itself, to e-mail, or to a mobile device using a pre-installed application.

E. A. Palamarchuk provides a diagram of the general architecture of electronic learning systems based on web technologies (figure 2), which has become actively used, in particular, in such platforms as mentioned above (Coursera, Udemy) and other popular platforms for online learning (EdX, JetIQ). The main idea of such systems is to automate a number of educational functions, including navigation, provision of training materials, assessment, and processing of results [7].

Based on the above and the analysis of samples of modern educational portals, it is possible to conditionally divide the elements of the architecture of educational online portals into the main and fundamentally new (innovative) ones, which appear due to the influence of modern technologies.

The main components include a User Interface (UI), training content, a Learning Management System (LMS), communication tools, and a security system. These components should be present on online educational portals, regardless of their scale, as they provide the basic functionality of this type of web resources.

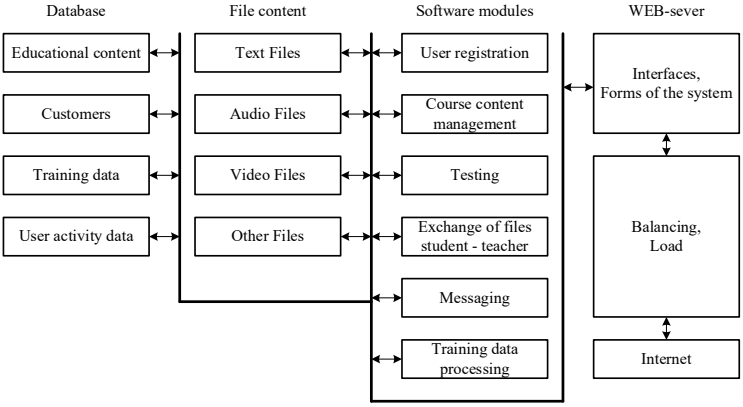


Figure 2. Architecture of e-learning systems based on web-technologies [7]

Modern educational portals are incorporating artificial intelligence, cloud technologies, AR/VR, and blockchain.

AI-powered assistants and personalized recommendations enhance the learning experience. Automated grading systems improve efficiency and objectivity. These technologies are transforming the way training is organized and users interact with educational portals. Also, an aspect of using artificial intelligence is the ability

to create educational materials and tasks for them with its help. However, any AI-generated content still needs to be reviewed. Cloud technologies enhance educational portals by providing scalability, accessibility, and real-time collaboration. AR/VR creates immersive learning experiences and enables virtual simulations. Blockchain ensures reliability, transparency, and data security in evaluation and certification processes.

Requirements for online educational portals and the general concept of architecture

Let's move on to considering the requirements of online educational portals. Of course, the list of requirements may vary depending on the purpose of the portal, the scale and characteristics of the user base to which it is focused. Therefore, we will offer the optimal range of conceptual requirements that meet the main criteria of today. One such aspect is to provide the ability to learn anywhere, anytime (Flexible Learning). This requirement stipulates that the educational portal must support a responsive design that allows users to access educational materials from any device – computer, tablet or smartphone. In addition, the portal should provide continuous access to resources, regardless of the time of day or the user's location. Another important requirement is the ability to manage users and authentication. Only authorized users can access the main content. Unauthorized users (guests) should be able to familiarize themselves with the content of the content (training materials and the list of tasks) [7].

Educational portals should offer reporting and analytics tools, communication features, and robust content management. They should allow for tracking student performance, course completion, and average scores. Additionally, portals should facilitate communication between students, teachers, and administrators through video conferencing, chats, and forum comments. Finally, they should provide tools f\or creating, managing, and organizing course content, including multimedia.

Educational portals must prioritize security measures to protect sensitive data. They should implement secure user authentication, data encryption, and access control. SSL/TLS certificates are essential for ensuring data confidentiality, integrity, and authenticity.

Based on the above, we can offer a new conceptual architecture of a modern educational portal, which includes additional requirements and innovative components.

1. User Interface (UI/UX). The main goal is to provide an intuitive and responsive interface that provides convenient access to all portal features. The interface should be: intuitive and easy to use for different categories of users (students, teachers, administrators); adaptive to provide the same user experience on different devices — computers, tablets, smartphones; multilingual to meet the needs of an international audience. interactive and multimedia and at the same time not overloaded with unnecessary elements.

2. Learning Content Management. Content should be modular, multimedia, and interactive: modularity (division into thematic blocks or modules) makes it easy to update and adapt materials; multimedia ensures the inclusion of

texts, video, audio and interactive elements; Interactivity fosters active student engagement through video lectures, simulations, quizzes, and hands-on assignments.

3. Learning Management System (LMS). LMS is the central element of the educational portal, which provides: adaptive learning through personalized learning paths that take into account student progress and outcomes; monitoring and evaluation using automated assessment systems, training analytics and reporting; learning analytics, which allows teachers and administrators to obtain detailed data on the effectiveness of curricula and individual student progress.

4. Communication tools. The platform should include a variety of means for communication and collaboration: forums and chats to discuss and support students and teachers; webinars and video conferences for online classes, consultations, and group projects; Email and messaging for quick and efficient information sharing.

5. Intelligent technologies. Using Artificial Intelligence and Machine Learning to Improve the Learning Process: intelligent assistants (chatbots) to support students in real time; personalized recommendations to provide individually tailored learning materials; automated grading systems for checking assignments and tests.

6. Cloud technologies. Cloud solutions provide flexibility, scalability, and availability of the portal: scalability and accessibility allow the portal to function stably, even under heavy load; Real-time collaboration allows students and faculty to work on collaborative projects and assignments; Storage and backup ensure reliable data storage and automatic backups.

7. Augmented and Virtual Reality (AR/VR). AR/VR technologies enhance learning experiences through immersive simulations: immersive learning aspects through interactive simulations that allow students to acquire practical skills; Virtual labs provide access to laboratory experiments and research in a virtual environment.

8. Blockchain technology. Blockchain provides security and transparency: data protection and certification through the secure storage of information about students' academic achievements; Digital identity management to protect personal data.

References

1. eLearning Portals: Key Features, Examples, Costs and ROI. URL: https://www.scnsoft.com/education/elearning/portals.
2. Sofi Gh Mohiuddin Jeelani, Zargar Majid Ashraf, Javaid Ahmad Bhat, Zahid Ashraf Wani, Lubina Gazal, Educational Portal: An Assessment, Asian J. Multidiscip. Stud. No. 5(1) (2017) 191–202.
3. N. T. Zadorozhna, T. H. Omelchenko, Tekhnolohichni osnovy stvorennia ta pidtrymky portaliv [Modern approaches and principles of portal building], Inform. tekhnolohii i zasoby navchannia No. 1 (2006).
4. S. Elaine, Online Resources Educational Sites and Portal. URL: https://www.scribd.com/document/538362350/PDF-Online-Resources-Educational-Sites-and-Portal.

5. Philip Banyard, Jean Underwood, Understanding the learning space, eLearning Pap. No. 9 (2008) 1–12.

6. Learning Spaces. URL: https://www.educause.edu/research-and-publications/books/educating-net-generation/learning-spaces.

7. E. A. Palamarchuk, Architecture of electronic educational systems, Optoelectron. Information-Power Technol. 39.1 (2020) 78–92. doi:10.31649/1681-7893-2020-39-1-78-92.

8. M. Alharbi, M. Jemmali, Architecture of e-Learning, Int. J. Knowl. Eng. 2.1 (2016) 20–25. doi:10.18178/ijke.2016.2.1.045.

UDC 004.933.5:681.3.06

O.A. Bobarchuk, PhD, S.M. Halchenko, PhD, O.R. Kapliuk
(National Aviation University, Ukraine)

The importance of understanding the changes in the expansion of generative artificial intelligence functionality

The research is devoted to the study of trends in the development of generative artificial intelligence in the direction of multimedia content synthesis. The potential of such models for creating realistic images, music compositions, and videos is analyzed. Ethical aspects and challenges associated with the widespread use of generative AI are also considered. The results of the study may be useful for developers, artists, and other professionals working in the field of digital content.

The importance of understanding changes in the expansion of generative artificial intelligence functionality

Generative artificial intelligence (AI) is one of the most promising areas of modern technology that allows creating new content based on existing data. One of the key areas of generative AI development is the combination of multimedia, including text, images, audio, and video. This research is important for creating more interactive and realistic models that can significantly affect various aspects of our lives. The expanding functionality of generative AI, characterized by the development of neural networks, in particular generative models such as generative adversarial networks (GANs) and transformers, has profound implications for various sectors. These changes are driving innovation in industries as diverse as healthcare, business, entertainment, and education [1].

The earliest generative models were relatively simple systems designed to produce basic data output based on predefined algorithms. These systems were able to produce rudimentary text and image output, but had limited ability to handle complex data or mimic human creativity. Early advances in machine learning algorithms, particularly the development of unsupervised learning methods, laid the foundation for more sophisticated generative models.

Deep learning, a subset of machine learning, greatly expanded the capabilities of generative AI by allowing models to learn from vast amounts of data. Deep neural networks, particularly convolutional neural networks (CNNs) and recurrent neural networks (RNNs), have facilitated more nuanced understanding and generation of content such as images, audio, and text. But the real leap forward came with the development of Generative Adversarial Networks (GANs) and transformer-based models, which revolutionized the way AI creates and processes content [2, 3].

Launched by Ian Goodfellow in 2014, GANs were a major milestone in generative AI. By pitting two neural networks, a generator and a discriminator, against each other, GANs can generate highly realistic images, videos, and even 3D models. transformer models, represented by OpenAI's GPT-3 and GPT-4, took generative AI a step further, coherent contextually relevant text and the generation of multimodal output (Fig. 1). Transformer architectures with attention mechanisms have enabled these models to process and generate language in ways previously unimaginable [4, 5].

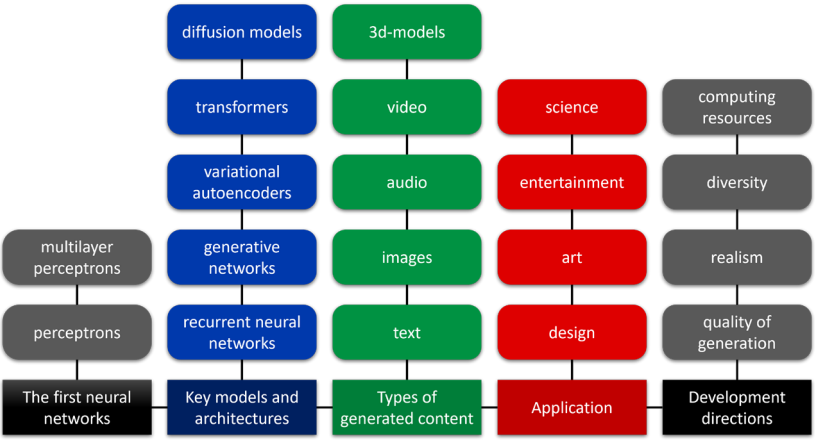


Figure 1. Changes in Generative Artificial Intelligence

General directions of generative AI development

One of the most innovative aspects of generative AI is text generation, especially by models such as GPT-4. These models can generate human-like text across a range of domains, from creative writing and journalism to technical documentation. As the complexity and size of language models increase, they become better at understanding context, nuance, and even generating creative ideas. This advancement has broad implications for text-dependent industries such as media, the legal profession, and customer service [4, 5].

Generative AI is also making rapid progress in image and video generation: GANs can now generate photorealistic images of even non-existent people and environments, and video models are beginning to create realistic animations from simple text descriptions. Applications in entertainment, such as film and video game design, are becoming widespread, while other industries, such as fashion and marketing, are using AI-generated content to reduce costs and streamline production processes. The music industry is experiencing significant change with the ability of AI to compose original music. Models trained on large data sets of audio files are now able to generate original music in a variety of genres and even reproduce the style of a particular composer. In addition to music, generative AI is advancing in areas such as speech synthesis and sound design, providing tools to transform industries such as gaming, podcasting, and virtual reality [4, 6].

The importance of understanding technological change and actions

The expansion of generative capabilities presents both opportunities and challenges for labor markets. While AI can augment human creativity by automating repetitive tasks or suggesting novel solutions, it also threatens jobs in creative industries. Writers, graphic designers, and musicians, among others, may find some aspects of their work increasingly automated. Understanding the trajectory of AI's

expansion is crucial for developing policies and frameworks that ensure humans and AI can coexist productively in creative fields [5, 6].

Generative AI's ability to create realistic content raises significant ethical concerns. Deepfake technology, which uses AI to generate hyper-realistic fake images and videos, has sparked concerns about misinformation and digital manipulation. Moreover, generative raises questions about authorship and intellectual property rights, as the line between human-created and AI-generated content becomes increasingly blurred. The ethical challenges associated with generative AI necessitate careful consideration and regulatory oversight to ensure responsible use [5, 7].

AI-generated content, particularly in social media and entertainment, can affect how individuals perceive reality. The creation of artificial personas, environments, and narratives may alter social interactions and influence public opinion in profound ways. Misuse of generative in producing fake news or biased content can exacerbate existing societal divides. Understanding these potential effects is key to mitigating the risks associated with AI-driven misinformation and ensuring that generative AI serves the public good. Despite its rapid expansion, generative faces several technical challenges. Current models, while impressive, still require vast computational resources and datasets for training, limiting their accessibility to large organizations. Additionally, many generative models suffer from issues such as mode collapse (where the model produces limited variations of outputs) and lack of controllability over the content they generate. Addressing these limitations is essential for advancing the functionality of AI and ensuring its practical applicability across a wider range of industries [4, 7].

Conclusion

The expansion of generative AI functionality represents one of the most significant technological shifts of the 21st century. Understanding the changes in generative AI, from its technical advancements to its social, ethical, and economic impacts, is critical for shaping how we integrate these technologies into society. As generative AI continues to evolve, it will be imperative for researchers, policymakers, and industry leaders to collaboratively address the challenges and harness the opportunities presented by this transformative technology. Only through a comprehensive understanding of these changes can we ensure that generative AI is developed and deployed in ways that benefit humanity.

References

1. Expert insights on generative artificial intelligence: evolution, challenges, and future trends. URL: https://brainberry.ua/uk/newsroom/blog/expert-insights-on-generative-ai-evolution-challenges-and-future-trends.

2. Generative artificial intelligence in organization experience. URL: https://career.softserveinc.com/pl/stories/the-power-of-gen-ai.

3. What is generative artificial intelligence. URL: https:// www2.deloitte.com/pl/pl/pages/risk/articles/Czym-jest-generatywna-sztuczna-inteligencja.html

4. What is generative artificial intelligence. URL: https://www.sap.com/poland/products/artificial-intelligence/what-is-generative-ai.html
5. Research into generative AI. Its possibilities and influence. URL: https://seowind.io/de/generative-ai/
6. GenAI, generative artificial intelligence. URL: https://www.computerweekly.com/de/definition/Generative-KI
7. How will generative artificial intelligence affect industries. URL: https://aws.amazon.com/en/what-is/generative-ai/

УДК 004.11.18.1

Т.І. Веретільник, к.т.н., Ю.П. Мамонов, к.т.н.,
Д.О. Іванов
(Національний авіаційний університет, Україна)

Інформаційні технології для підтримки процесів прийняття рішень при управлінні поліграфічним підприємством

Проведено аналітичний огляд бізнес процесів в поліграфічній галузі зарубіжних країн та України. Запропоновано ІТ – пропозиції по удосконаленню процесу управління заказами конкретного поліграфічного підприємства на основі автоматизації і застосуванням технології ***Web-to-print****.*

Новий технологічний устрій в авіаційній, поліграфічній сферах діяльності ґрунтується на формуванні мультимедійної системи передачі інформації, а у виробництві продукції на технічних інноваціях.

В даний час важливою тенденцією в розвитку поліграфічного виробництва є оптимізація бізнес-процесів шляхом впровадження автоматизованих систем управління (АСУ) адміністративно-господарською, фінансовою і виробничою діяльністю підприємства.

Актуальність даної роботи обумовлена постійним зростанням кількості поліграфічних підприємств, як великих так і малих. У підприємств, які починають швидко розвиватися збільшується об'єм інформації, яку необхідно обробляти. Оброблена інформація необхідна для прийняття рішень як технічного, так і управлінського характеру, а також створенням виробництва високої ефективності і здатності керувати заказами на поліграфічних підприємствах в повному автоматизованому режимі у відповідності з концепцією «Print 4.0».

Мета роботи – підвищення рейтингів поліграфічних підприємств серед споживачів за рахунок підвищення якості обслуговування на основі розробки ІТ – рішення для автоматизації процесу керування замовленнями на базі технології ***Web-to-print***.

Для досягнення даної мети необхідно виконати наступні задачі:

- дослідити особливості бізнесу та сучасні ІТ – рішення в поліграфічній та авіаційній галузях;
- вивчити діяльність конкретного поліграфічного підприємства;
- провести аналіз поточного стану процесу керування заказами;
- розробити ІТ – рішення удосконалення процесу керування замовленнями.

Важливою тенденцією, на думку експертів, є збільшення частки малих цифрових поліграфічних виробництв. Експерти ринку наголошують на зростанні мультитехнологічності поліграфічних підприємств, тобто одночасне використання кількох технологій друку - наприклад, цифрового та офсетного.

Сучасні поліграфічні підприємства повинні відповідати наступним вимогам:

– впровадження автоматизованої керуючої системи контролю;

– впровадження автоматизованої системи управління друкарським процесом;

– впровадження робочого потоку на додрукарській, друкарській і післядрукарській стадіях виробничого процесу;

– впровадження автоматизованої інформаційно-керуючої системи;

– впровадження експертних систем;

– впровадження систем підтримки прийняття рішень.

Пріоритетний розвиток інформаційних і цифрових технологій сьогодні визначають вдосконалення поліграфічного виробництва. Потрібно відмітити, що з розвитком цифрових технологій, поширення інтернету появились абсолютно нові форми організації виробництва друкованої продукції: розміщення заказів, підготовка оригіналу, виконання і контроль друку, узгодження поточних виробничих питань. На сьогодні все це і інше здійснюється практично в режимі ***online***.

Відмічаємо, що на сьогодні основними задачами, які потрібно вирішувати керівництву поліграфічного підприємства в процесі оптимізації систем керування, є:

- організація швидкого обслуговування замовника з мінімальною кількістю помилок;

- постійний контроль стану взаєморозрахунків;

- своєчасне забезпечення поліграфічного виробництва матеріалами і трудовими ресурсами;

- оперативне планування і контроль за ходом виробництва;

- облік і аналіз виробничих і накладних витрат.

Сучасна поліграфічна сфера діяльності не входить в число пріоритетних напрямків розвитку економіки країни, але зберігає значимість в загальному економічному просторі.

Тепер зупинимось на розробці проєктних рішень по автоматизації процесів управління заказами конкретного поліграфічного підприємства, надалі будемо називати компанія з обмеженою відповідальністю. Після аналізу бізнес-процесів, переходимо до їх удосконалення. Слід відмітити, що бізнес-процеси в компанії побудовані грамотно, компанія не потребує корінних перебудов в цьому напрямку, а лише потребує часткової оптимізації деяких процесів, зокрема, скорочення часу виконання заказів і підвищення якості обслуговування клієнтів. Для удосконалення процесу необхідно, в першу чергу, усунення ризику зниження рейтингів компанії через зростаючу незадоволеність якістю обслуговування клієнтів і якістю продукції. Так як кількість внесених змін невелика, то практичний результат змін буде видно майже відразу. Удосконалення процесу управління заказами повинно спричинити виключення з робочого процесу зайвих неефективних операцій а також спрощення та стандартизацію. В ході виконання робочого процесу потрібно мінімізувати ручні операції, тому ми автоматизували деякі операції на основі впровадження нової інформаційної системи, яка задовольнятиме всім заявленим вимогам. Існуюча на даний момент інформаційна система не здатна задовольнити поточні вимоги компанії, тому ми пропонуємо поділити процеси управління на дві схеми: управління стандартними заказами, які

будуть автоматизованіз використанням технології ***Web-to-print*** і нестандартні закази, які будуть автоматизовані частково.

Висновки:

Проведено аналітичний огляд основних тенденцій розвитку поліграфічних послуг, розглянуті сучасні ІТ- рішення в поліграфічній галузі,а також р методи удосконалення бізнес-процесів. Розглянуто основні напрямки удосконалення форм і методів управління виробництвом з використанням інформаційних технологій і систем.

Розроблено ІТ- пропозиції по удосконаленню процесу управління заказами конкретної поліграфічної компаніїна основі автоматизації та застосуванням технології ***Web-to-print.***

Список літератури

1. Левикін І. В. Моделювання двоконтурного управління поліграфічного підприємства / І. В. Левикін // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. Сучасний стан: монографія. – Харків : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2023. – С. 192-214.

2. Бондар І. О. Виробнича інформаційна система поліграфічного виробництва: навчальний посібник / Бондар І. О., Хорошевський О. І. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2012. – 160 с.

3. Гавенко С. Логістика в поліграфічному виробництві : навчальний посібник / С. Гавенко, Б. Дурняк, Р. Зацерковна. – Львів : Українська академія друкарства, 2006. – 143 с

4. Abhishek Agarwal, Nidhi Agrawal. Web-to-Print: A step-by-step guide for implementing web-to-print technology. India: Notion Press, 2020. 122 p.

УДК 791.43.04:654.197.38(043.2)

А.Г. Чебан, О.В. Матвійчук-Юдіна, к.п.н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Мультиплікаційна форма представлення інформації в парадигмі перших анімаційних фільмів та сучасних медіаплатформ

Широкого поширення набуває візуальна подача інформації. Методи для цього лише модернізуються, створюються нові технології і відповідно технічні засоби. Ще з ранніх років, перших днів життя, ми сприймаємо світ за рахунок слуху, смаку, дотиків, зору. Розширити наш кругозір, образність мислення, допомагають засоби мультиплікації, що також впливає відповідно на покращення пам'яті. В ході дослідження проаналізовано хронологію розвитку мультиплікації, зазначено твори відомих виробників анімаційного кіно, їх здобутки. Проведено порівняльну характеристику способів створення анімації. Наведено перспективи розвитку, та вплив на користувачів.

Для створення анімації потрібні комп'ютери та спеціальні програми, які дозволяють створювати та редагувати зображення. Анімація використовується у кіно, телебаченні, відеоіграх та рекламі [1]. Взявши до уваги мультиплікацію, можна зробити висновок про невід'ємну роль анімації саме у даній сфері. Роль мультиплікації у нашому житті, є досить актуальним питанням. Саме вона першою відкриває світ для малюка, несучи вагомий зміст певної історії, що стане можливим поштовхом до його подальших дій, рішень, світогляду. Якість подачі такої інформації є вкрай важливою.

Початок історії анімації походить від 19 ст. братами Люм'єр, які створили першу кінострічку. Пізніше розвивається мультиплікація. Перший анімаційний мультфільм мав назву «Цирк ліліпутів» (1898 р), створений Альбердом Е. Смітом і Джоном Стюарт Блектононом. Проте попри створений анімаційний рух, твір не мав жодного сюжету. У 1908 році публіці представлено мультфільм «Пантасмагорія», що мав зміст та головних героїв. Проте він був створений на основі паперу, фігури та персонажі було зафіксовано по кадрово, для руху відбувалась зміна поз об'єктів. Такий спосіб створення анімації став менш часозатратним порівняно із традиційним графічним, де кожен кадр необхідно було відмальовувати вручну, як у «Цирк Ліліпутів». Справу мультиплікації продовжив американський аніматор Вінзор Маккей, та саме Волт Дісней додав великого розвитку анімації беручи за основу і праці Маккея, дана сфера почала приносити також і економічну вигоду. Перший твір від Дісней мав назву «Пароплав Віллі» 1928 року випуску, де головним героєм бувло мишення, що з часом знайде розвиток у відомому мультфільмі «Міккі Маус». «Пароплав Віллі» створено на основі відмальовання кожного кадру. Дісней створили перший анімаційний мультфільм, що містив кольори, його назва «Квіти та дерева», даний твір отримав Оскар. Сучасні технології у даній сфері лише покращуються [2].

Залежно від типу створюваної анімації, використовуються відповідні технічні засоби. Анімація має декілька направлень, а саме: графічна, об'ємна та

сучасна комп'ютерна. Розподіл видів анімації наведено на Рис. 1. Варто охарактеризувати кожен з видів.

Графічна (традиційна) анімація — об'єкти малюються художником вручну. Рух досягається шляхом зйомки кожного малюнку, у яких вносяться зміни щодо форми, пози тощо, головних об'єктів.

Об'ємна анімація — вид анімації, де всі персонажі виготовлені з різних матеріалів (лялькова, сипуча, пластилінова, тіньова).

Комп'ютерна анімація — це вид анімації, що створюється за допомогою комп'ютеру та програмного забезпечення. Розрізняють 2D та 3D анімації.

Об'ємна сипуча анімація (пісочна анімація) — це вид анімації з використанням спеціального порошку, піску, кави тощо, та скла на якому буде утворено зображення. Для відображення такої анімації використовують діапроектор або світлову дошку.

Пластилінова анімація — це вид анімації, у якій об'єкти виготовляють з пластиліну, кожна зміна напряму фігури фіксується за допомогою фотографії, що далі відображається покадрово, утворюючи анімаційне відео.

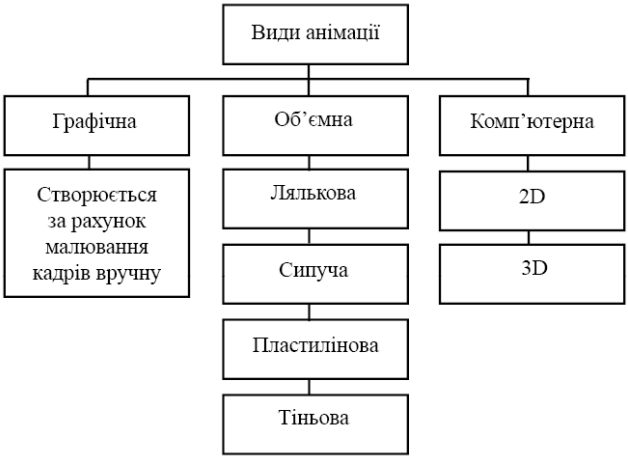


Рисунок 1 – Види анімації

Лялькова анімація — напрям анімації, яка застосовує об'ємні сцени-макети з ляльками-акторами.

Тіньова анімація — вид об'ємної анімації, що по принципу створення схоже до тіньового театру, де кожен коректив у позі об'єктів фіксується за допомогою зйомки, та відповідно стає кадром майбутньої анімаційної лінії., Прикладом такого анімаційного фільму є «Пригоди принці Ахмеда», для його створення були використані вирізки з паперу.

У сучасному світі найпоширенішими методами створення анімації мультиплікації є 2D та 3D графіка. *2D анімація* – це форма анімації, що створена за допомогою руху послідовних намальованих від руки або створених у

цифровій формі зображень [3]. Анімація створюється у двомірній площині, де кожен вимір позначає висоту та ширину, основним прикладом є декартна система координат.

Рух у 2D анімації створюється на основі ключів кадрів, що позначають основні рухи об'єкта та лінії часу відповідної програми, і далі промальовуються та фіксуються проміжні кадри, що додадуть плавність руху (фазові кадри). Відповідно анімація може утворюватися також і відмалюванням одразу кожного кадру, але такий спосіб є важчим у виконанні, та важче прослідкувати за правильністю здійснення руху. Основним програмним забезпеченням для 2D анімації є TV Point Animation Pro, Олівець 2D, Mono Pro 13, FlipBook. Прикладом може слугувати відомий український мультфільми: «Козаки» студії «Київмультфільм».

3D анімація - це процес, який включає використання програмного забезпечення для створення рухомих зображень у тривимірному середовищі [4].

Такий вид анімації дає об'єм та глибину об'єктам і середовищу, де відбуваються дії. Для даного виду роботи з анімацією необхідне дороге обладнання та програмне забезпечення, не на кожному ком'ютері можливо працювати з 3D – програмами. Комп'ютер повинен бути готовим до моделінгу та рендеру, він має містити потужну відеокарту.

Процес створення 3D – анімації, Спершу створюються нариси вручну за допомогою графічного планшету, де будуть зображені основні риси і рухи персонажів і інших елементів сцени. За допомогою відповідних інструментів програмного забезпечення створюються майбутні моделі. Створені 3D об'єкти можна розфарбувати за допомогою текстур 3D середовище уможливлює виконання реалістичних 3D текстур, де об'єкти будуть ніби справжні.

Фігури, що будуть анімуватися наділяються скелетом, такий процес має назву ригінг. Після цього, з фігурою можливо проводити різні маніпуляції. Та відповідно можна починати анімувати елементи. Тут як і у 2D –графіці, на лінії часу встановлюються відповідні ключі кадрів, що дозволяють зафіксувати та уможливити рух у потрібному напрямку. Фігура чи об'єкт зазнають деформації або зміни положення частин, для створення рухів що відображатимуться у майбутній анімації. Коли всі ключі кадрів зафіксовані, і додано освітлення, для реалістичності тіней розпочинається процес рендерингу.

Рендеринг - це обчислення і запис кадрів анімації [5]. Програмне забезпечення для створення 3D анімації: Autodesk Maya, Blender, 3ds Max, Cinema 4D, Houndini, ZBrush. За кожен процес створення анімації відповідає окремий відділ студії мультиплікаїї. Серед сучасних відомих українських мультфільмів що виготовлено за допомогою 3D графіки можна зазначити: «Ескімоска», «Мавка лісова пісня» студії Animagrad. Втім, провідні анімаційні студії України: Chernov Animation, Animagrad, Baraban, Panama Grand Prix, Karandash, Novatorfilm, Muiteo.Biz студія анімації, Одеська студія анімації, Укранімафільм на високому рівні представляють свою продукцію у світі.

Наразі ж анімація широко поширюється у рекламі, сайтах, таргетованій рекламі, соціальних мережах, застосовується у фільмах у яких задіяні спецефекти. Наразі не обов'язково замислюватись над тим як зняти незвичну річ, адже можна додати графічні елементи та анімацію створені на комп'ютері,

що матиме реалістичний вигляд. Для інших видів діяльності, що не пов'язані з мультиплікацією до застосування підходять ті ж програми що було зазначено раніше. Провідні позиції займає 2D та 3D анімація, причину можна прослідкувати звернувшись до порівняльної характеристики, що наведено у Таб. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика видів анімації

Вид анімації	**Переваги**	**Недоліки**
Лялькова	Легкість створення рухів та переміщення об'єктів.	Покадрова фіксація. Слідкування за направленням камери та світінням. Щоб мультиплікація було=а плавною і мала якісний вигляд.
Сипуча	Швидкість у виконанні. Легко вносити корективи. Легка зміна положення об'єктів.	Складність фізиичного виконання. Потребує якісної моторики рук. Мало професіоналів можуть працювати саме у такій техніці виконання.
Пластилінова	Легка зміна положення об'єктів.	Приладження фотозйомки; Кожен рух потребує внесення коректівів, що може погано вплинути на фігуру
Тіньова	Швидкість у виконанні. Легка зміна положення об'єктів	Фізична робота. Правильність відображення тіней.
2D	Для створення такого виду анімації можна застосувати прості моделі комп'ютерів, що економить б'юджет виробника.	Великий об'єм роботи при відмальовці кожного кадру. Одного персонажа необхідно відмальовувати у різних позах щоразу знову.
3D	Дороге апаратне та програмне забезпечення	Порівняно з 2D графікою, на створення анімації іде менше часу. Один об'єкт можна рухати та анімувати.

Висновок. Проаналізована хронологія розвитку мультиплікації дозволила побачити не тільки творчі досягнення відомих анімаційних студій, але й оцінити їхній вплив на культуру і суспільство. Порівняння способів створення анімації – це технологічні інновації, які відкривають нові перспективи розвитку анімації та її вплив на користувачів у майбутньому.

Список літератури

1. Анімація це: Що таке Анімація, значення, приклади [Веб-сайт] - Режим доступу: https://що-таке.укр/a/анімація.html#:~:text=Анімація%20–%20це%20процес%20створення%20рухомих%20зображень%20за,Анімація%20використовується%20у%20кіно%2C%20телебаченні%2C%20відеоіграх%20та%20рекламі.
2. Мистецтво 3D- анімації: всебічний огляд - BASED [Веб-сайт] - Режим доступу: htpps://www.based.ua/uk/mystecztvo-3d-animacziyi-vsebichnyj-oglyad/
3. Відкриття лялькової та пластилінової анімації - Мистецтво. 5 клас. Аристова (uahistory.co) [Веб-сайт] - Режим доступу: https://uahistory.co/pidruchniki/arystova-art-integrated-course-5-class-2022/55.php#:~:text=Лялькова%20анімація%20—%20напрям%20анімації%2C,яка%20застосовує%20об’ємні%20сцени-макети%20з%20ляльками-акторами.
4. 3D- анімація та 2D- анімація : у чому різниця ? - BASED [Веб-сайт] - Режим доступу: https://www.based.ua/uk/3d-animacziya-ta-2d-animacziya-u-chomu-riznyczya/
5. Мистецтво 3D- анімації : всебічний огляд - BASED [Веб-сайт] - Режим доступу: https://www.based.ua/uk/mystecztvo-3d-animacziyi-vsebichnyj-oglyad/

УДК 001.915–367.86

О.В. Родіонова, А.А. Язвінська
(Національний авіаційний університет, Україна)

Тенденції мультимедійних та друкарських технологій для етикетно-пакувальної галузі

Проведене дослідження ринку етикетно-пакувальної галузі поліграфії показує сучасні тенденції використання мультимедійних та друкарських технологій при виготовленні пакувань для харчової і інших галузей промисловості.

Пакувальна галузь займає на сьогодні більше 50% ринку поліграфічної продукції у світі. Складно уявити сучасний супермаркет без яскравих етикеток та пакувань, якість матеріалів яких та дизайн вражає нас з кожним днем. Для проектування дизайну макетів і виготовлення етикетно-пакувальної продукції сьогодні широко використовуються мультимедійні технології, новітні поліграфічні матеріали, фарби, обладнання. Наприклад, наведенням камери смартфона на QR-код, нанесений на етикетку чи пакування, потенційний споживач в супермаркеті отримує всю необхідну інформацію про виробника, склад продукції та іншу інформацію. В даному випадку використовуються AR-технології доповненої реальності.

Для проектування макетів етикеток та пакувань використовується штучний інтелект, можливості якого вбудовані в програми обробки растрової та векторної графіки, фірмою Adobe створено спеціальний застосунок Adobe Firefly, який за текстовим запитом користувача генерує зображення якому можна надавати ознак як фотографічної реальності, так і «мультяшного» вигляду, застосовувати різноманітні кольорові схеми та ефекти.

Фірма Graphics Software, виробник гібридного програмного забезпечення і розробник інтелектуальних програмних компонентів для цифрового друку, сучасних рішень для виготовлення етикеток і паковань та компанія Mark Andy розширили співпрацю для ліцензування програмного комплексу SmartDFE™ для управління новою машиною Digital Series HD HighSpeed 1200. Машина Digital Series HD HighSpeed 1200 встановлює новий галузевий стандарт, з удвічі більшою швидкістю ніж попередні версії, дає роздільну здатність 1200 dpi. Digital Series HD HighSpeed 1200 єшвидкісною цифровою рулонною машиною на ринку поліграфічного обладнання. Машина оснащена новим цифровим інтерфейсом ProWORX Mark Andy на базі SmartDFE, що підвищує продуктивність роботи завдяки оптимізації робочого процесу додрукарської підготовки та управління кольором. SmartDFE є єдиним вбудованим цифровим інтерфейсом на основі штучного інтелекту, який спеціально розроблений для високошвидкісних цифрових однопрохідних струменевих друкарських машин. SmartDFE пропонує набір компонентів, від створення завдань і робочого процесу додрукарської підготовки до електроніки приводу друкувальної голівки. Завдяки наявного процесора растрових зображень PDF Harlequin RIP® SmartDFE об’єднує всі робочі процеси та інструменти управління кольором від Hybrid Software.

Mark Andy Digital Series HD HighSpeed 1200 — це гібридне рішення, яке поєднує як цифровий, так і флексографічний друк. Машина друкує повнокольорові етикетки з вражаючою швидкістю 480 м/хв., роздільною здатністю 1200 dpi і можливостями повної зміни даних. Ця висока продуктивність забезпечується потоком растрових даних у реальному часі безпосередньо на електроніку друкувальної голівки, наданої Meteor Inkjet, ще однією компанією Hybrid Software [1].

В травні-червні в Німеччині, місто Дюсельдорф, відбулась світова подія року поліграфічної галузі – виставка Drupa 2024. Виставка проходить кожні 4 роки. На ній представлено всі найкращі світові тенденції в галузі видавництва та поліграфії, сучасні поліграфічні матеріали, технології та обладнання. Велика увага виробників матеріалів та обладнання поліграфічної галузі в останні роки націлена на подолання наслідків екологічної кризи. Також на виставці в 2024 році було представлено ряд інновацій поліграфічного обладнання та програмного забезпечення для етикетно-пакувальної галузі. Представлені світові тенденції будуть задавати програму дій для всіх причетних до виготовлення етикеток та паковань як продуктів харчування так і всіх інших виробів промисловості.

В представленому дослідженні окреслимо найбільш цікаві на наш погляд технології та обладнання, що були представлені на Drupa 2024 для створення та виготовлення етикеток та паковань.

Концерн Plockmatic представив два нові висікальні пристрої – SC7000 PRO-T і SC7000 PRO-T XL, які суттєво зменшують відходи виробництва завдяки вбудованому програмному забезпеченню. фірма Morgana, що входить до складу концерну Plockmatic представила машину для фальцювання з можливостями повного обрізання блоку DigiFold Ultra, що значно скорочує час виготовлення продукції..

Польська компанія Grafmaz представила на Drupa 2024 шість новітніх різальних машин, серед яких три гільйотини, дві машини для виробництва твердих обкладинок і жорстких коробок і один електростеплер. Гідравлічні моделі Grafcut G-52H, G-73H демонструвалися з низкою вдосконалень, машина Grafcut G-80H є новинкою в пропозиції: програмована, повністю гідравлічна гільйотина шириною 80 см. Компанія Grafmaz показала також сучасні ітерації кришкоробної машини Casemaker GC-480 PRO і GC-420, яка є ідеальною для виробництва паковань.

Серед новітніх технологій лазерного висікання потрібно відмітити фірму Hangzhou iECHO, яка представила популярні різальні системи LCT, PK4 і BK4. Основним вектором застосування обладнання для лазерного різання LCT є різання самоклейних етикеток. Представлені різальні системи високоефективні, економічні, є придатними для невеликих партій продукції.

Компанія Intec Printing Solutions Ltd, що торік увійшла до Plockmatic Group, модернізувала пристрій для бігування на цифровому висікальному апараті SC7000 Pro-T. Пристрій може обробляти матеріали щільністю до 450 г/м², що відповідає характеристикам більшості сучасних цифрових машин, що дає змогу виготовляти складані коробки та додатки для етикеток. Також машини SC7000 PRO-T і SC7000 PRO-T XL доповнили встановленням модуля

для висічки SC6500 і таким чином розширили лінійку універсальних та компактних цифрових висікальних машин, що працюють з розмірами аркушів до 520x720 мм. Габаритні розміри машини є трохи більше квадратного метра площі. Основні зміни порівняно з більш старими версіями, як наприклад, SC6500, включають введення активного тангенціального бігувального коліщатка, що забезпечує набагато більш якісний тиск біговки, і розмір аркуша, який можна обробляти. Аркуші товщиною до 450 мікрон тепер можна різати, бігувати та перфорувати за один прохід за допомогою інтуїтивно зрозумілого програмного пакета ColorCut, розробленого спеціально для всього діапазону різальних інструментів. Сканер QR-кодів зчитує інформацію, потрібну для вирізання та бігування, що дає змогу працювати без нагляду, навіть якщо зображення змінюються. Швидкість відповідає складності лінії різання, зазвичай може сягати швидкості 150 картонних заготівок на годину. В даному випадку ми бачимо поєднання мультимедійного програмного забезпечення та новітніх друкарських технологій.

Англійська компанія Vivid Laminating Technologies продемонструвала сучасні досягнення післядрукарської обробки: машину Veloton, Easymount Hybrid і вбудоване програмне забезпечення Zip Core Packaging Suite. Veloton - це остання інновація від Vivid. «Ця запатентована технологія є новаторською, і вона була одним із основних моментів на нашому стенді, – сказав Льюїс Еванс, директор Vivid Laminating Technologies. За допомогою Veloton можна модернізувати будь-яку з уже встановлених машин Veloblade, включаючи системи Volta та Nexus». Різальна машина Veloton підвищує швидкість різання до десяти разів в порівнянні з попередніми моделями компанії. Друга інновація фірми Vivid це планшетна система VeloTaper, яка є сумісною із цифровими системами висікання VeloBlade. Планшетна система VeloTaper повністю автоматизована, наносить двосторонній скотч на різні матеріали та підкладки з високою точністю вздовж осей X та Y, плавно поєднуючись із процесами різання та бігування пакувального продукту.

На DRUPA 2024 було представлено сучасне програмне забезпечення від Zip Core Packaging Suite - CAD/CAM, яке дозволяє максимально оптимізувати кожен аспект роботи при проектуванні дизайну етикеток та паковань. Представлена програма надає підприємствам широкий набір інструментів, які прискорюють щоденні завдання дизайнерів при проектуванні етикеток та паковань, графічних дизайнерів і продавців, що беруть участь у створенні та виробництві продукції.

В сегменті інновацій друкарського обладнання для етикетно-пакувальної галузі потрібно відмітити українську команію «Модерн Пак», що входить до складу Ukrainian Green Packaging Solutions (UGPS) – групи амбіційних компаній (ТОВ «Інтер-Пак Україна», ТОВ «Галпак», ТОВ «Модерн Пак», ProfiTec, Роганська картонна фабрика). «Модерн Пак» спеціалізується на виробництві різноманітної тари, гнучкого та картонного паковання, гофрокартону, скотчу, стрейч-плівки та різних комплектуючих для гофротари. Група компаній надає комплексні рішення для пакування, зберігання, транспортування та перевезення продуктів. В асортименті фірми «Модерн Пак»

сьогодні стрейч-плівка, брендований скотч, POS-матеріали, картонний кутник, картонні гільзи, папір та картон, самоклейні матеріали. Компанія має понад 10 філій в Україні та офіси в Австрії та Польщі, що виготовляють та продають власну пакувальну продукцію, а також пропонують продукцію компаній, що входять до складу UGPS в Україні. На сьогодні дана компанія є провідним постачальником паперу для пакувального ринку, книжкової продукції, цифрового друку, самоклейних матеріалів та крафт-паперу, палітурного і макулатурного картону на ринок України [2].

Таким чином можна зробити висновок, що етикетно-пакувальна галузь є однією з сучасних провідних галузей економіки як європейських країн так і в Україні, вона використовує досягнення штучного інтелекту, новітніх розробок програмного забезпечення і інновацій в додрукарській, друкарській і післядрукарській технологіях та обладнанні. Всі ці інновації насамперед спрямовані на забезпечення вимог споживача, зменшення відходів виробництва, а це папір, картон, фарби, зменшення енергозатратності, що в кінцевому рахунку також є сприятливим в подоланні викликів кліматичної кризи.

Список літератури

1. Агарков В. Партнери компанії «Мегатрейд» представили інноваційні рішення та абсолютні новинки на drupa 2024. [електронний ресурс] URL: https://printus.com.ua/article/read/7844

2. Агарков В. Global Graphics Software і Mark Andy розширюють партнерство для інтеграції SmartDFE в Digital Series HD Press. [електронний ресурс] URL: https://printus.com.ua/article/read/7886

УДК 004.4 (043.2)

С.М. Денисенко, к.пед.н, доц., К.С. Кудрявцева, К.О. Пруднікова
(Національний авіаційний університет, Україна)

Особливості застосування сучасних Low-Code/No-Code платформ для веб-розробок

Розглядаються особливості застосування сучасних Low-Code/No-Code платформ для веб-розробок. Зазначена різниця між технологіями Low-Code/No-Code, сучасні сфери, де застосовуються технології та їх особливості, зокрема вплив штучного інтелекту, автоматизація процесів.

Створення власного веб-ресурсу наразі є однією з умов для існування будь-якого бізнесу чи проєкту. Дійсно, у сучасному світі бути представленим у цифровому середовищі — це не просто бажання, а нагальна необхідність. Тому кожна компанія, організація, особа яка хоче про щось заявити, бути поміченою та успішно, постає перед потребою мати власний веб-сайт. Однак, реалізувати веб-присутність не так і просто. Для цього потрібні глибокі технічні знання та навички програмування, а також значні фінансові затрати. Альтернативним шляхом для тих, хто хоче швидко і ефективно створити веб-сайт або додаток без зайвих витрат на розробку є Low-Code/No-Code платформи.

Використання Low-Code/No-Code платформ є сучасним та актуальним способом створення онлайн-ресурс. Платформи надають простий механізм розробки веб-ресурсу, заснований на інтуїтивно зрозумілому методі «перетягни та відпусти», не потребують написання або редагування коду, що робить використання Low-Code/No-Code платформ інклюзивним та простим способом розробки онлайн-ресурсу, який не вимагає специфічних знань або обов'язкового наймання спеціаліста.

Код — це набір інструкцій, які програміст транскрибує на машину — це як мова, яку можуть «інтерпретувати» комп'ютери. Платформа *без коду* — це інтерфейс між програмістом і інструкціями програмування.

Завдяки командам, заснованим лише на візуальних параметрах, вони дозволяють професіоналам без знання технічного коду створювати автоматизовані засоби для оптимізації своїх процесів.

Хоча термін «No-Code» здобув популярність тільки у 2018 році, сам принцип давно не є новинкою. Прагнення спростити та абстрагувати технічні питання існувало вже багато років тому.

Перші новатори в сфері безкоду зосереджували свою увагу на конкретних галузях, таких як веб-розробка. Інструменти на кшталт веб-конструкторів чи редакторів типу WYSIWYG з'явилися вже кілька десятків років тому. Ще одна область, що активно розвиває і підтримує підхід No-Code, – це сектор IT-інфраструктури. Одним із перших, хто почав абстрагувати апаратні ресурси та мережеві технології, є Amazon Web Services (AWS). Вони пропонують модульні компоненти для додатків, що стали маленьким, але революційним рішенням: тепер немає необхідності підтримувати фізичні

сервери, оскільки можна керувати обчислювальними ресурсами, сховищем та мережею окремо. AWS назвали це інфраструктурою як послуга (IaaS) [1].

У розробці програмного забезпечення No-Code підходи не поширювались так швидко. Процес створення програм здавався надто складним через безліч етапів: від планування до тестування та обслуговування. Проте з часом з'явилися стандартизовані абстракції у вигляді процесів і функцій. Все більше функціональних модулів почали створюватися для їх поєднання і використання в різних проектах [1].

«Low code», або «зменшений код» — це інноваційний підхід до створення програмного забезпечення. Він дозволяє розробляти різноманітні цифрові продукти - від мобільних додатків до веб-сайтів — з мінімальним використанням традиційного програмування або взагалі без нього.

Основною особливістю платформ зі зменшеним кодом є їхній візуальний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Замість написання складних програмних скриптів, розробники працюють з графічними елементами, які можна легко переміщувати та компонувати. Цей метод часто називають «drag-and-drop» або «перетягни та відпусти». Такий підхід суттєво спрощує процес розробки. Користувачі можуть створювати функціональні програми, просто розміщуючи та налаштовуючи готові компоненти. Ці компоненти вже мають вбудовану логіку та попередньо визначені параметри, що дозволяє швидко та ефективно конструювати складні системи без глибоких знань мов програмування [2].

Платформи з низьким кодом пропонують комплексний набір функціональності для оптимізації процесу створення програмного забезпечення. Центральним елементом є візуальне середовище розробки. Воно надає інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс з можливістю динамічного перетягування елементів. Це дозволяє конструювати додатки з готових блоків, що значно пришвидшує процес розробки.

Важливою складовою є інструментарій для моделювання даних. Він дає змогу розробникам визначати та керувати структурою даних програми, забезпечуючи їх цілісність та узгодженість у всьому додатку.

Одна з ключових переваг таких платформ — можливість повторного використання компонентів у різних проектах. Зазвичай вони включають бібліотеки готових елементів, як-от форми, панелі керування та інтеграції з зовнішніми сервісами, що прискорює робочий процес. Крім того, розробники можуть створювати власні компоненти для подальшого використання в інших проектах [3].

Сучасною особливістю застосування Low-Code/No-Code платформ — використання штучного інтелекту. На даний момент, більшість сервісів конструкторів онлайн-ресурсів мають власного ШІ-помічника, який на основі зібраного з користувача брифу, підбирає та налаштовує індивідуальний шаблон онлайн-ресурсу. ШІ-помічник у форматі діалогу з користувачем збирає інформації щодо назви веб-ресурсу, цілей, спрямування, типу, бажаного настрою та кольорової палітри. На основі зібраної інформації, ШІ формує та пропонує користувачеві шаблон онлайн-ресурсу, який потрібно заповнити власним графічним (фото- та відеоматеріали) та текстовим контентом, після чого ресурс готовий до публікації в мережі Інтернет (за умови, що користувача повністю

влаштовує отриманий дизайн). Відповідно головною особливістю застосування сучасних Low-Code/No-Code є проникнення штучного інтелекту як інструменту створення онлайн-ресурсу у сферу [4; 5].

Іншою особливістю є автоматична адаптивність розробленого веб-ресурсу до мобільної версії. Сучасні Low-Code/No-Code платформи мають вбудовану функцію адаптації блоків елементів веб-сторінки до мобільної версії, що є великою перевагою та значно спрощує процес проєктування та створення онлайн-ресурсу. На даний момент всі сучасні Low-Code/No-Code автоматично адаптують веб-сторінку до мобільної та планшетної версії, зберігаючи можливість ручного коригування за потреби, враховуючи кількість екранів відображення та пристроїв перегляду онлайн-ресурсу, які використовує користувач, функція, на даний момент, є необхідною [4; 5].

Спочатку варто детально розглянути концепцію платформи з Low-Code. Високоякісна платформа такого типу надає розробникам низку потужних інструментів та можливостей. Серед них — проектування додатків, інтерфейс drag-and-drop, візуальне представлення коду, робота з моделями даних, а також інтеграція API. Ці компоненти є ключовими для розробки сучасного програмного забезпечення, здатного задовольнити специфічні вимоги будь-якої організації.

Варто наголосити, що навіть при використанні середовища з Low-Code, створення якісного мобільного додатку все ще вимагає певних зусиль. Користувачам необхідно присвятити час налаштуванню програми, проведенню експериментів та оптимізації для досягнення максимальної ефективності.

У процесі впровадження інноваційних підходів до розробки програмного забезпечення компанії часто орієнтуються на досвід інших організацій при формуванні команди розробників. Вони можуть вивчити склад розробників, аналізуючи інформацію, доступну в магазинах додатків, зокрема Google Play [6].

Хоча платформи з Low-Code для мобільної розробки пропонують значні переваги, вони повинні відповідати практичним вимогам. Тому доцільно використовувати інструменти, що поєднують гнучкість хмарних технологій з ефективністю автономної роботи [6]. Такий технологічний підхід дозволяє використовувати переваги хмарних обчислень, включаючи масштабованість та гнучке розгортання, інтегруючи при цьому локальні пристрої, датчики та офлайн-додатки. Це створює потужну екосистему для розробки сучасних, адаптивних програмних рішень [6].

У сучасному світі технологій no-code підхід до розробки мобільних додатків набуває все більшої популярності. Ця концепція дозволяє створювати функціональні програми без необхідності написання традиційного програмного коду. Замість цього, розробники використовують візуальні інструменти та готові компоненти для конструювання додатків.

Ключовими елементами no-code платформ для мобільної розробки є інтуїтивно зрозумілі конструктори інтерфейсу, інструменти для налаштування бізнес-логіки та функціональності, а також можливості для інтеграції з зовнішніми сервісами та API. Ці платформи зазвичай підтримують створення кросплатформенних додатків, що працюють як на iOS, так і на Android пристроях [7].

Використання no-code підходу має ряд переваг для бізнесу. Серед них - значне скорочення часу та ресурсів на розробку, можливість швидкого створення прототипів та мінімально життєздатних продуктів (MVP), а також залучення до процесу розробки фахівців без глибоких технічних знань. Це дозволяє компаніям оперативно реагувати на зміни ринку та тестувати нові ідеї з мінімальними витратами [7].

Однак, важливо враховувати і обмеження no-code платформ. Вони можуть бути менш гнучкими порівняно з традиційною розробкою, особливо при створенні складних або високонавантажених додатків.

Висновки

Загалом, значною є тенденція спрощення процесу створення онлайн-ресурсу. Сучасні Low-Code/No-Code побудовані таким чином, щоб максимально спрощувати користувачеві процес роботи: додання ШІ-помічника, який автоматизує перші налаштування онлайн-ресурсу, механіка «перетягни і відпусти» для інтуїтивно-зрозумілого процесу побудови ресурсу, дружелюбний інтерфейс сервісу-конструктору, підказки щодо кожних дії та інструменту, автоматична адаптація ресурсу до мобільної версії тощо.

Прослідковується автоматизація процесів створення онлайн-ресурсів за допомогою Low-Code/No-Code платформ: всі монотонні, механічні дії поступово переводяться в режим вбудованих функцій або перекладаються на ШІ за допомогою вказівок, залишаючи за людиною виконання найбільш складних процесів, контролю виконання автоматизованих процесів та контролю якості отриманого онлайн-ресурсу.

Список літератури

1. Ihr Leitfaden für No-Code und Low-Code-Plattformen im Jahr 2022. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://seatable.io/fr/no-code-plattform/ (дата звернення : 07.09.2024). — Назва з екрана.
2. Low code: o que é e quais as vantagens. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.cgd.pt/Site/Saldo-Positivo/formacao-e-tecnologia/Pages/low-code.aspx (дата звернення : 07.09.2024). — Назва з екрана.
3. Entenda com o Guia o que é low code e como funcionam as plataformas. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://truechange.com.br/blog/entenda-o-que-e-low-code/ (дата звернення : 07.09.2024). — Назва з екрана.
4. Створіть сайт без обмежень. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://uk.wix.com/ (дата звернення : 06.09.2024). — Назва з екрана.
5. More than a website builder [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://webflow.com/ (дата звернення : 06.09.2024). — Назва з екрана.
6. Low-code e aplicativos mobile: entenda um pouco mais sobre! Publicado por Redação Cronapp em 14 de março de 2023. [Електронний ресурс]. — https://blog.cronapp.io/low-code-mobile/ (дата звернення : 07.09.2024). — Назва з екрана.
7. Швидше і дешевше. No-code рішення для мобільних застосунків. [Електронний ресурс]. — https://netpeak.net/uk/blog/shvidshe-i-deshevshe-no-code-rishennya-dlya-mobil-nikh-zastosunkiv/ (дата звернення : 07.09.2024). – Назва з екрана.

УДК 621.391.3

М.А. Мелешко, к.т.н., В.А. Ракицький
(Національний авіаційний університет, Україна)

IP Multimedia Subsystem – ефективний програмний продукт для вивчення та використання в системі освіти та науки

IMS (IP Multimedia Subsystem) орієнтована на інтеграцію технологій та сервісів сучасних мережевих засобів, наприклад, мультимедійних систем та мультимедійних мереж, які активно розбудовуються. З метою успішного вивчення функціональних особливостей пропонується технологія термінологічно-понятійного визначення інфраструктури для всіх типів послуг та пристроїв, які мають бути задіяні в тестовому або мовному супроводженні дослідження.

Мета даного дослідження – надання інформаційного термінологічно-понятійного визначення компонентів за темою «IP Multimedia Subsystem (IMS)» для користувачів та розробників мультимедійних ресурсів.

При створенні освітніх та наукових ресурсів за тематикою Multimedia буте корисним вивчення та використання функціональних можливостей програмного продукту IP Multimedia Subsystem. На рис. 1 надаємо інформаційне відображення інтеграції технологій та сервісів доступу через систему IMS [1].

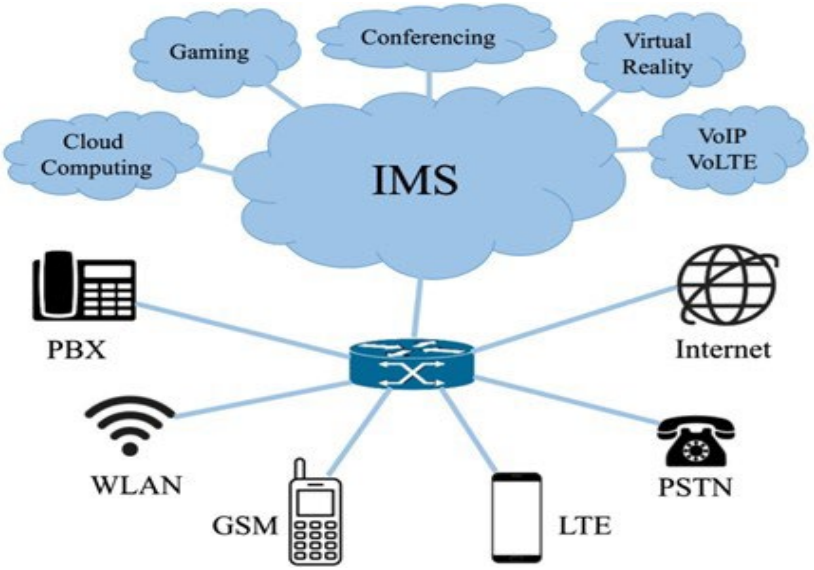


Рис.1. Інтеграція технологій та сервісів доступу через систему IMS (адаптовано з [1]).

З позиції практичної доцільності бажано надавати користувачам інформацію щодо термінів та понятійних визначень, які мають бути задіяні в тестовому або мовному супроводженні результатів дослідження. Для реалізації такого задуму надаємо зведену таблицю термінологічно-понятійних визначень в межах вивчення та практичного використання компонентів IP-мультимедійної підсистеми (IMS), з урахуванням, що даний програмний продукт забезпечує наступні інтерфейсні можливості.

Використовується MRFC для отримання документів (наприклад, скриптів, файлів оголошень та інших ресурсів) з AS. Також використовується для реалізації команд, пов'язаних з керуванням мультимедіа.

Реалізує функції відправки даних абонента в S-CSCF, включаючи критерії фільтрації та їх пріоритет. Також використовується для надання адрес CDF та/або OCF.

Використовується AS для пошуку HSS, що містить інформацію про профіль користувача в середовищі з кількома HSS. DH_SLF_QUERY вказує на IMPU і DX_SLF_RESP повертає ім'я HSS.

Використовується I-CSCF або S-CSCF для пошуку правильного HSS у середовищі з кількома HSS. DX_SLF_QUERY вказує на IMPU і DX_SLF_RESP повертає ім'я HSS.

Забезпечує обмін повідомленнями між користувацьким обладнанням SIP (UE) або Voip-шлюзом і P-CSCF.

Дозволяє операторам контролювати QoS у площині користувача та обмінюватися інформацією про кореляцію між мережею IMS та GPRS.

Використовується для обміну інформацією між P-CSCF та PDF.

Забезпечує обмін інформацією, пов'язаною з процесними рішеннями між P-CSCF та PDF.

Реалізує обмін інформацією між P-CSCF та PDF.

Використовується для обміну інформацією, пов'язаною з процесними рішеннями між PCEF і PCRF.

Використовується для тарифікації носія на основі потоку онлайн. Функціонально еквівалентно інтерфейсу Ro.

Точка відліку між S-CSCF і AS. Основні функції полягають у тому, щоб повідомляти AS про зареєстрований IMPU, стан реєстрації та можливості UE надавати AS інформацію, яка дозволяє виконувати кілька послуг.

Здійснює обмін повідомленнями між IBCF в межах інших мереж IMS.

Використовується для пересилання медіа потоків з TrGW в межах інших мереж, що належить мережі IMS.

Пересилання SIP-запитів, призначених для ідентифікатора загальнодоступної служби, розміщеного AS.

Створення сеансу від імені користувача або ідентифікатора державної служби, якщо AS не знає про S-CSCF, призначеного цьому користувачу, або ідентифікатора публічної служби.

Сигналізація ISUP переходить на SIP, здійснюється пересилання на I-CSCF.

Використовується для обміну повідомленнями між S-CSCF і BGCF.

Використовується для взаємодії з доменом PSTN/CS, коли BGCF визначає, що в тій самій мережі IMS має відбутися надсилання SIP-повідомлення від BGCF до MGCF.

Реалізується обмін повідомленнями між IMS і зовнішніми IP мережами.

Дає змогу MRFC керувати ресурсами медіапотоку, що надаються MRFP.

Використовується для обміну інформацією між S-CSCF і MRFC Використовується для обміну елементами керування сеансом між AS і MRFC.

Використовується для обміну повідомленнями між CSCF. AGCF відображається як P-CSCF для інших CSCF.

Використовується для взаємодії з іншою мережею IMS, коли BGCF визначає, що в іншій мережі IMS повинен статися пробій для відправки SIP-повідомлення від BGCF до IBCF в іншій мережі.

Використовується для послуг управління викликами AGCF, управління H.248 A-MGW та шлюзами.

Використовується AS для запиту призначення медіаресурсів на виклик при використанні вбудованого режиму MRB або в режимі запиту.

Перехід до обміну інформацією про в автономному режимі з CDF.

Здійснюється обмін інформацією профілю користувача (наприклад, даними, пов'язаними з користувачем, списками груп, інформацією, пов'язаною з користувачем, інформацією про місцезнаходження користувача або адресами функцій заряджання (використовується, коли AS не отримав РЕЄСТР третьої сторони для користувача)) між AS (SIP AS або OSA SCS) та HSS. Також дозволяють AS активувати/деактивувати критерії фільтра, що зберігаються в HSS для кожного абонента.

Передає інформацію про підписку на CAMEL, включаючи тригери для використання інформацією служб додатків на основі CAMEL.

Полегшує керування інформацією про абонентів, пов'язаною з послугами та налаштуваннями.

Реалізація конвертації сервісів POTS у SIP-повідомлення.

Використовуючи інформацію автора [4], який підводячи підсумок в своїй науковій публікації стверджує, що «Подібно «мережі мереж» Internet, поняття «IMS» співіснує як «три в одному», надаємо графічне представлення цього факту (рис. 2)..

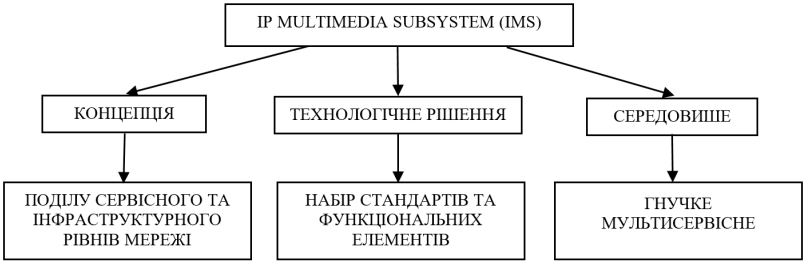


Рис. 2. Функціональна структура IMS

Термінологічно-понятійні визначення IP-мультимедійної підсистеми (IMS)

Таблиця 1.

Абревіатура	Оригінальний запис	Функціональне понятійне визначення
MRFC	Multimedia Resource Function Controller	Контролер функцій мультимедійних ресурсів є компонентом IP-мультимедійної підсистеми (IMS).
CSCF	Call Session Control Function	Елемент з функціями керування сеансами та маршрутизацією, що складається з трьох функціональних блоків
S-CSCF	Serving CSCF	Центральний вузол мережі IMS, обробляє всі SIP-повідомлення, якими обмінюються кінце пристрої
I-CSCF	Interrogating CSCF	Посередник для взаємодії із зовнішніми мережами. Основні завдання - визначення привілеїв зовнішнього абонента щодо доступу до послуг, вибір відповідного сервера додатків та забезпечення доступу до нього
P-CSCF	Proxy CSCF	Основні завдання - аутентифікація абонента та формування облікового запису
HSS	Home Subscriber Server	Сервер абонентських даних мережі. Являє собою велику базу даних та призначений для зберігання даних про абонентів.
QoS	Quality of service	Технологія надання різним класам трафіку різних пріоритетів в обслуговуванні
Voip-шлюз	Voice over IP-шлюз	Міжмережевий шлюз, призначений для перекладу голосового трафіку між мережами традиційної телефонії та мережею передачі даних.
AS	Autonomous system	Система IP-мереж та маршрутизаторів, керованих одним або декількома операторами, які мають єдину політику маршрутизації з Інтернетом
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function	функціональний елемент у 3GPP мережах зв'язку, який здійснює застосування PCC-правил, отриманих від PCRF, до трафіку, що проходить через нього.
PCRF	Policy and Charging RulesFunction	Програмний вузол, призначений у режимі реального часу для визначення правил політики в мультимедійній мережі
PCEF	Policy and Charging Enforcement Function	Контролюється PCRF через інтерфейс 3GPP-Gx та впливає на трафік даних у режимі реального часу з точки зору якості обслуговування, функцій обслуговування та оплати послуг
3GPP	3rdGeneration Partnership Project	Загальна назва для низки організацій зі стандартизації, які розробляють протоколи для мобільних телекомунікацій

В [4] надається варіант зображення IMS як єдиної інфраструктури для всіх типів послуг та пристроїв (рис. 3).



Рис. 3. IMS – єдина інфраструктура для всіх типів послуг та пристроїв (адаптовано з [4])

Висновки

Наведені дані щодо компонентів у форматі інформаційного термінологічно-понятійного визначення компонентів IP-мультимедійної підсистеми (IMS). Зроблено висновок, що використання IMS, яка суттєво збільшує кількість мультимедійних послуг, які буде надавати мережа, зумовить фахівців інформаційної сфери до необхідності вивчення та впровадження в навчальний процес дисциплін, орієнтованих на інформаційні технології, зокрема на multimedia, комп'ютерні системи та мережі тощо. Дана інформація буде корисною для здобувачів вищої освіти при створенні ресурсів в рамках студентської науки, наприклад, за тематикою «Мультимедіа та мережі».

Список літератури

1. https://forum.huawei.com/enterprise/en/IP-Multimedia-Subsystem-IMS/thread/708145489150623744-667213872060313600.
2. https://www.dialogic.com/glossary/multimedia-resource-function-controller-mrfc.
3. Князєва Н. О., Шестопалов С. В. Оцінювання якості сервісів в IMS. Вісник Університету «Україна», Серія: інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика, № 1 (22), 2019. – с. 196-207.
4. Кільменов О. А. Функціональні переваги IP-Multimedia-Subsystem (IMS). Наукові записки УНДІЗ. – 2017. - №2 (46). с.54-60.

УДК 004.4

П.Ю. Родіонов, PhD
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна)

Особливості тестування мультимедійних застосунків

У роботі проаналізовано теоретичні засади та практичні аспекти тестування програмного забезпечення. Проведено дослідження особливостей тестування мультимедійних застосунків. Окреслено перспективні шляхи підвищення якості мультимедійних застосунків.

Характеристиками програмного забезпечення вважають продуктивність, надійність, безпеку використання, портативність, зручність користувацького інтерфейсу та інші. Причинами, що зазвичай лежать у площині недостатньої якості програмного забезпечення є помилки у плануванні, відсутність чітко визначених та задекларованих цілей, невідповідність доступних ресурсів заявленим цілям, нереалістичні часові рамки тощо.

У свою чергу якість програмного забезпечення є інтегральним показником, що має значний вплив на потенційний комерційний успіх створеного програмного забезпечення. Відповідно, на сучасному етапі розвитку інженерії програмного забезпечення теоретичні та практичні аспекти якості програмного забезпечення набувають особливо важливого значення.

Мета полягає у проведенні дослідження теоретичних та практичних особливостей тестування програмного забезпечення, що дозволяє вирішувати задачі створення та оброблення мультимедійного контенту.

Спершу у нашій роботі розглянемо основні терміни, що мають відношення до тематики дослідження. Під поняттям мультимедіа мають на увазі комбінування різних форм представлення інформації на одному носієві. Наприклад: текстової, звукової і графічної, або, останнім часом все частіше – анімації і відео. Мультимедійні дані – це сполучення звукових, текстових і цифрових сигналів, а також нерухомих і рухомих образів. Так мультимедійна база даних буде вміщувати текстову й образну інформацію, відеокліпи і таблиці, і все це має однаково легкий доступ. Мультимедійна телекомунікаційна послуга дозволяє користувачеві посилати й одержувати будь-яку форму інформації, взаємозамінну за бажанням [1].

Як зазначають автори у роботі, мультимедіа – це особливий вид комп'ютерної технології, який об'єднує в собі як традиційну статичну візуальну інформацію (текст, графіку), так і динамічну (мову, музику, відеофрагменти, анімацію тощо). Ця технологічна трактування поняття «мультимедіа» використовується фахівцями в галузі комп'ютерних технологій і дозволяє включати до складу мультимедіа широкий спектр інформаційних можливостей, що використовують різні програмні та технічні засоби з метою найбільш ефективного впливу на споживача, який став одночасно і читачем/користувачем інформації, і слухачем, і глядачем. Тобто під мультимедіа можуть розуміти і мультимедійну програму-оболонку, і продукт, зроблений на основі мультимедійної технології та комп'ютерне обладнання [2].

Пропонуємо розглядати мультимедійний застосунок як програмне забезпечення, що дозволяє створювати та модифікувати поєднання текстової, звукової та графічної інформації, а також анімації та відео.

Далі у нашій роботі розглянемо питання, що стосуються теоретичних та практичних аспектів тестування програмного забезпечення.

Так, Нахід Анвар і Сусміта Кар зазначають у своїй роботі, що створення програмного забезпечення передбачає розробку програмного забезпечення відповідно до набору визначених вимог. Тестування являється необхідним для верифікації та валідації програмного забезпечення, яке було створено відповідно до існуючих специфікацій. Тестування програмного забезпечення допомагає запобігти появі дефектів у системі за рахунок процесу оцінки програмного забезпечення з метою виявити та усунути можливі помилки. Тестування також використовується для аналізу програмного забезпечення з точки зору інших аспектів програмного забезпечення, таких як зручність використання, сумісність, надійність, цілісність, ефективність, безпека, здатність, портативність, ремонтопридатність тощо. Тестування програмного забезпечення спрямоване на досягнення конкретних цілей та забезпечення відповідності встановленим принципам. Іншими словами, тестування - це процес пошуку помилок у комп'ютерній програмі. Тестування програмного забезпечення — це виконання програмного забезпечення для верифікації, виявлення помилок та для здійснення валідації [3].

Методи тестування програмного забезпечення можна поділити на дві групи: автоматизоване та ручне тестування.

Автоматизоване тестування – це тип тестування програмного забезпечення, який використовує програмні засоби для автоматичного виконання тестів. Цей метод передбачає для тестування використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для виконання тестових завдань замість ручних зусиль.

Автоматизоване тестування використовується для підвищення ефективності та точності тестування програмного забезпечення за рахунок зменшення кількості ручних зусиль [4].

Ручне тестування є фундаментальним і часто необхідним аспектом тестування програмного забезпечення, що пропонує такі переваги, як гнучкість, детальне розуміння досвіду користувача та здатність адаптуватися до мінливих вимог [5]. Кращим випадком тестування є варіант коли наявна вимога тестувати програмне забезпечення з точки зору користувача чи клієнта і програмне забезпечення перевіряється попередньо вручну перед виконанням будь-якого автоматизованого тестування [6].

Розглянемо сучасні тенденції у тестуванні програмного забезпечення (рис.1).

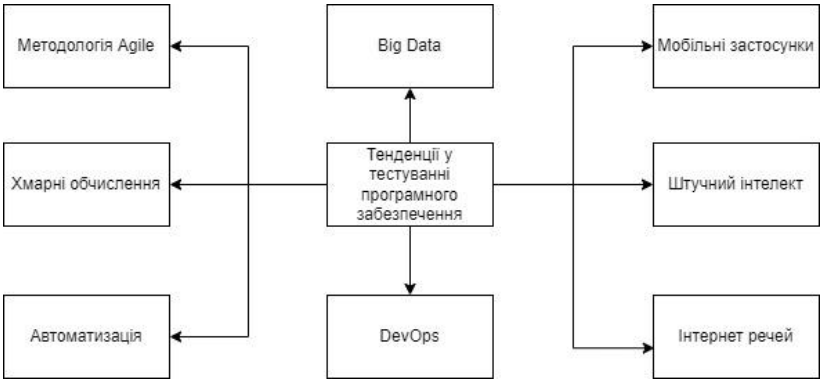


Рисунок 1 — Тенденції у тестуванні програмного забезпечення [7]

Аналізуючи особливості застосування мультимедійних застосунків, автори [8] зазначають, що найважливіші тести для мультимедійної комп'ютерної програми включають продуктивність, оцінку швидкості відгуку програми, масштабованості та ефективного використання ресурсів (тестування продуктивності), а також перевірку того, що мультимедійний вміст і функції працюють узгоджено на різних пристроях, браузерах і операційних системах (тестування на сумісність).

З огляду на вищесказане, у роботі було проаналізовано особливості тестування мультимедійних застосунків. Розглянуто теоретичні та практичні аспекти тестування програмного забезпечення. Наведено сучасні тенденції тестування програмного забезпечення та напрями тестування мультимедійних застосунків.

Список літератури

1. Будкевич Т. В. Опрацювання мультимедійних даних // Комп’ютер у школі та сім’ї. №7, 2011. – С. 33-38.

2. Ворона Д. Поняття про мультимедійні дані / Дмитро Ворона. // Студентська звітна конференція – 2018. Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка. – 2018. – С. 45–46.

3. Nahid Anwar, & Susmita Kar. (2019). Review Paper on Various Software Testing Techniques. Global Journal of Computer Science and Technology, 19(C2), 43–49.

4. Thant, Khin & Khaung Tin, Hlaing Htake & Ind,. (2023). The impact of manual and automatic testing on software testing efficiency and effectiveness. 88-93.

5. Mischke, R., Schaffert, K., Schneider, D. and Weinert, A. (2022). Automated and manual testing in the development of the research software RCE, Computational Science – ICCS 2022, Lecture Notes in Computer Science, Springer International Publishing, Cham, pp. 531–544.

6. Dhore, P., Wadhwa, L., Shinde, P., Chaudhri, D. and Vyas, P. (2023). Brief review on different manual software testing approaches & procedure, Journal of Pharmaceutical Negative Results pp. 455–464.
7. Sundaram, A. (2021). Technology-based overview of software testing trends, techniques, and challenges. Software Development. https://doi.org/10.33564/IJEAST.2021.v06i01.011
8. QATestLab. QA and Testing Services for Multimedia Applications [Електронний ресурс] / QATestLab – Режим доступу до ресурсу: https://qatestlab.com/industries/media-and-entertainment/.

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

В.В. Дерев'янко
(Національний авіаційний університет, Київ),
В.М. Васильченко, кандидат філологічних наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Сучасні мультимедійні платформи для створення контенту

Розглянуто сучасні мультимедійні платформи, які надають можливості для створення, редагування та розповсюдження контенту. Зокрема, акцентовано увагу на інструментах для графічного дизайну, відеомонтажу, веброзробки та соціальних мереж. Визначаються ключові особливості та переваги кожної платформи, а також їхня роль у формуванні сучасного медіапейзажу.

Графічний дизайн став невід'ємною частиною сучасного бізнесу та особистого брендингу. Платформи, такі як Canva, не лише спрощують створення візуального контенту, але й пропонують навчальні ресурси для покращення навичок дизайну. Користувачі можуть знайти безкоштовні курси та вебінари, які допомагають зрозуміти основи композиції, кольорової теорії та типографіки. Це особливо важливо для малих підприємств, які прагнуть виділитися на фоні конкурентів.

Для професіоналів Adobe Creative Cloud забезпечує гнучкість у роботі з графікою, а також можливості для колаборації з іншими дизайнерами. Інструменти, такі як Adobe XD, дозволяють створювати прототипи вебсайтів та мобільних додатків, що значно спрощує процес розробки.

Відеомонтаж.У світі відеомонтажу важливо враховувати не лише технічні аспекти, але й креативність. Платформи, такі як Final Cut Pro і Adobe Premiere Pro, надають користувачам можливість працювати з професійними інструментами для кольорокорекції, візуальних ефектів та звукового дизайну. Завдяки цим можливостям творці контенту можуть реалізувати найсміливіші ідеї та досягати високої якості кінцевого продукту.

Також варто відзначити важливість адаптації контенту для різних платформ. Наприклад, відео для інстаграм часто потребує коротшого формату та динамічного монтажу, в той час як для ютуб можуть бути потрібні більш тривалі та детальні ролики.

Аудіо та подкасти.Подкасти стають все популярнішими завдяки своїй доступності та можливості слухати їх у будь-який час. Платформи, такі як Anchor, не лише дозволяють записувати та редагувати аудіо, але й забезпечують інтеграцію з соціальними мережами для просування контенту. Користувачі можуть легко ділитися своїми подкастами на різних платформах, що допомагає залучити нову аудиторію.

Важливим аспектом є також монетизація подкастів. Багато платформ пропонують можливості для заробітку через спонсорство або підписку, що робить цю форму контенту привабливою для творців.

Соціальні мережі.Соціальні медіа стали основним майданчиком для поширення контенту. Вони не лише дають змогу взаємодіяти з аудиторією, але

й формують нові тренди у споживанні інформації. Наприклад, тикток популяризував короткі відеоформати, що змусило багато брендів адаптувати свою стратегію маркетингу. Також деякіплатформи (інстаграм) активно впроваджують нові функції, такі як IGTV та Reels, що дозволяє користувачам експериментувати з форматом контенту.

Крім того, важливо враховувати алгоритми соціальних мереж. Творці повинні бути в курсі змін у цих алгоритмах, щоб оптимізувати свій контент і забезпечити його максимальну видимість.

Тренди у створенні контенту.Серед основних трендів варто виділити зростання популярності відео з прямими ефірами. Це дозволяє творцям взаємодіяти з аудиторією в реальному часі, ставити запитання та отримувати миттєві відгуки. Також інтерактивні елементи, такі як опитування чи конкурси в соцмережах, сприяють залученню аудиторії та підвищують рівень її активності.

Ще одним важливим аспектом є використання штучного інтелекту для аналізу даних про аудиторію. Це дозволяє творцям краще розуміти потреби підписників і адаптувати свій контент відповідно до їхніх інтересів.

Етика та відповідальність. Етичні питання стають все більш актуальними у світі мультимедійного контенту. Творці повинні бути свідомими наслідків своїх дій і уникати поширення дезінформації. Це включає в себе перевірку джерел інформації та дотримання авторських прав. Важливо також усвідомлювати вплив контенту на суспільство і прагнути до соціальної відповідальності.

Також варто звернути увагу на питання конфіденційності даних. Творці повинні бути обережними у використанні особистої інформації підписників і дотримуватися всіх законодавчих норм.

У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку технологій віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR). Ці технології можуть змінити спосіб сприйняття контенту і створити нові можливості для взаємодії з аудиторією. Наприклад, VR може використовуватися для створення інтерактивних навчальних програм або розважальних ігор, що дозволяє користувачам зануритися у віртуальний світ.

Крім того, розвиток технологій формату 5G відкриває нові горизонти для потокового відео та аудіо, що дозволить створювати ще більш якісний контент без затримок.

Висновки

Сучасні мультимедійні платформи значно спростили процес створення контенту, надаючи інструменти для різних видів творчості – від графічного дизайну до відеомонтажу та веброзробки. Завдяки цим платформам кожен може стати творцем контенту незалежно від рівня підготовки. Це сприяє розвитку креативності та формуванню нових медіаформатів у нашому суспільстві.

Список літератури

1. Canva. (n.d.). Retrieved from [canva.com](https://www.canva.com)
2. Adobe Creative Cloud. (n.d.). Retrieved from [adobe.com](https://www.adobe.com/creativecloud.html)

3. Final Cut Pro. (n.d.). Retrieved from [apple.com](https://www.apple.com/final-cut-pro/)
4. TikTok. (n.d.). Retrieved from [tiktok.com](https://www.tiktok.com)
5. Wix. (n.d.). Retrieved from [wix.com](https://www.wix.com)
6. Squarespace. (n.d.). Retrieved from [squarespace.com](https://www.squarespace.com)
7. Anchor. (n.d.). Retrieved from anchor.fm
8. YouTube Studio. (n.d.). Retrieved from [youtube.com](https://studio.youtube.com)
9. Skillshare. (n.d.). Retrieved from [skillshare.com](https://www.skillshare.com)
10. Udemy. (n.d.). Retrieved from [udemy.com](https://www.udemy.com)

УДК 004.424.2

О.Р. Каплюк, Н.О. Подурець, Т.В. Злотківська
(Національний авіаційний університет, Україна)

Принципи юзабіліті для проектування порталу наукового товариства закладу вищої освіти

Досліджені наукові підходи до поняття юзабіліті та основних принципів, на яких будується проектування порталу наукового товариства. Проаналізовані основні особливості даного веб-ресурсу, які впливають на зручність його використання.

Поняття юзабіліті значно вкоренилося в сферу проєктування сайтів і веб-додатків у практичному аспекті, однак не отримало належного висвітлення з наукової точки зору, що сильно позначається на об'єктивності, актуальності та універсальності застосування цього інструменту в галузі проєктування веб-сайтів [1].

Сучасне тлумачення терміну юзабіліті полягає у зручності взаємодії з веб-ресурсами, враховуючи інтерфейс, навігацію у користуванні, якість контенту, швидкість завантаження та інші.

Найджел Біван у дослідженні поняття юзабіліті [2] визначає, що це багатовимірна характеристика з точки зору взаємодії з користувачами, які виконують завдання з системою в конкретному середовищі.

Дженні Пріс [3] характеризує юзабіліті своєрідний показник того, що створювані веб-ресурси легкі для дослідження, зручні для користувача та ефективні під час використання.

Міжнародний стандарт ISO 9241-11 [4] визначає юзабіліті як ступінь, з якою продукт може бути використаним певними користувачами при певному контексті використання для досягнення певних цілей з належною ефективністю, продуктивністю і задоволеністю.

Згідно з позицією, викладеною Дж.Гоулдом та К. Льюїсом [5] принципи юзабіліті полягають не у створенні прототипу відповідно до вимог користувача, а у питанні, наскільки легко користувач може взаємодіяти зі створеним прототипом та використовувати його. Ключова різниця полягає у тому, що перше твердження є аналітичним, а друге – емпіричним.

Я. Нільсен [6] сформував 10 евристик юзабіліті: видимість статусу системи; відповідність між системою і реальним світом; контроль і свобода для користувача; послідовність і стандарти; запобігання помилкам; розпізнавання, а не пригадування; гнучкість і ефективність використання; естетичний і мінімалістичний дизайн; допомога у вирішенні помилок; допомога та документація.

На противагу їм, Герхардт-Повальс [7] у своїй праці «Принципи когнітивної інженерії для підвищення ефективності взаємодії людини з комп'ютером» визначає 10 евристик: автоматизація непотрібного навантаження; скорочення невизначеності; охорона даних; подання нової інформації з використанням знайомої структури для полегшення сприйняття;

використання назв, які концептуально пов'язані з функцією; групування даних послідовно значущими способами для зменшення часу пошуку; обмеження завдань, які керовані даними; зображення лише тої інформації, яка потрібна користувачеві на даний момент часу; забезпечення множинного кодування даних, коли це доцільно; практика розумної надлишковості.

Після теоретичного дослідження основних принципів юзабіліті, важливо застосувати отримані напрацювання під час проектування порталу наукового товариства.

Згідно з дослідженням С. В. Парненка у роботі «Аналіз структури та юзабіліті сайтів технічних вищих навчальних закладів» [8], а портал наукового товариства є його складовою, для залучення цільової аудиторії веб-ресурс повинен бути змістовним і цікавим відвідувачам, мати чітку тематичну орієнтацію, зручну і швидку навігацію, сучасну організацію пошуку інформації.

Характерною особливістю даного веб-ресурсу є його функціональне призначення, оскільки це ефективний інструмент, який має спростити та водночас створити максимально зручні умови для науковців, а саме викладацько-професорського персоналу та для здобувачів освітніх ступенів декількох рівнів. Тому ключовою метою має бути не тільки інформативність та змістова наповненість, а й інтерактивність, що стимулює до подальших досліджень та співпраці.

Для підкріплення висновків щодо теоретичного дослідження поняття юзабіліті, його ключових принципів та формування основних принципів юзабіліті безпосередньо для порталу наукового товариства доцільно навести аналіз успішного практичного впровадження описаних вище принципів на міжнародній арені.

Портал Наукового товариства Кембриджського університету [8] за цільовим призначенням описаний веб-ресурс є основою для проведення лекцій провідних світових учених, організації наукових заходів, обміну можливостями, участі у наукових заходах.

Навігація у порталі частково ускладнена через наявність великої кількості контенту. Сайт містить розділи про заходи, але пошук не є інтуїтивно зрозумілим для нових користувачів. Послідовний дизайн у межах основного функціоналу, але наявність великої кількості різнопланових розділів і підрозділів знижує відчуття єдності інтерфейсу.

З точки зору системи верифікації та попереджень, запроваджено інформування про помилки при використанні форми зворотного зв'язку або реєстрації.

Здебільшого мобільна версія сайту чітко та коректно відображає наявну інформацію, проте через інформаційне перенасичення завантаження сторінки вагомо тривале.

Відсутність інтерактивних підказок, окресленого розділу з FAQ ускладнює використання порталу для нових студентів.

Результати аналізу практичного застосування принципів юзабіліті на прикладі порталу Наукового товариства Кембриджського університету згідно з такими критеріями як простота використання, послідовність, зворотний зв'язок, запобігання помилкам, гнучкість і ефективність, мобільність, підтримка для

нових користувачів, показали, що дотримання описаних вище евристик юзабіліті вкрай важливе для ефективного функціонального використання порталу наукового товариства. Дане аналітичне дослідження підтверджує актуальність обраної теми та пряму залежність правильно спроектованого веб-ресурсу з залученістю цільової аудиторії до його частого використання.

Враховуючи викладені та проаналізовані вище евристики юзабіліті та характерні риси створюваного продукту, сформовано основні критерії до юзабіліті порталу наукового товариства закладу вищої освіти.

1. Інтерфейс – простий, зрозумілий для цільової аудиторії продукту, незалежно від рівня технічної підготовки.

2. Уникнення перевантаження сторінок зайвими елементами. Важлива інформація – доступна. Всі елементи інтерфейсу (кнопки, меню, шрифти) однакового дизайну на всіх сторінках порталу. Розташування елементів навігації – однакове на кожній сторінці.

3. Інформація структурована та організована, з логічними рубриками. Наявний простий, швидкий пошук матеріалів. Функції, які використовуються найчастіше та наділені особливою увагою, наприклад, (запис на заходи, подача статей, доступ до матеріалів), мають чітку, логічно зрозумілу структуру та швидкий процес використання.

4. Користувач має чіткий зворотний зв'язок про свої дії, наприклад, при надсиланні заявки або зміні налаштувань. У разі отримання помилки, система надає зрозумілі, актуальні інструкції.

5. Релевантна та структурна мобільна орієнтація для мобільних пристроїв. Швидке завантаження сторінок незалежно від якості інтернет з'єднання.

6. Доступність порталу для усіх категорій науковців, враховуючи окремі категорії осіб, а саме людей з особливими потребами, наприклад, підтримка екранних рідерів, доцільний контраст тексту і фону.

7. Оскільки портал є складовою частиною інформаційної бази факультету закладу вищої освіти, обов'язковим елементом є його мультимовність, тобто підтримка певного набору мов для можливості міжнародної комунікації.

8. Персоналізація комунікації, що полягає у наявності можливості залишати коментарі, обговорювати наукові питання та співпрацювати в рамках порталу підвищує мотивацію.

Висновки

Юзабіліті порталу є надзвичайно важливим аспектом для забезпечення ефективної взаємодії користувачів з порталом. У роботі детально розглянуто та проаналізовано існуючі наукові напрацювання з питання якісного пояснення терміну юзабіліті, наукову базу міжнародних науковців, що розкривають основні принципи проектування веб-ресурсу з точки зору зручного та ефективного використання посилаючись на принципи когнітивної інженерії під час взаємодії людини з цифровими сервісами.

На основі поданих та детально досліджених евристик проведено аналіз необхідного юзабіліті порталу наукового товариства закладу вищої освіти, що

дозволило визначити основні принципи, які мають бути дотримані для забезпечення комфортного використання порталу. Серед них особливу увагу приділено простоті навігації, зрозумілості інтерфейсу, можливості швидко знайти необхідну інформацію та наявності зворотного зв'язку для користувачів.

На підтвердження актуальності та важливості дослідженого питання проведено аналіз практичного прикладу порталу Наукового товариства Кембриджського університету, оскільки це приклад успішного впровадження, що надає користувачам можливість брати участь у наукових дослідженнях, публікувати роботи, обговорювати результати та знаходити наукові контакти.

У результаті дослідження зроблено висновок, що портал наукового товариства є ефективним інструментом для розвитку наукової діяльності студентів. Важливим аспектом є дотримання принципів юзабіліті, що сприяє створенню сприятливих умов для розвитку студентських наукових досліджень.

Список літератури

1. Юзьвяк А. М. «Оцінювання юзабіліті вебсайту на основі багатокритеріального підходу», Тернопіль, 2022, 11 с. URL: http://surl.li/wlzgpx.
2. Bevan N., Kirakowski J., Maissel J. What is usability. Proceedings of the 4th International Conference on HCI, Stuttgart, Germany; 1–6 September 1991. URL: https://www.researchgate.net/publication/239609271_What_is_Usability.
3. Preece J., Sharp H., Rogers Y. Interaction design: beyond humancomputer interaction. Hoboken, New Jersey: Wiley; 2015.
4. Глосарій поняття «юзабіліті». URL: https://welovebrands.com.ua/ua/glosarij/yuzabiliti/ (дата звернення 12.09.2024).
5. J. D. Gould and C. Lewis, Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think. URL: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3166.3170.
6. Nielsen J. Ten Usability Heuristics for User Interface Design. URL: https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/.
7. Gerhardt-Powals J. Cognitive engineering principles for enhancing human – computer performance. International Journal of Human-Computer Interaction. 1996. Vol.8 (2). p.189-211. URL: https://dl.acm.org/doi/10.1080/10447319609526147.
8. Парненко В. С. Аналіз структури та юзабіліті сайтів технічних вищих навчальних закладів / Науковий вісник Національного лісотехнічного університету. Вип. 22.8. 2012. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_8/353_Par.pdf.

УДК 004.738.5:339:655.5(043.2)

Ю.О. Кухарев, С.М. Лобода, доктор педагогічних наук, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Розвиток книгорозповсюдження і виставкової діяльності в цифрову епоху

Розглянуто сучасний стан книгорозповсюдження та виставкової діяльності в контексті цифровізації. Досліджено, як нові технології змінюють книжковий ринок, зокрема розвиток електронних книг, онлайн-продажів і віртуальних виставок. Проаналізовано основні тенденції, переваги цифрових форматів, їх вплив на доступність літератури та екологічну стійкість. Наведено статистичні дані щодо глобального ринку електронних книг і популярності цифрових платформ серед молоді.

Вступ. У сучасному світі, де цифрові технології дедалі більше займають центральне місце в житті людини, книготоргівля та виставкова діяльність продовжують відігравати важливу роль у культурному розвитку суспільства. Незважаючи на активний розвиток електронних книг та онлайн-бібліотек, традиційна книжкова індустрія зберігає свою актуальність і продовжує адаптуватися до нових викликів. Це пов'язано з тим, що книга залишається важливим джерелом знань, культурної спадщини та розвитку критичного мислення.

Книгорозповсюдження охоплює комплексну систему, що включає видавництво, дистрибуцію, маркетинг та продаж літературних творів. Це дозволяє книгам потрапляти до широкої аудиторії, забезпечуючи як доступ до освітніх матеріалів, так і підтримку літературної культури. Традиційні книгарні, незважаючи на виклики з боку електронної комерції, залишаються важливими культурними осередками[1].

Виставкова діяльність сприяє розвитку цієї системи, створюючи платформу для обговорення нових тенденцій у літературі, обміну досвідом між авторами, видавцями та читачами. Участь у таких заходах дозволяє залучати нову аудиторію, зміцнювати бренд та просувати нові видання на ринок[1].

Сучасний стан. В умовах пандемії COVID-19 книгорозповсюдження зіткнулося з численними викликами. Багато фізичних книгарень тимчасово припинили свою діяльність або перейшли в онлайн-формат, що значно вплинуло на ринок. У той же час, онлайн-продаж книг значно зріс. За даними Statista, у 2021 році глобальний ринок електронних книг зріс на 15%, що відображає зростання попиту на цифровий контент. Проте, друковані книги продовжують займати значну частину ринку, особливо в країнах з розвиненою читацькою культурою[2][3].

Щодо виставкової діяльності, такі події, як Франкфуртський книжковий ярмарок та Львівський форум видавців, залишаються важливими майданчиками для презентації літературних новинок. Незважаючи на пандемію, багато з цих заходів успішно перейшли в онлайн-формат або

поєднують фізичні та віртуальні компоненти, що дозволяє залучати ще більше учасників та глядачів з усього світу[4].

Цифровізація. Цифровізація книг має безліч переваг, що сприяють розвитку як ринку, так і культури читання. Одна з основних переваг полягає у розширеному доступі до книжкової продукції. Завдяки цифровим платформам читачі можуть миттєво отримати доступ до книг, незалежно від географічного розташування. Це особливо важливо для людей, що проживають у віддалених регіонах, де доступ до традиційних книжкових магазинів обмежений[5].

Цифровізація також сприяє зручності користування. Електронні книги можна читати на різних пристроях, таких як смартфони, планшети та електронні рідери, що дозволяє мати бібліотеку завжди під рукою. Крім того, можливість зберігання великої кількості книг на одному пристрої знімає проблему обмеженого фізичного простору для зберігання друкованих видань.

Іншою важливою перевагою є економічна ефективність. Витрати на виробництво та дистрибуцію електронних книг значно нижчі, що дозволяє зменшити їхню вартість для кінцевого споживача. Водночас видавці можуть швидше оновлювати контент та випускати нові видання[6].

Цифрові платформи також забезпечують інтерактивність та інноваційність у читанні. Деякі електронні книги пропонують можливість використання мультимедіа, інтерактивних елементів і посилань, що значно покращує досвід читання, особливо в освітньому контексті.

З точки зору екології, цифровізація допомагає зменшити використання паперу, що є важливим у контексті глобальної боротьби з вирубкою лісів[7].

Статистика та тенденції. Ринок електронних книг. За даними ResearchAndMarkets, глобальний ринок електронних книг оцінювався в 18,13 мільярда доларів у 2020 році, і очікується, що до 2026 року він досягне 28,73 мільярда доларів при середньорічному темпі зростання (CAGR) 6,8%. Ринок електронних книг у Європі та США стабільно зростає, зокрема завдяки популярності таких платформ, як Amazon Kindle та Google Books. Проте в багатьох країнах, таких як Україна, паперові книги досі домінують. Також основними рушійними факторами зростання є збільшення кількості пристроїв для читання та попит на екологічно безпечні формати[8].

Онлайн-продажі книг. Водночас, глобальний ринок онлайн-продажів книг досяг 18,9 мільярда доларів у 2022 році і продовжує зростати. Прогнозується, що до 2025 року цей показник досягне близько 22 мільярдів доларів, при цьому значну частку ринку займають електронні книги[9].

Популярність електронних книг серед молоді. Згідно з дослідженнями Pew Research Center, 42% молодих людей у віці від 18 до 29 років у США читали електронні книги протягом останнього року, тоді як у віковій категорії старше 65 років цей показник складає лише 19%. Це свідчить про те, що молоде покоління все більше інтегрує цифрові технології в процес читання[10].

Виставки та ярмарки. Книжкові виставки не тільки сприяють просуванню книг, але й впливають на формування видавничих трендів. За даними Frankfurt Book Fair, у 2023 році кількість учасників, що відвідують

фізичні виставки, поступово повертається до рівня, що був до пандемії, із залученням понад 1500 учасників із 50 країн[11].

Висновки. Розвиток книгорозповсюдження та виставкової діяльності в епоху цифровізації демонструє, як сучасні технології не тільки впливають на зміну формату дистрибуції, але й стимулюють зростання та адаптацію індустрії. Цифрові формати зробили літературу більш доступною, економічно вигідною та зручною для читачів у всьому світі. Онлайн-платформи не тільки розширили ринок, але й дали можливість авторам і видавцям швидше доносити нові книги до аудиторії. Виставки, навіть у цифровому форматі, залишаються важливими для презентації нових творів та взаємодії між професіоналами галузі та читачами.

Список літератури

1. Книгорозповсюдження та виставкова діяльність : конспект лекцій / С.М. Лобода, О.В. Родіонова. – Київ : Київ. Нац. авіац. ун-т, 2022. – 192 с.
2. Coronavirus impact on books and literature e-commerce website traffic worldwide as of March 2020 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.statista.com/statistics/1112583/covid-19-impact-books-e-commerce-site-traffic-global/
3. COVID-19 and Book Publishing: Impacts and Insights for 2021 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://link.springer.com/article/10.1007/s12109-021-09791-z
4. Frankfurt digital book fest reaches 200,000 people worldwide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.allaboutbookpublishing.com/7442/frankfurt-digital-book-fest-reaches-200000-people-worldwide/
5. The Benefits of eBooks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://fultonbooks.com/blog/the-benefits-of-ebooks/
6. 6 Environmental Benefits of eTextbooks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://greenerideal.com/news/6-environmental-benefits-etextbooks/
7. Sustainability in Publishing: The Eco-Friendly Benefits of Going Digital [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.prenly.com/blog/sustainability-in-publishing-the-eco-friendly-benefits-of-going
8. Global E-Book Industry (2020 to 2026) - Analysis of the Fastest Growing Markets [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.globenewswire.com/news-release/2020/05/20/2036309/0/en/Global-E-Book-Industry-2020-to-2026-Analysis-of-the-Fastest-Growing-Markets.html
9. Ebook Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/e-book-market
10. Three-in-ten Americans now read e-books [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.pewresearch.org/short-reads/2022/01/06/three-in-ten-americans-now-read-e-books/#:~:text=Overall%2C%2075%25%20of%20U.S.%20adults,8%2C%202021.

11. Frankfurt: Public Turnout Drives Totals to 215,000 Visitors [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://publishingperspectives.com/2023/10/frankfurt-public-turnout-drives-totals-to-215000-visitors/#:~:text=The%20newly%20released%20figures%20now,jumped%2030%20percent%20over%202022

УДК 004.92:81'373:655.1(043.2)

О.В. Матвійчук-Юдіна, к.п.н., доц., Д.М. Денисенко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Мультимедійний компонент у створенні онлайн-словника з типографії

Досліджено значущість створення мультимедійних онлайн-словників у контексті сучасних цифрових технологій. Підкреслено важливість інтерактивного формату для підвищення мотивації та забезпечення ефективного засвоєння складної інформації, зокрема в галузі типографії. Особливу увагу приділено перевагам мультимедійного контенту та можливості оперативного оновлення онлайн-ресурсів

Швидкий розвиток цифрових технологій та зростаюча доступність інформації в Інтернеті спричинили революцію у сфері освіти і комунікації. Сучасний користувач очікує отримувати інформацію в зручному, інтерактивному та візуально привабливому форматі, що робить створення електронних мультимедійних ресурсів, зокрема онлайн-словників, надзвичайно актуальним завданням.

Саму роль словників у житті людини важко переоцінити. Як зазначено у наукових здобутках [1], лексикографічна культура стала «невід'ємною складовою професійного саморозвитку особистості», а словники виступають «ефективним засобом, що мають стимулювати й позитивно активізувати професійний саморозвиток». Словники дійсно відіграють особливу роль у житті людини. Вони представляють найрізномунітнішу складну інформацію у стислому вигляді, але одночасно характеризуються такими властивостями як: повнота, змістовність, точність, достовірність інформації.

У цьому контексті мультимедійні словники не лише відповідають сучасним вимогам та потребам аудиторії, але й підвищують мотивацію до пізнання завдяки інтерактивному та захопливому контенту.

Типографія, як наука про шрифти та набір тексту, є складною і багатогранною галуззю знань, для ефективного засвоєння якої необхідні якісні навчальні матеріали. Як зазначають фахівці, на ринку немає стандартизованої термінології з типографії [2]. Постійно іде пошук формулювання найточніших визначень. Традиційні друковані словники, хоч і цінні, не завжди здатні забезпечити необхідний рівень інтерактивності та візуалізації.

Створення мультимедійного онлайн-словника з типографії дозволяє систематизувати знання, забезпечити користувачам зручний і зрозумілий інструмент для пошуку термінів, візуалізувати складні поняття через графіку, відео та анімацію, а також запропонувати інтерактивні вправи для закріплення матеріалу. Такий підхід забезпечує доступ до словника з будь-якого пристрою, підключеного до Інтернету, і сприяє більш ефективному засвоєнню матеріалу в умовах сучасної інформаційної епохи.

Мультимедійні ресурси характеризуються тим, що не лише представляють інформацію за допомогою різнорідних медіа, а й здійснюють це естетично привабливим способом та надають користувачеві кілька способів

ефективного представлення інформації. Користувачі можуть переміщатися, взаємодіяти, створювати та спілкуватися за допомогою комп'ютера або інших пристроїв.

Серед переваг онлайн-словника з типографії порівняно з друкованим можна виділити доступність, швидкість пошуку, постійне оновлення інформації. Онлайн-формат дозволяє оперативно оновлювати словник, додаючи нові терміни та виправляючи помилки. А також додаткові функції, які відсутні в друкованих аналогах.

Крім того, багато термінів у типографії пов'язані з конкретними об'єктами або процесами, тому візуальна складова є важливою: ілюстрації, схеми, фотографії доповнюють текстовий опис і роблять його більш зрозумілим [3]. А мультимедійні словники дозволяють включати не лише зображення, а й інший медіа контент: відео, анімацію, аудіо тощо.

На рисунку 1 показано приклади використання мультимедійного контенту для візуалізації термінів.

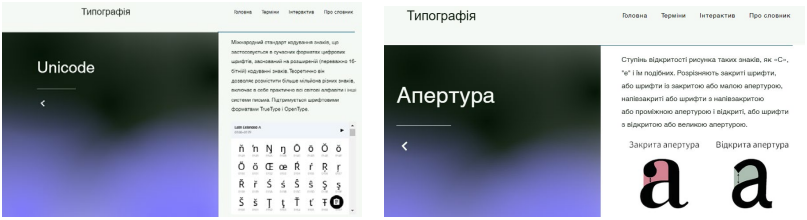


Рис. 1. Візуалізація термінів у словнику

Призначення словника не лише навести ключові терміни типографії, а й допомогти користувачам їх засвоїти. Особливо це актуально у навчальному процесі ЗВО. Для цього важливо надати можливість користувачам перевіряти рівень засвоєння матеріалу і відпрацьовувати навички.

Тому включення тестів, щоб користувачі мали можливість самостійно перевірити рівень володіння матеріалом, є корисним прийомом при створенні мультимедійних словників. Приклад наведено на рис. 2.

Мультимедійні онлайн-словники дозволяють створювати унікальне та насичене інформаційне середовище, що стає новим ресурсом для активації інтересів та підвищення рівня компетентності завдяки широкому спектру електронних засобів.

Онлайн-словник може також містити посилання на інші онлайн-ресурси, такі як виробники обладнання, постачальники матеріалів, форуми фахівців, що дозволяє користувачам отримати більш повну інформацію про той чи інший термін.

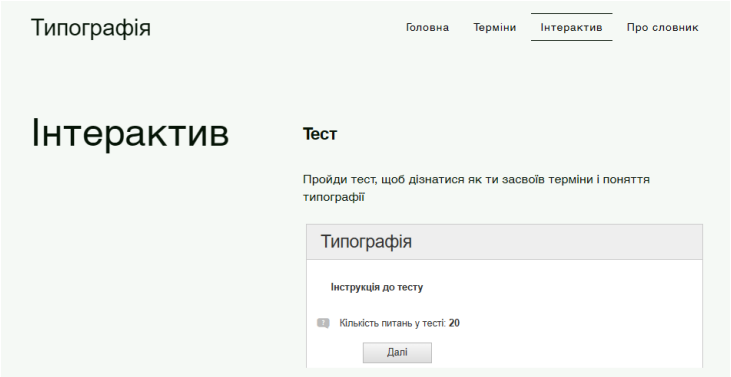


Рис. 2. Візуалізація термінів у словнику

Інтерактивність онлайн-словника є ще однією перевагою: додаткові функції, такі як пошук за синонімами та антонімами, переклад термінів на інші мови, можливість додавання користувацьких нотаток і обмін інформацією з іншими користувачами, роблять його надзвичайно зручним і ефективним.

Для прикладу, у проєктованому словнику можна здійснювати пошук потрібних термінів за допомогою рядку пошуку, за першою літерою алфавіту, обираючи потрібний термін з загального списку чи списку слів на певну літеру алфавіту (рис. 3). Можливість знаходження термінів за першою літерою є дуже корисною. Це дозволяє користувачам ефективно шукати інформацію, навіть якщо вони не пам'ятають точне написання слова.

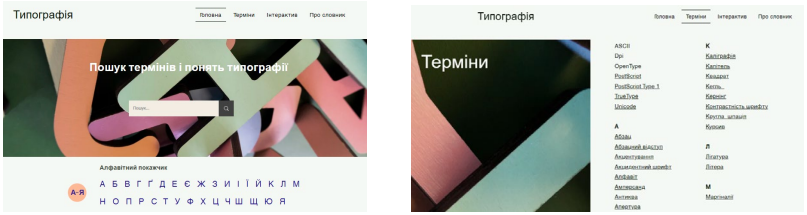


Рис. 3. Можливості реалізації пошуку у словнику

Висновок: Таким чином, онлайн-словник з типографії — це не просто електронна версія друкованого словника, а потужний інструмент, який дозволяє фахівцям поліграфічної галузі швидко і легко знаходити необхідну інформацію. Завдяки своїй специфіці та можливостям, мультимедійні онлайн-словники з типографії займають важливе місце в системі лексикографічних ресурсів.

Список літератури

1. Семеног О. Словник у професійній діяльності: ціннісні орієнтири // Зб. наук. праць ІІІ Міжнародної науковопрактичної конференції «Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи», Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. Львів. 2016. С. 271 – 274

2. Glossary of Typography Terms [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://typetype.org/typography-terms/

3. ДСТУ EN 63029:2022 Аудіо-, відео- та мультимедійні системи та обладнання. Мультимедійні електронні видавничі технології та технології електронних книг. Електронні книги на основі растрових зображень (EN 63029:2017/AC:2018-02, IDT; IEC 63029:2017/COR1:2018, IDT).

УДК 930.25:351.853(477):004(043.2)

С.В. Скиба, О.А. Бобарчук, к.т.н.,
(Національний авіаційний університет, Україна)
Н.М. Куковальска, О.В. Шульга,
(Національний заповідник «Софія Київська», Україна)
А.С. Скиба
(Відкритий міжнародний Університет розвитку людини «Україна», Україна)

Особливості створення репозиторію цифрових моделей архітектурних пам'яток України

Виконаний пілотний проект створення 3D моделі дзвінниці Софійського собору в Києві на основі аерофотознімків. Проведений практичний кількісно-якісний аналіз трудомісткості і необхідних ресурсів для розробки репозиторію цифрових моделей архітектурних пам'яток в умовах сучасних безпекових ризиків.

Цифрові ініціативи, пов'язані зі створення та збереженням максимально деталізованих 3D моделей архітектурних пам'яток, згідно з Конвенцією ЮНЕСКО про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини (2003 р.) [1] мають суттєві практичні обмеження у реалізації в умовах воєнного стану. Проте потреба в таких моделях є нагальною. При цьому на сайті міжнародної організації ICOMOS, яка займається збереженням пам'яток та визначних місць світу, серед представлених 113 країн комітет від України відсутній [2].

Метою дослідження є практична оцінка методики кількісно-якісного аналізу трудомісткості та ресурсних потреб створення цифрових моделей архітектурних пам'яток двох рівнів:

1. Високоякісних цифрових моделей, які відповідають вимогам стандартів ISO 19157:2013 "Географічна інформація — Якість даних" [4]. що визначає принципи та керівництва для оцінки якості даних у географічних інформаційних системах, включаючи просторові дані, що використовуються для 3D-моделювання архітектурних об'єктів, та ISO 16739-1:2018 (IFC) [5] обміну інформацією про будівельні конструкції та архітектурні об'єкти в цифрових моделях.

2. Актуальних цифрових моделей, що відповідають мінімальним критичним практичним вимогам.

Об'єктом дослідження є цифрова 3D-модель дзвінниці Софійського собору в Києві, Національний заповідник Софія Київська вул. Володимирська 24 (рис. 1 та 2). Координати по центру вхідних воріт: Широта N50°27'10.4444", Довгота E30°30'55.2858". Розміри: ширина 21м, глибина 16м, висота 76м.

Предметом дослідження визначені наступні вимоги до параметрів цифрової моделі.

1. Точність геометрії: оцінка відповідності цифрової моделі реальній архітектурній пам'ятці; порівняння відстаней, пропорцій, кутів та загальних форм з оригіналом; використання стандартів точності для 3D-моделювання (відхилення не більше ніж на кілька міліметрів).

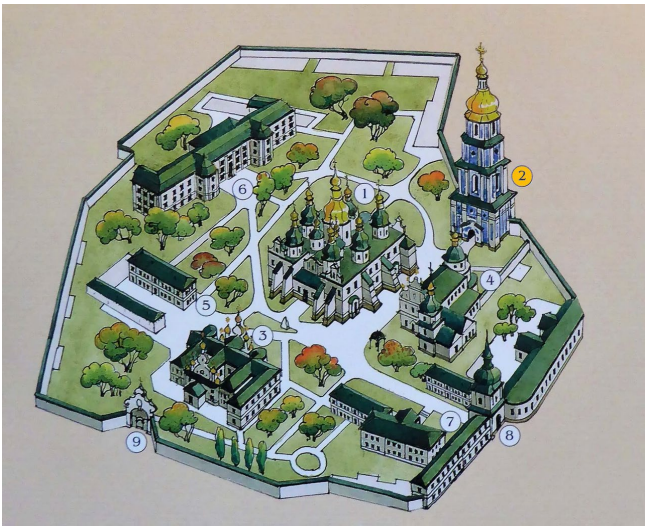
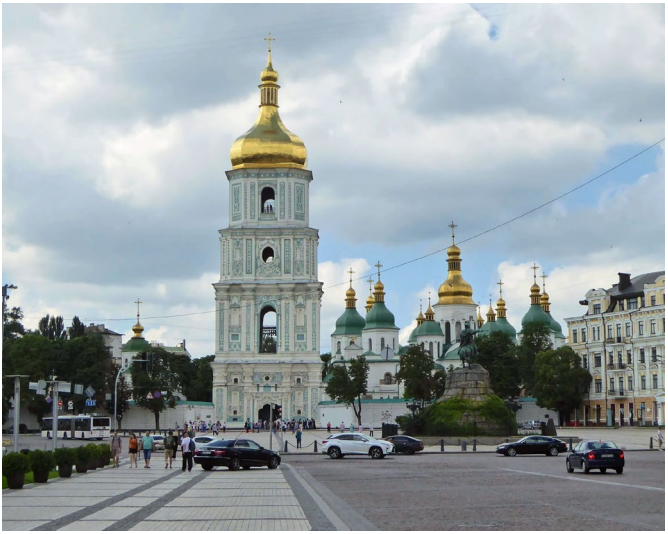


Рис. 1. Територія заповідника і розташування дзвіниці на ній (місце №2).


Рис. 2. Загальне вигляд дзвіниці.

2. Деталізація: рівень деталізації моделі: відображення дрібних елементів, текстур, орнаментів та інших архітектурних деталей; пошкоджень, та розміру дефектів, необхідність моделювання певних компонентів пам’ятки (фасад, декоративні елементи).

3. Метод збору даних: джерела даних: аерофотознімки, лазерне сканування, фотограмметрія, колорометрія; якість та роздільна здатність зібраних даних, що використовуються для моделювання.

4. Сумісність форматів: вимоги до форматів 3D-моделей (наприклад, .obj, .fbx, .stl) для подальшої обробки, зберігання та використання; сумісність із програмним забезпеченням для моделювання, візуалізації та аналізу.

5. Збереження текстур і матеріалів: оцінка якості фіксації візуалізації матеріалів (каменю, металу, фасадних фарб) та їх відповідності оригіналу, стандартизація та маркування колористики; використання високоякісних текстур та їх правильне накладання на 3D-модель.

6. Масштабованість і адаптивність: можливість використання моделі в різних масштабах (від локальних до глобальних реконструкцій); гнучкість моделі для адаптації до різних рівнів деталізації та технічних вимог (наприклад, для VR/AR або наукових реконструкцій).

7. Метадані: наявність і якість метаданих про пам'ятку; документування джерел даних, використаних технологій та методик для створення моделі.

8. Аналіз трудомісткості: оцінка витрат часу та людських ресурсів на кожен етап створення моделі (збір даних, обробка, моделювання, рендеринг); визначення необхідних кваліфікацій та навичок для фахівців, які працюють з моделями**.**

9. Оцінка обчислювальних ресурсів: вимоги до обчислювальних потужностей для побудови та обробки моделі; використання хмарних сервісів для зберігання та обробки даних.

10. Безпека і доступність: захист даних моделі (авторські права, конфіденційність); оцінка доступності моделі для науковців, дослідників або громадськості через репозиторій чи інші платформи.

11. Оцінка можливостей для збереження і реставрації: визначення потенціалу використання цифрових моделей для реставраційних проектів або моніторингу стану архітектурних пам'яток; інтеграція з інструментами аналізу зносу, деформації або пошкоджень.

12. Відповідність міжнародним стандартам: дотримання міжнародних стандартів збереження культурної спадщини (наприклад, вимоги ЮНЕСКО); використання відкритих стандартів для зберігання та доступу до моделей.

13. Інтерактивність і візуалізація: можливість інтерактивного перегляду моделі для користувачів (наприклад, через веб-додатки або VR/AR-платформи); оцінка якості візуалізації в реальному часі, швидкість завантаження моделі в інтерактивних середовищах.

14. Модульність і оновлюваність: можливість модифікації або оновлення моделі в майбутньому (наприклад, додавання нових елементів або виправлення помилок); модульність цифрових моделей, що дозволяє окремі частини моделі редагувати або використовувати незалежно.

15. Автоматизація процесів: можливість автоматизації певних процесів при створенні моделі, таких як обробка аерофотознімків, генерація текстур або порівняння з архівними матеріалами; використання алгоритмів машинного навчання або штучного інтелекту для автоматичного виявлення та відтворення складних архітектурних елементів.

16. Оцінка придатності для реставрації: можливість використання моделі для планування реставраційних робіт: аналіз стану конструкції, пошкоджень, що можуть не бути очевидними при звичайному огляді; точність 3D-моделі щодо історичних креслень і збережених елементів для точного відновлення.

17. Використання в навчальних цілях: оцінка можливостей використання моделі як навчального інструменту в освітніх закладах, музеях або для дослідницьких цілей; можливість створення інтерфейсів з анотаціями, поясненнями та інтерактивними довідковими матеріалами.

18. Соціальна і культурна цінність: оцінка впливу цифрової моделі на суспільство та культуру, її значущість для збереження історичної пам'яті; аналіз можливостей популяризації культурної спадщини через цифрові моделі, виставки, інтерактивні тури тощо.

19. Використання у віртуальних реконструкціях: оцінка можливостей моделі для віртуальної реконструкції втрачених частин архітектурної пам'ятки або створення віртуальних турів; визначення, чи може модель служити базою для реконструкції історичного контексту навколо пам'ятки (наприклад, відтворення міського середовища певного періоду).

20. Аналіз використання 3D моделей для моніторингу стану пам'ятки: визначення можливостей регулярного сканування та оновлення цифрової моделі для моніторингу стану пам'ятки (виявлення зносу, тріщин, інших змін); створення інтерактивних звітів про стан пам'ятки на основі цифрової моделі.

21. Екологічні аспекти: оцінка впливу цифрових моделей на збереження навколишнього середовища, наприклад, зниження потреби в фізичному дослідженні важкодоступних ділянок; використання екологічно чистих методів збору даних, таких як дрони з мінімальними викидами або спеціалізовані мультиспектральні сенсори для збереження пам'яток без пошкоджень.

22. Економічна ефективність: аналіз економічної доцільності створення 3D-моделей архітектурних пам'яток: оцінка співвідношення витрат і користі від використання цифрових моделей; отримання базової інформації для створення абсолютно актуальних проектів реставрації будівлі; визначення можливих джерел фінансування або комерційного використання моделі (наприклад, у туристичному секторі чи для архітектурних бюро).

23. Стійкість до зовнішніх факторів: оцінка стійкості цифрових моделей до впливу часу, зміни стандартів або нових технологій зберігання; визначення механізмів довгострокового збереження цифрових моделей із врахуванням розвитку інформаційних технологій.

24. Глобальна інтеграція та співпраця: оцінка можливостей інтеграції цифрових моделей у глобальні платформи збереження культурної спадщини (наприклад, міжнародні ініціативи ЮНЕСКО або інші репозиторії); забезпечення можливості міжнародної співпраці для вдосконалення моделей, доступу до даних і обміну знаннями.

Ці вимоги забезпечують всебічний і якісний аналіз цифрових моделей архітектурних пам'яток з урахуванням технічних, наукових та культурних аспектів.

Проведена оцінка можливості автоматизації об’єднання цифрових даних, отриманих паралельно технологіями лазерного сканування, фотограмметрії та маркування колористики, для створення єдиної комплексної цифрової моделі архітектурної пам’ятки заданої якості.

Проведено кваліметричне обґрунтування вимог до параметрів компонентів контенту та принципів взаємодії між ними.

Досягнута якість створеної моделі може прийматися за кваліметричний еталон для нормування та масштабування виконання подібних робіт (рис.3, 4).

З використанням наземного лазерного сканера Faro Focus 3D, виконані сканування, зареєстровані за допомогою геодезичної мережі. Кінцева хмара точок охоплює внутрішній та зовнішній об’єм дзвіниці і складається з кількох мільярдів точок. Точність сканування +/- 2мм.

Базове фотограмметричне сканування [6-8] зовнішньої поверхні дзвіниці виконано з використанням дрона DJI Phantom 3 Pro зі стандартним режимом GPS прив’язки. Фотографічна зйомка виконана в форматі RAW з наступною конвертацією кольоровідтвореня на базі стандартних мішеней компанії X-Rite. Використано 1202 каліброваних фотознімків, 1 015 669 сполучних точок. Точність вершин моделі +/- 3см. Точність деталізації текстур до 50 texels/см².

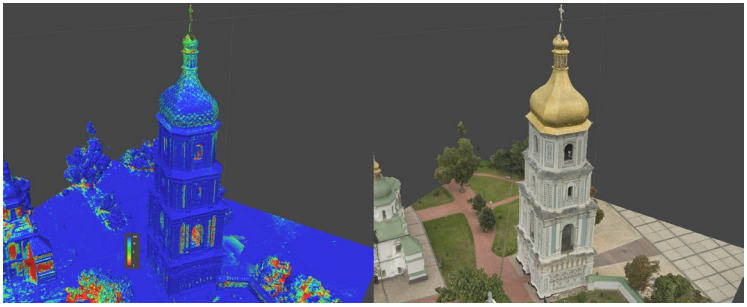


Рис. 3. Загальне зображення достовірності вершин та текстурованої 3D моделі



Рис. 4. Зображення достовірності вершин та деталізації 3D моделі

Висновки

Існуючі на сьогодні методології створення цифрових моделей архітектурних пам'яток не відповідають їх актуальним потребам.

Великий обсяг даних цифрових моделей вимагає покращення інтерфейсів для їх створення та доступу, а також автоматизації процесів.

Найбільш перспективним напрямком розвитку є використання сучасних дронів з фотограмметричним обладнанням високої роздільної здатності та системою 3D лазерного сканування та позиціонування.

Створення репозиторію цифрових моделей архітектурних пам'яток України потребує узгодження нормативної бази з сучасними світовими стандартами зберігання, доступу та обміну даними, а також забезпечення їхньої безпеки та довгострокового збереження.

Уніфікація кваліметрії дасть змогу масштабування технології та нормування ресурсів створення цифрових моделей різного рівня, в тому рахунку і віртуальних інтерактивних турів для освітніх програм, туризму та популяризації культурної спадщини України.

Список літератури

1. UNESCO. Charter on the Preservation of Digital Heritage. URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000179529.
2. Principles for the Recording of Monuments, Groups of Building and Sites as Adopted by ICOMOS General Assembly, Sofia, Bulgaria, October 1996. URL: https://www.icomos.org.tr/Dosyalar/ICOMOSTR_en005776200158738018 2.pdf.
3. ISO/TC 211. URL: https://www.iso.org/committee/54904.html
4. ISO 19157:2013. URL: https://standards.iso.org/iso/19157/
5. ISO 16739-1:2018 (IFC), URL: https://standards.iso.org/iso/16739/
6. Bill Triggs, Philip McLauchlan, Richard Hartley, Andrew Fitzgibbon Peter Axelsson. Dem generation from laser scanner data using adaptive tin models. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B4. Amsterdam 2000. URL: http://surl.li/ywjjfm.
7. C. Becker, N. Hani, E. Rosinskaya, E. d'Angelo, C. Strecha. Classification of Aerial Photogrammetric 3D Point Clouds. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Volume 84, Number 5, May 2018, pp. 287-295(9). DOI: https://doi.org/10.14358/PERS.84.5.287. URL: https://arxiv.org/pdf/1705.08374.pdf.
8. Silvano Galliani, Katrin Lasinger, Konrad Schindler. Massively Parallel Multiview Stereopsis by Surface Normal Diffusion. Photogrammetry and Remote Sensing, ETH Zurich. DOI: https://doi.org/10.1109/ICCV.2015.106. https://prs.igp.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/igp/photogrammetry-remote-sensing-dam/documents/pdf/galliani-lasinger-iccv15.pdf.

УДК 004.738.5:655.41(045)

В.О. Тхоров,
О.А. Бобарчук, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Способи оцінки ефективності електронних навчальних посібників у контексті сучасних освітніх тенденцій

У роботі досліджуються методи та інструменти оцінювання ефективності електронних навчальних посібників у сучасному освітньому контексті. Зокрема, розглядаються моделі Kirkpatrick, SCORM та ADDIE, які забезпечують комплексний підхід до аналізу навчальних матеріалів. Основна увага приділяється інтерактивним можливостям та адаптивності посібників, що сприяють підвищенню якості навчання та рівню мотивації здобувачів освіти.

Вступ. Електронні навчальні посібники стають невід'ємною частиною сучасного освітнього процесу [4]. Важливим аспектом їхнього впровадження є оцінка ефективності, що дозволяє визначити вплив на якість навчання та мотивацію здобувачів освіти. Подібний аналіз допомагає виявити сильні та слабкі сторони видання, сприяючи його вдосконаленню та адаптації до сучасних освітніх вимог. Подібна робота потребує використання різноманітних методів та інструментів оцінювання.

Результати. Навчальний посібник є специфічним видом видання, основна мета якого полягає в систематизації та поданні інформації в такий спосіб, який сприяє щонайбільш ефективному засвоєнню знань. Відмінність навчальних посібників від підручників полягає у тому, що посібники часто мають більш вузькоспеціалізований характер і можуть використовуватися як додатковий матеріал. Вони часто містять приклади, завдання для самостійної роботи, рекомендації та інші елементи, які сприяють глибшому розумінню теми.

Оцінка ефективності навчальних матеріалів є важливим етапом у забезпеченні якості освітнього процесу. Вона дозволяє визначити, наскільки добре посібник відповідає поставленим навчальним цілям, як ефективно він сприяє засвоєнню знань та навичок, а також як він впливає на мотивацію та залученість здобувачів освіти. У випадку незадовільного результату, проведена оцінка підсвічує конкретні проблемні місця, які в подальшому можуть бути допрацьовані.

Одним із ключових методів оцінки є модель Kirkpatrick, розроблена Дональдом Кіркпатріком у 1950-х роках, яка складається з чотирьох рівнів: реакція, навчання, поведінка та результати. Ця модель дозволяє здійснити комплексний аналіз впливу навчальних матеріалів на користувачів. Перший рівень оцінює задоволеність користувачів матеріалом, другий – засвоєння знань, третій – зміну поведінки, четвертий – кінцеві результати впливу вивченого матеріалу на користувача [3].

Однак, у той момент, як модель Кірпатріка акцентує свою увагу лише на оцінці впливу, і може бути застосована до будь-якого навчального видання, поза увагою залишаються інші аспекти.

Посібник в електронному форматі надає йому низку переваг у порівнянні з традиційними друкованими виданнями [2]. Проте цей багатий функціонал робить його відмінним від друкованого посібника, що зумовлює наявність власних вимог та особливих критеріїв оцінки. Наприклад, інтерактивність потребує оцінки зручності використання та якості мультимедійного контенту, тоді як адаптивність вимагає аналізу відповідності навчальним цілям та потребам здобувачів освіти. Тому виникає необхідність у використанні різних методів та стандартів оцінки саме електронних навчальних посібників [5].

Одним з таких інструментів оцінки є SCORM (Sharable Content Object Reference Model), який забезпечує стандартизацію створення, організації та оцінки електронних навчальних матеріалів. Стандарт SCORM має на меті забезпечити сумісність навчальних матеріалів з різними системами управління навчанням (LMS – Learning Management System) та інтерактивними тренінговими системами, що сприяє їх універсальності та ефективності.

Іншою цікавою моделлю є ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) [1] – одна з найпоширеніших моделей у галузі інструкційного дизайну та розробки навчальних матеріалів. Вона була створена у 1970-х роках і використовується у різних освітніх та тренінгових контекстах для забезпечення систематичного підходу до розробки ефективних навчальних програм. Цікавим є те, що остання із характеристик моделі у абревіатурі, оцінка, здійснюється на всіх етапах моделі ADDIE. Вона включає формативну оцінку для виявлення та усунення проблем під час розробки, а також сумативну оцінку для визначення загальної ефективності посібника.

Першим і фундаментальним етапом моделі є етап аналізу, під час якого визначаються навчальні потреби, цілі, аудиторія та умови, у яких буде використовуватися посібник. Це включає збір даних про знання, навички та вміння учнів, а також аналіз ресурсів та обмежень.

Наступним є етап дизайну, який передбачає розробку структури та змісту навчального посібника на основі проведеного раніше аналізу. Визначаються методи, стратегії та інструменти навчання, розробляються навчальні завдання та інтерактивні елементи, що забезпечать досягнення поставлених цілей. Важливість взаємозв'язку між аналізом та дизайном є, можливо, очевидною, але часом може бути забута у процесі розробки, а тому під час прийняття того чи іншого рішення в першу чергу необхідно переконатися, що це рішення є необхідним для виконання цілей проєкту.

Відсутність оцінки в балах у всіх вище розглянутих методах є важливою, оскільки дозволяє уникнути спрощеного підходу до оцінювання, зосереджуючи увагу на глибокому розумінні ефективності та впливу навчальних матеріалів. Це сприяє більш об'єктивному аналізу із врахуванням різних аспектів та контекстів навчального процесу.

Тим не менш, наявність оцінки в балах може бути корисною, особливо в контексті опитування користувачів, оскільки вона надає конкретні кількісні дані, які можна легко аналізувати та порівнювати.

На основі розглянутих способів оцінки, було створено власний метод, що являю собою комбінацію моделей Kirkpatrick та ADDIE, а також методу SCORM, де було додано систему оцінювання в балах. На рисунку 1 у вигляді діаграми Венна показано взаємозв'язок методів, і які з їхніх аспектів було використано.

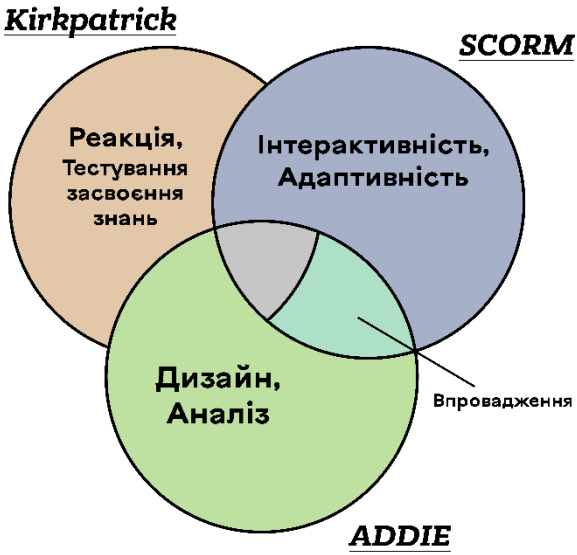


Рисунок 1. Спосіб поєднання моделей Kirkpatrick, ADDIE та методу SCORM для формування комбінованої моделі оцінки

Сумісність навчальних матеріалів, яка є важливою складовою SCORM, можна віднести до процесу впровадження видання, яке оцінюється моделлю ADDIE. У кінцевому результаті було сформовано метод оцінки, основою якого є чотири критерії, які в свою чергу складаються з додаткових уточнюючих запитань і показників:

1. Відповідність навчальним цілям **(20 балів)** – відповідь на ряд запитань:
   a. Чи розкриваються всі аспекти заявлених навчальних цілей у вмісті посібника?
   b. Чи побудована структура посібника таким чином, щоб поступово підводити користувача до досягнення навчальних цілей? Чи передбачені проміжні етапи, які полегшують засвоєння матеріалу?
   c. Чи кожен розділ або модуль посібника спрямований на досягнення певних навчальних цілей? Чи є зв'язок між змістом кожного конкретного розділу із загальними цілями курсу?

d. Чи використовуються правильні методи та підходи для досягнення навчальних цілей?

2. Анкета задоволеності **(30 балів)** – оцінка посібника користувачем за рядом показників, які потім складають середній бал:
   a. зручність та якість дизайну;
   b. зрозумілість навчального матеріалу;
   c. актуальність вмісту;
   d. відчуття залученості.
3. Тестування знань **(30 балів)** – відповідь користувача на ряд запитань, які мають на меті перевірку засвоєння викладених у посібнику знань.
4. Доступність посібника та його суміжність з іншими застосунками в межах інтерактивної системи **(20 балів)**:
   a. Чи доступний посібник на різних пристроях та платформах?
   b. Чи доступний посібник для осіб з різними потребами?
   c. Чи забезпечується доступ до посібника в режимі офлайн?
   d. Чи наявна підтримка кількох мов для користувачів з різних країн?
   e. Чи підтримує посібник інтерактивну взаємодію з іншими навчальними застосунками?
   f. Чи забезпечується синхронізація даних між посібником та іншими застосунками?
   g. Чи можливе розширення функціональності посібника через інтеграцію з іншими застосунками?

Анкетування задоволеності та тестування знань користувачів можна провести на платформі Google Forms, тоді як оцінка відповідності навчальним цілям, його доступності та суміжності – проводиться самим розробником шляхом чесної та аргументованої відповіді на запитання та самооцінки.

Практичність такого підходу полягає у його здатності забезпечити всебічну оцінку, яка враховує не лише кінцевий результат навчання, а й інші важливі фактори, що впливають на загальну ефективність посібника. Визначення балів за кожним параметром дозволяє чітко виміряти та порівняти різні аспекти посібника, що сприяє більшій об'єктивності оцінки.

Висновок

У висновку можна зазначити, що оцінка ефективності електронних навчальних посібників є критично важливою для підвищення якості навчального процесу. Використання комбінації моделей Kirkpatrick, SCORM та ADDIE дозволяє здійснити комплексний аналіз навчальних матеріалів, визначити їхні сильні та слабкі сторони та забезпечити відповідність сучасним освітнім вимогам. Інтерактивні можливості та адаптивність посібників значно підвищують мотивацію та залученість здобувачів освіти. Удосконалення методів оцінки сприяє постійному поліпшенню навчальних матеріалів, що, в свою чергу, веде до більш ефективного та якісного навчання в умовах швидкого розвитку технологій.

Список літератури

1. Branch R. M. Instructional Design: The ADDIE Approach. Boston, MA : Springer US, 2009. URL: https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6 (дата звернення: 30.08.2024).

2. Exploring the Use of Digital Technologies from the Perspective of Diverse Learners in Online Learning Environments / A. Kumi-Yeboah та ін. *Online Learning*. 2020. Т. 24, № 4. URL: https://doi.org/10.24059/olj.v24i4.2323 (дата звернення: 29.08.2024).

3. Falletta S. Evaluating Training Programs: The Four Levels Donald L. Kirkpatrick, Berrett-Koehler Publishers, San Francisco, CA, 1996, 229 pp. *The American Journal of Evaluation*. 1998. Т. 19, № 2. P. 259–261. URL: https://doi.org/10.1016/s1098-2140(99)80206-9 (дата звернення: 30.08.2024).

4. Fincham D. Introducing Online Learning in Higher Education: An Evaluation. *Creative Education*. 2013. Т. 04, № 09. P. 540–548. URL: https://doi.org/10.4236/ce.2013.49079 (дата звернення: 29.08.2024).

5. Reiser R., Dempsey J. V. Trends and Issues in Instructional Design and Technology. Prentice Hall, 2001. 415 p.

UDC 355.244.1:004.032.6(043.2)

O.P. Muzyka, O.A. Bobarchuk, PhD,
(National Aviation University, Ukraine)

Use of multimedia elements in military agitation

This study examines the critical role of multimedia elements in modern military agitation, particularly during the war in Ukraine. It explores the use of digital technologies, interactive content, and game-based platforms in shaping public opinion, boosting morale, and mobilizing populations. The findings underscore the increasing importance of multimedia for achieving military objectives.

This research is highly relevant due to the urgent need to develop effective strategies for military agitation during a full-scale war in Ukraine. In such circumstances, multimedia elements play a crucial role in shaping public opinion and mobilizing the population.

In modern worldwide military conflicts, multimedia elements in military agitation are vital, as they directly influence communication effectiveness and audience engagement. The increasing use of personalized content, interactive technologies, and performance analysis helps boost the impact of military propaganda, making it a more powerful tool for mobilizing society.

Even traditional propaganda leaflets, dropped on enemy positions via bombs or shells, have evolved. A hundred years ago, during World War I or II, these leaflets aimed primarily to demoralize the enemy. Today, thanks to modern technology, they can include phone numbers that allow immediate contact with the relevant services, bypassing the need to wait for psychological effects to take hold. QR codes can also be added for instant access to additional information [1].

In terms of propaganda targeted at educating or reminding children and teenagers, both in Ukraine and globally, game-based agitation has proven effective. A notable example is the UNITED24 project, created in collaboration with French developer Endorah. They recreated the famous salt mines of Soledar in Minecraft, naming the project "Minesalt" (Fig.1). Soledar, a town in the Donetsk region, is home to Europe's largest salt deposits.

A) 

B) 

Fig. 1. The actual image (A) and its virtual reproduction (B).

By replicating these mines in the "Minesalt" game, players learn about their history and are reminded of Ukraine's ongoing fight for freedom. Players are challenged to navigate the mines and collect all the salt crystals as quickly as possible [4].

Another critical function of wartime agitation is its ability to reduce social stress, boost army morale, and increase productivity in the rear. During World War II, governments used posters, radio broadcasts, magazine articles, and films to inspire citizens. In today's world, we can add a critical new multimedia element to this list — real-time videos from the battlefield, often created by soldiers on the front lines themselves [2-3]. In particular, videos featuring FPV drones (first-person view drones) have garnered significant attention (Fig.2).



Fig. 2. Ukrainian strike FPV drone KH-S7. September 2023. Photo: ArmyInform

These drones, controlled using a first-person view, have redefined how footage is captured and delivered to audiences [2].

Table 1 presents the multimedia elements used in military propaganda, illustrating their various applications, target audiences, and specific purposes in modern warfare.

Table 1

Multimedia elements used in military propaganda

Type of Multimedia Element	Target Audience	Purpose	Purpose
Traditional Leaflets with Technological Enhancements	Enemy population, enemy soldiers	Demoralization of the enemy, providing access to informational resources	Leaflets with phone numbers for contact or QR codes [1]
Interactive and Game-Based Platforms	Children, adolescents, young adults	Education, patriotic engagement, promoting military awareness	The "Minesalt" project in Minecraft [2]
Real-Time Battlefield Videos	Civilian population, military personnel	Reducing social stress, boosting morale	Videos recorded by soldiers on the front lines [3-4]
FPV Drones	Civilian population, military personnel	Providing realistic and engaging visuals to captivate the audience	FPV combat footage captured via drones [2]

Conclusion

In today's aggressive climate, multimedia elements in military agitation have become more significant than ever. Social media, video materials, and game-based propaganda are now essential tools for effective communication and public mobilization. These methods highlight military propaganda's constant development and adaptation to modern technological capabilities. Incorporating advanced software and multimedia into military agitation is essential to achieving military objectives and ensuring national security.

References

1. Куцька, О. М., Марченко, Я. В. Проукраїнські листівки-пропагандистські матеріали на тимчасово окупованих територіях України

Російською Федерацією (2014–2022) // Військово-науковий вісник. 2022. № 38. С. 206-232.

2. FPV дрони: зброя, що змінила сучасну війну [Електронний ресурс]. URL: https://mil.in.ua/uk/articles/fpv-drony-zbroya-shho-zminyla-suchasnu-vijnu (дата звернення: 16.09.2024).

3. Пропаганда Німеччини та СРСР під час Другої світової війни [Електронний ресурс]. URL: https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=183860 (дата звернення: 16.09.2024).

4. Play Minecraft. Rebuild in real life [Електронний ресурс]. URL: https://u24.gov.ua/uk/minesalt (дата звернення: 16.09.2024).

5. Психологічні техніки, які допомогли перемогти у Другій світовій війні [Електронний ресурс]. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/vert-cul-39845515 (дата звернення: 16.09.2024).

УДК 656.7:519.8

А.О. Лямзін, д.т.н., доцент, К.М. Разумова, д.е.н., професор,
В.В. Клименко, к.е.н., доцент,
(Національний авіаційний університет)
О.Р. Єрошенко
(Український мовно-інформаційний фонд НАН України)

Концептуальні основи інжиніринг безпеки системи авіаційних перевезень

В роботі розглянуто основи формування концепції інжинірингу у сфері авіаційних перевезень за для забезпечення їх ефективності та безпеки в Україні.

Реалізуючи принципи філософії Kaizen як наукового базису інжинірингу, запропоновано до реалізації механізм визначення ступеня ризиків в системі авіаційних перевезень, що дозволить надавати якісну оцінку, впроваджуємих заходів за для забезпечення необхідного рівня їх безпеки. Визначено складові основної групи чинників, які формують рівень ризику (чинник оператор повітряного судна, чинник навколишнє середовище, чинник конструкційної особливості повітряного судна, чинник технологічні процеси на авіаційному транспорті і т.п.) виникнення позаштатної ситуації під час авіаційних перевезень. Запропоновано формалізований підхід до формування концепції інжинірингу складових системи «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище», що дозволить розширити можливості оцінки ризиків та аналізу ступеня впливу чинника оператора повітряного судна на виникнення позаштатної ситуації на основі методів математичного моделювання.

Вплив чинника оператора повітряного судна [1] на позаштатні ситуації в системі авіаційних перевезень слід аналізувати з позиції наявних недоліків діджіталізаціних процесів та наявних помилок, сформованих зовнішніми і внутрішніми подіями, а саме: обмеженість ресурсів підтримки і прийняття рішень; психофізіологічний стан оператора повітряного судна.

Значний досвід врахування впливу чинника оператора повітряного судна на процес авіаційних перевезень дозволяє сформувати концепцію управління ресурсами оперативно-управлінського персоналу, який має свій унікальний спектр функціональних завдань в системі авіаційних перевезень, та які не мають можливості бути каскадованими іншим учасникам процесу перевезень. Сучасний стан вітчизняного парку авіаційних повітряних суден його конструкційна складність викликає необхідність дослідження чинника оператора повітряного судна, та створення концепції його управління, що дозволить забезпечити підвищення рівня безпеки організаційно-технологічного процесу авіаційних перевезень.

Удосконалення сучасних повітряних суден і технологій авіаційних перевезень, впровадження на авіаційному транспорті нових інструментів управління охороною праці та системи ефективної менеджменту безпеки руху

дозволить знизити кількість небажаних інцидентів, але при цьому роль чинника оператора повітряного судна в них залишається високою.

Основним резервом підвищення безпеки авіаційних перевезень є формування єдиного, системного підходу з обліку і управління впливом чинника оператора повітряного судна на всіх етапах системи «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище». Окрім того, потрібно розуміти, що авіаційний транспорт здійснює перевезення вантажів доволі широкої номенклатури, а по деяким видам вантажів є основним (інколи й єдино можливим) видом транспорту. Саме тому в сучасних умовах чітка скоординована та взаємопов'язана робота усіх ланок при організації авіаційних перевезень є вкрай актуальним завданням. Вирішення цього завдання дозволить значно знизити ризики небажаних подій в галузі охорони праці та безпеки руху, забезпечивши синергетичний позитивний соціально-економічний ефект.

В роботі авторами наведено концептуальні основи формалізованого підходу до формування складових системи «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище» на основі методів математичного моделювання, який дозволяє розширити можливості оцінки та аналізу впливу чинника оператора повітряного судна на ефективність та безпечність авіаційних перевезень. При цьому найбільш ефективним в цьому випадку є метод імітаційного моделювання елементів людино-машинної системи, що дозволяє враховати антропометричні, фізіологічні, психосоціальні та професійні характеристики працівників. Використання методів оцінки та аналізу професійних ризиків з використанням імітаційного моделювання дозволяє виявити найбільш значимі ризики порушення безпечних умов праці та сформувати адресні коригувальні заходи на основі методів експертних оцінок, що забезпечить зниження негативного впливу чинника оператора повітряного судна в системі авіаційних перевезень.

Проблеми розробки ефективної моделі оцінки ризиків позаштатних ситуацій підчас авіаційних перевезень досліджували ряд науковців [1,2,3]. Моделювання є ефективним інструментом щодо проведення аналізу причин помилкових дій людини.

Питання оцінки ризиків виникнення позаштатної ситуації розглядаються в усіх цих наукових працях, проте не у контексті функціонування систем «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище» (рис.1).

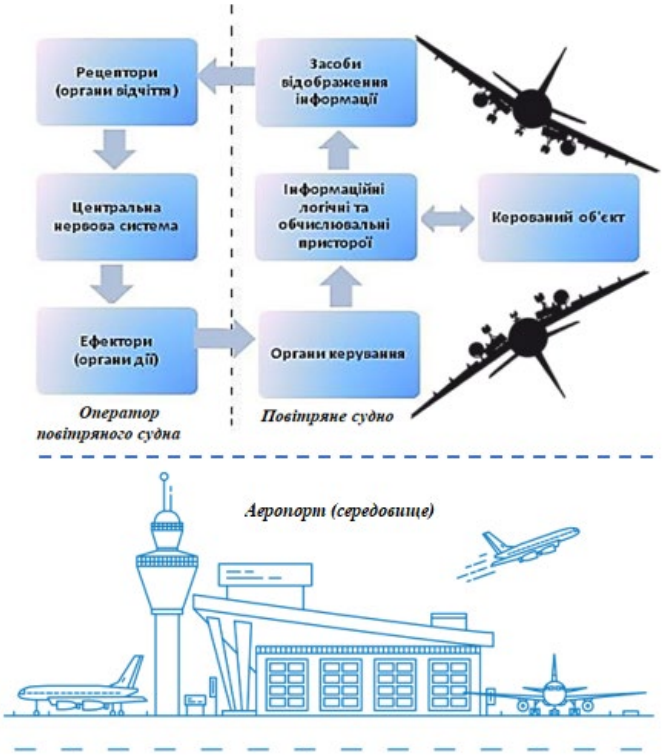


Рис.1. Схематичне відображення складових системи «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище»

Чинник оператора повітряного судна часто інтерпретують як пояснення причин катастроф і аварій, що виникають у наслідок помилкових дій людини. Помилкові дії не завжди обумовлені психофізіологічними характеристиками людини і не завжди відповідають рівню складності виконуваних функцій або завдань. Помилки, викликані чинником оператора повітряного судна, як правило, відбуваються ненавмисно, коли оператор виконує дії, розцінюючи їх відповідають протоколам при керуванні повітряним судном.

Незважаючи на значний розвиток автоматизованих систем управління, виключити повністю участь оператора повітряного судна у процесах авіаційних перевезень неможливо. Зі збільшенням складності людино-машинних систем ускладняється діяльність оператора повітряного судна. При цьому, з одного боку зростає ймовірність помилок в діяльності оператора, а з іншого – наслідки таких помилкових дій.

Як видно з рис. 1, працездатність оператора повітряних суден з однаковими функціональними обов'язками, як правило, може мати відчутні

відмінності і підпорядковуватись багатьом обмеженням. Тому важливим завданням є узгодження відповідним чином усіх компонентів моделі [1,2]:

– «оператор повітряних суден-повітряне судно»: персонал і технічні системи, включаючи обладнання або транспорт;

– «оператор повітряних суден-середовище»: персонал і умови навколишнього середовища, включаючи внутрішні та зовнішні по відношенню до впливу на систему «оператор повітряних суден-повітряне судно»;

– «оператор повітряних суден - бортпровідник»: відносини між працівниками в системі авіаційних перевезень, включаючи колег.

Модель дозволяє аналізувати участь операторів системи авіаційних перевезень у транспортних процесах в вертикальній площині взаємодії. Реформування транспортних компаній вимагає застосування новітніх підходів до вирішення завдань підвищення надійності, безпеки і економічної ефективності функціонування транспортної галузі. Вивчення європейського досвіду дозволяє реалізувати гармонізацію вітчизняної нормативної бази в цій області з європейськими підходами. Це, в першу чергу, спрямовано на скорочення вартості життєвого циклу об'єктів транспортної системи в умовах забезпечення високого рівня надійності та безпеки перевізного процесу.

Моделювання є ефективним інструментом для аналізу дій тих чи інших операторів в системі авіаційних перевезень, у даному випадку, учасників перевізного процесу. На основі імітаційного моделювання можна виявити сильні та слабкі сторони елемента «Оператор повітряного судна», як однієї зі складових системи «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище». Отримання такої оцінки є досить важливим, з точки зору аналізу дій окремої людини, як учасника перевізного процесу, оскільки саме від кваліфікації працівника, його психофізіологічних якостей в значній мірі залежать показники як ефективності, так і безпеки перевізного процесу.

Для оцінки ризиків виникнення позаштатних ситуацій, а також для перевірки функціонування системи «оператор повітряного судна - повітряне судно - середовище», необхідно використовувати підходи на основі системного аналізу. Оцінка ризику може бути виконана з різним ступенем глибини і деталізації з використанням одного або декількох методів різного рівня складності. Форма оцінки та її вихідні дані повинні бути сумісні з критеріями ризику, встановленими при визначенні сфери застосування.

Список літератури

1. Харченко В. П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В. П. Харченко, Т. Ф. Шмельова, Ю. В. Сікірда. – Кіровоград : КЛА НАУ, 2012. – 292 с.
2. Калькис В. Основные направления оценки рисков рабочей среды. Охрана труда / В. Калькис, И. Кристиньш, Ж. Роя. – Рига: SIA «Jelgavas tipografia», 2005. – 72 с.
3. Кривенко О. Б. Прогнозирование и оценка риска: учеб. пособие / О. Б. Кривенко, Г. В. Мигаль, В. В. Гайдукова. – Харьков: НАУ «ХАИ», 2003. – 44 с.

UDC 656.7

A.O. Shyshka
(National Aviation University, Ukraine)

Organization and Management of Urban Air Mobility (UAM)

A modern classification of UAM is presented, which includes the categorization of vehicles and ports. The roles and regulations for the application and use of vehicles, ports, and corridors are defined, along with the requirements and functions of operators. The potential and obstacles to the implementation of UAM are characterized.

As the population of megacities continues to grow, increasing urbanization and the transportation situation push ground transport systems to their limits. Moving urban mobility into the third dimension opens up the potential to create a faster, cleaner, safer, and more integrated transportation system. Autonomous aerial vehicles and flying cars are no longer science fiction; projects and tests are already underway around the world. Major aviation and automotive manufacturers, city authorities, and technology companies are working on innovative urban mobility solutions.

Without skilled planning and innovative smart solutions, cities risk losing their economic edge, as issues like congestion and pollution begin to outweigh the benefits of scale, leading to a decline in quality of life and loss of economic dynamism. In the European Union alone, traffic congestion currently costs approximately 100 billion euros per year, and this is expected to rise to around 300 billion euros per year by 2030. As a result, cities need effective and viable mobility solutions.

UAM has the potential to revolutionize urban transport by providing faster, more efficient, and environmentally friendly alternatives to traditional ground transportation. It could significantly reduce road congestion, improve air quality, and offer city residents seamless and convenient transportation options [1-5].

UAM is a new safe, secure, and sustainable system for air transportation of passengers and goods in an urban environment, created through new technologies and integrated into multimodal transportation systems. Transportation is carried out by electric aircraft with vertical takeoff and landing, either remotely piloted or with a pilot on board.

There are various types of UAM use cases, the most well-known of which are:

Air taxis: This program involves the use of automated drones for fast and efficient passenger transport over short distances in an urban context.

Goods delivery by automated drones: This provides faster delivery while simultaneously reducing road congestion. The delivery of medical goods (e.g., samples and medicines) is an important use case in this context.

Infrastructure inspection: Assessing the integrity of critical infrastructure can be enhanced using drones, especially in hard-to-reach places, potentially lowering operational costs.

Public safety and security: Drones can be used by emergency services, such as police and firefighters, when a rapid response is needed, and when there is a need to assess safety in hazardous situations before ground crews intervene.

Challenges for the full deployment of UAM include integrating infrastructure elements like vertical ports (vertiports) and landing pads into the city, particularly concerning urban planning, as well as air traffic management systems and infrastructure needed to ensure that drone operations are safe and reliable. Another concern is the noise generated by the aircraft, which must be kept at an acceptable level for the urban environment.

Governments worldwide have begun discussing changes to airspace regulations to accommodate the large number of autonomous or semi-autonomous aircraft operating at low altitudes. NASA and EASA have proposed concepts regarding the requirements for the Urban Air Mobility (UAM) system. NASA's concept, known as ConOps, envisions designated corridors for UAM vehicles that must follow specific protocols while in these corridors. EASA’s regulatory approach leaves decision-making to "local actors" and instead focuses on certifying the aircraft themselves to ensure their safety. They have developed special conditions for certifying the VTOL class of aircraft, which had not previously been defined.

The classification of Urban Air Mobility (UAM) includes the categorization of vehicles and ports used for air transport in urban environments. UAM focuses on developing air transportation systems designed for operation within and around urban areas, offering an alternative to ground transportation. The classification typically includes various types of vehicles (often referred to as eVTOL) and the infrastructure, such as ports, that support them.

Currently, the following classifications are distinguished:

eVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing vehicles): Multirotor eVTOLs resemble drones, using multiple rotors for lift and movement. They generally have simpler designs and are suitable for short trips.

Lift-and-cruise eVTOLs: These vehicles have separate systems for lift and forward motion, typically with rotors for lift and wings or other mechanisms for horizontal flight.

Tilt-wing/tilt-rotor eVTOLs: These designs include wings or rotors that can tilt between vertical takeoff/landing and horizontal flight modes.

Hybrid eVTOLs: These vehicles may combine electric propulsion with other types of engines (e.g., internal combustion engines) to increase range or payload capacity.

Drones:

Passenger drones: Smaller vehicles designed to carry one or more passengers, often fully autonomous.

Cargo drones: Specialized eVTOLs designed to transport goods instead of passengers.

Autonomous aerial vehicles: Fully autonomous eVTOLs equipped with advanced navigation and control systems that reduce or eliminate the need for onboard pilots.

Hybrid electric aircraft: These vehicles use a combination of electric propulsion and traditional jet or turbine engines, typically for covering longer distances or carrying heavy loads.

Piloted vehicles: Require a pilot onboard.

Unpiloted vehicles: Operated remotely or fully autonomous.

The organization of traffic service for such aerial vehicles is carried out at UAM ports (Vertiports). A Vertiport is a designated area that meets the requirements to support UAM operations for departures and arrivals. A UAM Vertiport provides information on available resources for current and future UAM operations (e.g., open/closed, availability of pads) to support UAM operators' planning and PSU's strategic conflict resolution. Information about the UAM Vertiport is accessible to operators through a federated network of services, with additional information potentially available through SDSP. UAM Vertiport information is used by UAM operators and PSU for planning UAM operations, including strategic conflict resolution and demand-capacity balancing (DCB); however, the Vertiports themselves do not provide strategic conflict resolution or DCB services.

UAM Vertiports are classified based on the types of aircraft they can support, determined by the design and operational characteristics of the facility. Vertiports and vertistops support passenger and cargo operations for aircraft operating under visual flight rules (VFR), instrument flight rules (IFR), and automated flight rules (AFR). It is expected that UAM operators will use the vertiport configuration that meets their operational needs.

Currently, the classification of Vertiports includes:

Urban Vertiports: Located in densely populated urban areas, designed to handle high traffic volumes, often with multiple takeoff and landing pads.

Suburban Vertiports: Located in less densely populated areas, serving transportation between suburbs and urban centers.

Rural Vertiports: Situated in rural areas, connecting remote regions to urban areas.

Rooftop Vertiports: Positioned on building rooftops, mainly in urban settings, to maximize space utilization.

Floating Vertiports: Located on bodies of water, ideal for cities with large water areas.

Mobile Vertiports: Temporary or movable platforms, useful for events, emergencies, or developing areas.

Vertihubs: Larger and more complex structures serving as central hubs for multiple vertiports, often including maintenance, charging, and passenger facilities.

Skyports: Specialized facilities supporting larger vehicles and potentially longer journeys, including intercity or regional travel. All vertiports require infrastructure for charging electric vehicles and performing routine maintenance.

Airspace management for UAM vehicles has a regulatory feature that distinguishes low-altitude airspace - specifically allocated for UAM vehicles, typically below traditional aviation routes - and urban air corridors, defined air routes within cities to manage traffic and minimize disruptions.

The operational classification consists of:

Short UAM flights: For trips within a single city or metropolitan area;

Intercity UAM flights: For longer trips between cities or regions;

On-demand vs scheduled services: Differentiation between services available on demand and those that adhere to a fixed schedule.

These classifications are key to developing UAM infrastructure and vehicles, ensuring safety, efficiency, and integration with existing transport systems.

For UAM management, corridors must be defined. The concept of UAM corridors ensures safe and efficient UAM operations, which in certain situations may not require traditional air traffic control (ATC) services. These corridors are available for any aircraft properly equipped to meet performance requirements and can be created/implemented where operationally advantageous. UAM corridors can help increase operational tempo by enhancing capabilities (e.g., aircraft performance), the structure of UAM corridors, and UAM procedures. In cases of high UAM traffic, UAM corridors may become a mechanism for separating and distinguishing between different regulatory frameworks—those applicable to UAM operations and those under existing (e.g., IFR, VFR) or UTM regulations.

The definition of UAM corridors is available to stakeholders for planning and operational use. ATC will be involved in implementing and enforcing UAM corridors in the airspace for which ATC is responsible. Other users of the National Airspace System (NAS) will be informed about UAM corridors through airspace familiarization related to flight planning or ATC flight plan approval or recommendations. When developing UAM corridors, the following considerations must be taken into account:

Minimal impact on existing ATS and UTM operations while maintaining fairness for all operators.

Stakeholder needs of public interest (e.g., local environment and noise levels, safety, security).

Utility for stakeholders (e.g., customer needs).

In the initial stage, UAM corridors may support point-to-point UAM operations. As UAM operations evolve, UAM corridors may be segmented and connected to create more complex and efficient networks of available routes between points (e.g., vertiports). UAM operators may conduct operations as regular flights or as on-demand services requested by individual customers or intermodal operators. UAM operators are responsible for complying with regulatory requirements and all aspects of UAM operations. The term "UAM operator" in this document refers to airspace users who choose to operate through shared management in the UAM environment.

The UAM operator receives up-to-date data from PSU (Flight Management Service Providers) and SDSP (Supplementary Data Service Providers) (e.g., environmental information, situational awareness, strategic operational demand, vertiport availability, additional data) to determine the desired UAM Operational Intent. This may include the flight location (e.g., vertiport locations), route (e.g., specific UAM corridors), entry or exit point from the UAM corridor, and estimated flight time.

UAM operators must have a confirmed UAM Operational Intent to operate within UAM corridors. UAM Operational Intent data perform the following key functions:

Inform other UAM operators about neighboring operations within the UAM corridor to enhance safety and shared awareness.
Ensure strategic conflict resolution.
Enable the identification and dissemination of known airspace constraints for the anticipated operational area.
Allow for the dissemination of spatially and temporally relevant advisories, weather information, and supplementary data.
Support shared separation management services (e.g., compliance monitoring, advisory services). The UAM operator also plans actions for non-standard events. This includes understanding alternative landing locations and airspace classes adjacent to the UAM corridor(s) for the operation. After completing the operation, the UAM operator reports to the PSU [5-8].

Conclusion

Today, UAM is not just a concept of the future but a reality that is gradually gaining momentum thanks to technological advancements and regulatory frameworks. The use of UAM enables the creation of new opportunities for efficient and rapid transportation of both passengers and goods, which is particularly relevant for densely populated urban areas. With the development of vertiports, UAM corridors, and air traffic management services, such systems ensure safety, reliability, and integration with existing transport infrastructure. Implementing UAM offers the potential to reduce congestion, decrease environmental impact, and enhance overall population mobility. UAM technology fosters the development of new business models and the creation of jobs in the fields of manufacturing, service, and transport system management.

References

1. FEV [Electronic resource] - Access mode: https://uam.fev.com/
2. WNDRVR Urban Air Mobility [Electronic resource] – Access mode: https://www.windriver.com/solutions/learning/urban-air-mobility#:~:text=Urban%20Air%20Mobility%20(UAM)%20is,towns%2C%20cities%2C%20and%20suburbs
3. Stepllflug Timo Urban Air Mobility: Mobility concepts for the (near) future TaylorWessing 14 July 2023 [Electronic resource] - Access mode: https://www.taylorwessing.com/en/insights-and-events/insights/2023/07/urban-air-mobility
4. SITA Meet the Megatrends [Electronic resource] – Access mode: https://www.sita.aero/globalassets/sites/megatrends-2024/pdf/sita-mega-trends-report-2024.pdf?v=2024
5. Urban Air Mobility (UAM) Version 2.0 Concept of Operations April 26, 2023 [Electronic resource] – Access mode: https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/Urban%20Air%20Mobility%20%28UAM%29%20Concept%20of%20Operations%202.0_1.pdf
6. Castaldo, Francesca & Sirolli, Maria Virginia & Armenia, S.. (2024). Urban Air Mobility: Organisation and Governance of a Frontier Ecosystem.

7. Urban Air Mobility and Sustainable Urban Mobility Planning – Practitioner Briefing [Electronic resource] https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/system/files/2023-11/urban_air_mobility_and_sump.pdf

8. Schweiger, Karolin & Preis, Lukas. (2022). Urban Air Mobility: Systematic Review of Scientific Publications and Regulations for Vertiport Design and Operations. Drones. 6. 179. 10.3390/drones6070179.

УДК 656.025.4

О.М. Трюхан, к.т.н., доцент,
Я.Д. Попова, О.А. Цапенко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Особливості організації мультимодальних перевезень в умовах обмеження авіаційних перевезень внаслідок бойових дій

Авіаційні вантажні перевезення відіграють ключову роль у глобальних логістичних системах, забезпечуючи швидку та ефективну доставку товарів на великі відстані. Проте цей вид транспорту стикається з численними обмеженнями, які можуть суттєво вплинути на діяльність усіх учасників ланцюга постачання. Ретельний аналіз цих аспектів допомагає краще зрозуміти виклики, з якими стикаються компанії авіатранспортного сектору, та розробити стратегії для зменшення негативного впливу цих обмежень на бізнес-процеси.

Авіаційні вантажні перевезення відіграють ключову роль у глобальних ланцюгах постачання, забезпечуючи швидку та надійну доставку товарів на великі відстані. Проте існують низка факторів, які можуть обмежувати або ускладнювати виконання цих перевезень. Серед основних обмежень – технічні несправності літаків, політичні чинники, обмеження на габарити й вагу вантажів, коливання попиту та зміни пріоритетів, а також закриття повітряного простору для цивільної авіації. Ці чинники можуть призводити до затримок, скасування рейсів та інших труднощів, що негативно впливають на ефективність вантажних авіаперевезень. Зокрема, технічні несправності літаків чи обладнання аеропортів здатні спричиняти непередбачувані збої у розкладі польотів, що потребує значних зусиль для відновлення операційної діяльності та затягує процес доставки.

Повномасштабне військове вторгнення 24 лютого 2022 року мало значний вплив на бізнес-процеси в Україні, включно з ланцюгами постачання вантажів. Уже на початку лютого 2022 року міжнародні страхові компанії через зростаючу загрозу військових дій відмовилися від страхування літаків, що виконували пасажирські та вантажні перевезення, а деякі авіакомпанії евакуювали свої повітряні судна з території України. Це суттєво обмежило можливості для вантажоперевезень. Державне підприємство "Украерорух" через високі ризики для авіаційної безпеки з 02:45 за київським часом 24 лютого 2022 року припинило надання послуг цивільним авіаперевізникам, що використовують повітряний простір України, до завершення воєнного стану.

Закриття повітряного простору України для цивільної авіації, а також значні обмеження для повітряного простору сусідніх країн і взаємне закриття повітряного простору Росії та ЄС для авіаперевізників суттєво змінили маршрути як пасажирських, так і вантажних перевезень. Частка автомобільного транспорту в логістичних ланцюгах значно зросла. Після початку війни доставка авіаційним транспортом можлива лише до сусідніх країн, таких як Польща, країни Балтії та інші. Якщо раніше авіаперевезення забезпечували швидкість і безпеку доставки, то нинішні обмеження змушують використовувати більш тривалі та складні маршрути автомобільним транспортом, що підвищує ризик затримок, залежність

від політичної ситуації, а також збільшує час митних перевірок. До того ж зростають витрати на пальне, технічне обслуговування і загрози щодо безпеки вантажів, включаючи ризики крадіжок і пошкоджень.

З огляду на зазначені фактори, управління змінами стає критично важливою компетенцією для фахівців, які займаються організацією мультимодальних вантажних перевезень. Управління змінами – це структурований підхід до адаптації індивідів, команд і організацій до переходу від поточного стану до бажаного майбутнього. Контекст управління змінами охоплює такі аспекти, як зміни в процесах, технологіях, людських ресурсах, а також у мережах постачальників.

Управління змінами в мультимодальних вантажних перевезеннях передбачає процес виявлення, планування, реалізації та оцінки змін у ланцюгах постачання для підвищення ефективності, зниження витрат і покращення загальних результатів доставки. Це вимагає узгодження ланцюга постачання з загальними цілями організації та забезпечення залучення всіх зацікавлених сторін, включаючи постачальників, партнерів та працівників, у процесі змін.

Процес управління змінами при організації мультимодальних вантажних перевезень зазвичай включає кілька ключових етапів:

1. Раннє планування. На цьому етапі визначають необхідність змін і встановлюють чіткі цілі щодо того, які результати мають бути досягнуті. Це вимагає аналізу поточного стану ланцюга постачання, створення уявлення про бажаний майбутній стан та визначення кроків для переходу від поточного стану до нового.

2. Оцінка впливу. Цей етап передбачає аналіз потенційного впливу змін на різні аспекти ланцюга постачання, включаючи персонал, процеси, технології та відносини з клієнтами. Оцінка допомагає зрозуміти масштаб змін і ресурси, необхідні для їх реалізації.

3. Управління змінами. Забезпечення структурованих підходів для впровадження змін, що зазвичай включає стратегії комунікації, навчальні програми та механізми моніторингу й оцінки прогресу.

Серед переваг управління змінами можна виділити такі ключові аспекти:

- Підвищення ефективності завдяки оптимізації процесів, що сприяє зниженню витрат та покращенню загальної результативності.

- Покращене обслуговування клієнтів завдяки вдосконаленню процесів і впровадженню нових технологій, що підвищує рівень задоволеності та лояльності клієнтів.

- Адаптація до змін: управління змінами допомагає підприємствам гнучко реагувати на нові правила та ринкові умови, зберігаючи їх конкурентоспроможність.

- Підвищення залученості працівників: залучення співробітників до процесу змін і надання їм необхідних ресурсів може покращити їх моральний дух та зменшити плинність кадрів.

- Збільшення прибутків: завдяки підвищенню ефективності та покращенню якості обслуговування компанії можуть отримати конкурентні переваги і збільшити свої прибутки.

Однак процес управління змінами також супроводжується низкою викликів:

- Опір змінам: співробітники можуть негативно сприймати зміни, якщо вони вважають їх непотрібними або відчувають загрозу своїм робочим місцям.

- Відсутність підтримки з боку керівництва: якщо керівництво не повністю підтримує зміни, їх впровадження може бути неуспішним.

- Недостатність ресурсів: управління змінами вимагає значних ресурсів, включаючи час, кошти та персонал.

- Необхідність ефективної комунікації: якщо працівникам не пояснити причину змін і їхній вплив, це може призвести до непорозумінь і опору.

- Проблеми з реалізацією: навіть найкращі плани можуть стикатися з труднощами під час впровадження, тому важливо мати запасні плани на випадок непередбачених обставин.

В сучасних умовах українські транспортно-логістичні компанії використовують аеропорти Польщі як основні хаби для авіаперевезень вантажів, після чого товари транспортуються автотранспортом в Україну. Стандартний маршрут виглядає так: аеропорт Польщі – пункт пропуску на кордоні – Україна. Оскільки міжнародна доставка залежить від партнерських угод, одним з ключових напрямків для оптимізації є розширення мережі партнерів, здатних здійснювати авіаперевезення до сусідніх країн.



Рис.1. Приклад стандартного маршруту перевезення вантажів (Аеропорт Фридерика Шопена (м.Варшава) – митний пункт Рава-Руська) [5]

Варто зазначити що зміна маршруту або способу авіаперевезень суттєво впливає на вартість доставки. В умовах невизначеності, коливань цін на паливо та авіаперевезення, а також проблем з перетином кордонів, логістичним компаніям слід зосереджувати увагу на часі та вартості доставки, щоб покращити якість послуг для клієнтів.

Список літератури

1. Шандрівська О.Є. Трансформація української транспортної вантажної системи в умовах війни - [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/237/6446/13300-1
2. Берестенко В. Як логістика адаптувалась до війни - [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.epravda.com.ua/columns/2023/07/24/702529/
3. «Логістика під час війни в Україні» - [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://glc.in.ua/uk/logistika-vo-vremya-voyny-v-ukraine/
4. «Логістика в умовах війни в Україні» - [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.mikhailenko.com.ua/24-05-2023/logistyka-v-umovah-vijny-yak-zberegty-ta-pitrymuvaty-eksportni-postavky/
5. Гугл-карта для відтворення маршрутів - [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.google.com.ua/maps/@50.4851493,30.4721233,14z?hl=ru

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

Є.С. Сагун, доктор філософії
(Льотна академія Національного авіаційного університету, Україна)

CALS- технології та інформаційна підтримка управління життєвим циклом об'єктів авіаційного транспорту

Експлуатація найсучасніших технічних систем та їх матеріально-технічне забезпечення вимагає прийняття інноваційних підходів при проектуванні, виробництві та наданні логістичних послуг для їх експлуатації. Інтегрована логістична підтримка, що забезпечується шляхом електронізації проектної та експлуатаційної документації, пов'язана зі стандартизацією та постійною модернізацією, дає дивовижні переваги.

Підхід CALS та експлуатація виробів та систем

Технології на основі CALS спочатку розроблялися тільки для інформаційної підтримки логістики. Поступовий розвиток, в основному зростання продуктивності інформаційних технологій призвело до того, що CALS перетворилися в засоби інформаційного забезпечення науково-виробничої діяльності та сучасної матеріально-технічної підтримки складних технічних систем (СТС) на всіх етапах життєвого циклу продукції, починаючи з дослідження ринку і закінчуючи його ліквідацією. На взаємозв'язок проектування складних технічних систем та їх виготовлення за допомогою інформаційних технологій, таких як автоматизоване проектування (CAD), комп'ютеризоване виробництво (CAM), впливають швидкі зміни в модернізації. Основоположним моментом в управлінні СТС є управління логістикою, що спрямована на всі фази життєвого циклу придбання. Комплексні зусилля охоплюються поняттям інтегрованої матеріально-технічної підтримки integrated logistical support (ILS) і постійно визначають, проектують, модернізують і забезпечують всебічну підтримку готовності СТС протягом усього її життєвого циклу[2]. Основоположним для будь-якої практики інженерного проектування є розуміння циклу, який продукт проходить протягом свого життя. Життєвий цикл починається в той момент, коли народжується ідея нової системи, і закінчується, коли система благополучно утилізується. Іншими словами, життєвий цикл починається з початкового виявлення потреб і вимог і тягнеться через планування, дослідження, проектування, виробництво, оцінку, експлуатацію, технічне обслуговування, підтримку і її кінцевий результат. (рис.1.)

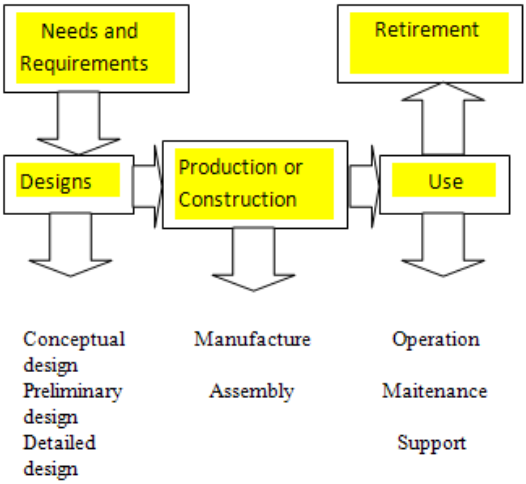


Рис. 1. Життєвий цикл системи

Отже, перший процес - це сукупність виконуваних завдань для виявлення потреб і вимог до нової системи і перетворення їх в її технічно значуще визначення.

Основною причиною необхідності нової системи може бути нова функція, яку потрібно виконувати, або недолік існуючої системи.

Недоліки можуть бути у вигляді:

- Функціональні недоліки,
- Недостатня продуктивність,
- Неадекватні атрибути,
- Низька надійність,
- Високі витрати на обслуговування та підтримку,
- Низькі показники продажів і, отже, низький прибуток.

Першим кроком на етапі концептуального проектування є аналіз функціональної потреби або недоліку і перетворення її в більш конкретний набір якісних і кількісних вимог. Цей аналіз потім приведе до альтернатив концептуального проектування системи.

Вихід з цього етапу подається на стадію ескізного проектування. Етап концептуального проектування є найкращим часом для врахування міркувань надійності та ремонтопридатності[1].

Основне завдання :

- на етапі попереднього проектування проводиться функціональний аналіз системи як функцій експлуатації, функцій обслуговування, розподіл факторів продуктивності та ефективності, а також розподіл вимог до підтримки системи,
- на етапі робочого проектування проводиться

-Розробка дизайну системи/продукту,

- Розробка прототипу системи,
-Тестування та оцінка прототипу системи.

Дизайн є найважливішим і відповідальним етапом життєвого циклу продукту. Надійність, ремонтопридатність і ремонтопридатність залежать від конструкції і є основними факторами експлуатаційної доступності та вартості. Саме на цьому етапі можна провести демонстрацію безпеки, надійності та ремонтопридатності, а також прийняти рішення про план технічного обслуговування та підтримки.

CALS має на меті принести революційні зміни у сферах збору, архівації та передачі цифрових даних, а також уніфікації інформаційних та тестових технологій. Автоматизоване проектування та виробництво дозволяє замінити креслення та копії шляхом моделювання даних нового продукту, що буде виготовлено, у формі інтегрованої бази даних, що дозволяє проектувати та планувати як виробництво, так і логістичну підтримку в режимі реального часу, залучаючи виробничі бригади, подальших підрядників та субпідрядників. Таким чином, існує інтегрована продуктова команда – IPT integrated Product Team. Такий підхід отримав назву Concurrent Engineering – CE.

На практиці CALS передбачає організацію єдиного інформаційного простору, що підтримується автоматизованими системами, призначеними для забезпечення ефективного вирішення інженерних завдань і планування ресурсів компанії, а також планування виробництва, дистанційного підходу до інформації та он-лайн рішень відносин постачальник-замовник, розробки прогнозів і завдань прогнозування. Спільна інтегрована база даних має єдині та стандартні правила створення, завантаження, оновлення, пошуку та передачі інформації.

Логістична підтримка виробництва та експлуатації

Впровадження ліцензії CAL для виробництва та логістики мало ключове значення завдяки її єдиним та інтегрованим базам даних, які однаково підходять для постачальника, проектувальника, технічних посібників, тренерів та спеціалістів з логістики. Наявність різних баз даних, розроблених і підтримуваних з боку постачальника і замовника, викликає потребу в стандартизації та співпраці. Тоді обидві частини логістики, придбання та обслуговування зливаються в єдину інтегровану логістику, яка починається ще до дослідження і закінчується зняттям об'єкта з експлуатації

Більшість етапів життєвого циклу, починаючи з вибору постачальників сировини та комплектуючих, закінчуючи продажем продукту, вимагає логістичної підтримки, тобто контролю ланцюга постачальників для збільшення доданої вартості продукту, зниження попиту на матеріали та скорочення часу очікування готового продукту. Частіше використовується підхід «Роби або Купуй», особливо при обмежених виробничих потужностях, або перевагах в комплектації стандартних деталей. Більшість фірм розробляють спеціалізовані програмні та апаратні засоби, наприклад – е торгівля, а також надають або використовують спільне інформаційне сховище, забезпечують роботу по створенню, виготовленню або поставці продукції на замовлення [3].

Проектування та виготовлення КТС безпосередньо із заново визначеними параметрами та специфікаціями, при використанні технології CALS, дозволяє мінімізувати час на вартість одного замовлення. [2,3].

Координація діяльності всіх компаній-партнерів, що використовують Інтернет та електронну комерцію, /електронний обмін даними/, дозволяє багаторазово використовувати ідентичну проектну документацію в спільних проектах, підхід, який істотно скорочує час на розробку нового продукту, знижує витрати на весь дизайн і цикл виробництва, а також спрощує функціонування систем (рис.2)

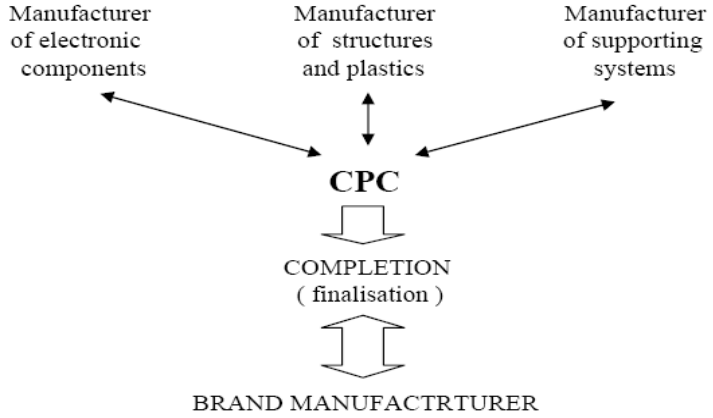


Рис. 2. Віртуальна компанія та та взаємодія з субпідрядниками

Сучасна логістична система, заснована на баченні CALS, буде системою, яка постійно модернізується і стандартизується. Стандарти повинні застосовуватися в усіх компаніях-учасницях, що займаються дослідженнями, розробкою та виробництвом СТС, на основі міжнародно прийнятих документів про інтегровану матеріально-технічну підтримку. Синергетичний ефект від впровадження CALS є надзвичайним, і деякі джерела заявляють:

- 30 - 40% прискорення в реалізації повторного пошуку і розробки,
- До 30% скорочення витрат на закупівлю нових СТС,
- До 20% скорочує час на закупівлю та доставку запасних частин, [1, 4].

З огляду на виробництво, істотне підвищення якості продукції, скорочення на 50% часу на розробку і підготовку продукції, підвищення продуктивності праці на 75%, економія при управлінні запасами на 60%, збільшення повернення інвестицій на 70% і аж на 50% скорочення послуг і запасів [5,6]. Науково-дослідні центри технології CALS – "Прикладна логістика" знаходяться в економічно розвинених країнах (США, Франція, Німеччина, Великобританія) інтенсивно займаються дослідженнями та впровадженням програмних рішень для високотехнологічних продуктів та їх освітньою підтримкою. Надання логістичних послуг для впровадження рішень обумовлено

спільним підходом компаній-учасниць до створення інтегрованих інформаційних продуктів та сучасних технологічних підходів.

Інтегрована логістична підтримка (ILP) забезпечується комплексом технологій, орієнтованих на поліпшення експлуатаційних і технічних характеристик продукції, а також на скорочення витрат протягом життєвого циклу.

Ключовим компонентом технології моніторингу технічного стану є створення і підтримка електронної форми для повітряних суден, автоматизована обробка даних, використання RFID-компонентів і т.д., що в довгостроковій перспективі забезпечує відмінну надійність виробництва повітряних суден і безпеку пасажирів.

Системний підхід при розробці інтегрованих інформаційних систем для підтримки високотехнологічних продуктів і СТС протягом усього їх життєвого циклу зумовлює необхідність постійного вдосконалення концепцій, поглибленого вивчення та розвитку технологій CALS. Знання продуктів найвищого рівня та процедур CALS дозволяє здійснювати високошвидкісну конфігурацію СТС, інтегровану логістичну підтримку та її аналіз на всіх етапах життєвого циклу продукту, реінжиніринг процесів компанії в дослідженнях, виробництві та експлуатації високотехнологічних продуктів. Система адміністрування даних PDM відіграє вирішальну роль в інтегрованому середовищі формування та забезпечує, витягує раціонально структуровані дані для проектування, технології, виробництва та експлуатації продукції, а також виконання сучасної логістичної підтримки складних технічних систем.

Список літератури

1. Kumar U., Crocker J., Knezevic J., El-Haram M. Reliability, Maintenance and Logistic Support – A Life Cycle Approach. Kluwer Academic Publishers, − Massachusetts 02061 USA. − 2010.
2. Madarazc,L.,Bucko,M.,Andoga,R.: Integračnéas-pekty tvorby a prevádzky systémov CIM, TUKE FEI Košice, Elfa s.r.o. 2. – 2011.
3. Malindzak D. Výrobná logistika I., Košice, Vydavateľstvo Štrofek Košice, 2.edic. – 2019.
4. Kyselova K., Cehlar M. Economic characterization of raw material extration technological processes by com-puter. Košice. Acta Mettallurgica Slovaca, Roč. 9, − 2009. S. −55-62, ISSN 1335-1532.
5. Petruf M. Moderná logistická podpora výskumu ,vývoja a prevádzky zložitých technických systémov. 6s. AOS LM 2011, 17. medzinárodná vedecká konferencia. −VTPS. – 2011. ISBN: 978-80-8040-431-4.

УДК 629.735.34:681.518.

С.В. Тихоненко
(Національний авіаційний університет, Україна)

Сервісна роботизація аеропортів: новий вимір ефективності

У даній роботі розглянуто інтеграцію роботів у різні сфери аеропортової діяльності, наведено аналіз основних напрямків сервісної роботизації в аеропортах та світових лідерів у даній галузі виробництва.

Сервісна роботизація аеропортів – це процес інтеграції роботів у різні сфери діяльності аеропорту, включаючи обслуговування пасажирів, наземне обслуговування літаків та логістичні операції. Це дозволяє автоматизувати рутинні завдання, підвищити ефективність роботи аеропорту та забезпечити більш високий рівень сервісу для пасажирів.

За прогнозами аналітичної компанії Market Research Future (MRFR) світовий ринок роботів для аеропортових терміналів значно зросте в період з 2021 по 2027 рік при середньорічних темпах зростання в 16,8%

Основний текст

Світ робототехніки швидко розвивається, і аеропорти стають одним з основних місць їх застосування. Різноманітність моделей роботів, які використовуються в аеропортах, постійно зростає, але деякі типи вже стали досить поширеними. Основні сфери використання сервісних роботів при реалізації технологічних процесів в аеропортах представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні типи роботів для аеропортів

	Функції	Особливості	Приклади моделей
роботи-кур'єри	Доставка багажу, їжі, напоїв, медикаментів та інших предметів по території аеропорту.	Автономний рух, здатність оминати перешкоди, інтегровані системи навігації.	Savioke Relay, LG CLOi.
роботи-прибиральник	Прибирання підлоги, збір сміття, дезінфекція поверхонь.	Велика ємність для сміття, різноманітні насадки для прибирання, автономне повернення на зарядку.	SoftBank Whiz, BrainOS

роботи охоронці	Патрулювання території аеропорту, виявлення підозрілих осіб та предметів, відеоспостереження	Камери високої роздільної здатності, датчики руху, інтеграція з системами безпеки.	Knightscope K5, Boston Dynamics Spot.
роботи-інформатори	Надання інформації пасажирам про рейси, послуги аеропорту, орієнтація на місцевості	Сенсорний екран, голосове управління, багатомовний інтерфейс.	LG CLOi, SoftBank Pepper
роботи для обробки багажу	Сортування, транспортування та завантаження багажу	Велика вантажопідйомність, точне позиціонування, інтеграція з системами обробки багажу	Різні моделі від компаній, що спеціалізуються на аеропортовому обладнанні

Авторська розробка

Роботи стають все більш автономними і здатними приймати самостійні рішення, вони оснащуються новими датчиками та інструментами, що дозволяє їм виконувати більш складні завдання. Штучний інтелект дозволяє роботам навчатися на досвіді та адаптуватися до змінних умов.

США, Китай та Японія є лідерами у впровадженні робототехнічних рішень в аеропортах. Кожна країна має свої особливості та пріоритети, що відображаються у типах роботів, які використовуються.

Американські аеропорти, такі як: Міжнародний аеропорт Сан-Франциско, Даллас-Форт-Ворт, Лос-Анджелес, використовують роботів прибиральників, охоронців, інформаторів та кур'єрів.

Китайські аеропорти які роблять ставку на автоматизацію та інтелектуальні технології - Міжнародний аеропорт Пекін, Шанхай Пудун, Гуанчжоу Байюнь у своїй роботі використовують роботів для реєстрації, митного контролю, гідів.

Японські аеропорти відомі своїми інноваційними технологіями та високим рівнем автоматизації - Міжнародний аеропорт Токіо Нарита, Кансай, використовують роботів для обслуговування багажу, технічного обслуговування, роботів-інспекторів.

Використання роботів в аеропортах США, Китаю та Японії демонструє, як технології можуть підвищити ефективність, безпеку та комфортність авіаперельотів. Хоча кожна країна має свої особливості, загальна тенденція полягає в тому, що роботи стають невід'ємною частиною аеропортів майбутнього.

Ринок роботів для аеропортів стрімко розвивається, і все більше компаній пропонують свої інноваційні рішення.

Ось деякі з найбільш відомих компаній, які спеціалізуються на виробництві роботів для аеропортів:

- Boston Dynamics: Відома своїми двоногими та чотириногими роботами, які можуть використовуватися для патрулювання, перевезення вантажів та інших завдань в аеропортах;
- Amazon Robotics: Дочірня компанія Amazon, яка розробляє різноманітних роботів, зокрема для логістики та складів, що може бути адаптовано і для аеропортів;
- ABB: Швейцарська компанія, яка пропонує широкий спектр робототехнічних рішень, включаючи роботів для автоматизації виробничих процесів, які можуть бути використані в аеропортах для обслуговування багажу;
- Savioke: Спеціалізується на виробництві роботів-кур'єрів, які можуть доставляти багаж, їжу та напої в готелях, лікарнях та аеропортах;
- Knightscope: Виробляє автономних роботів для патрулювання, які можуть використовуватися для охорони периметрів аеропортів;
- OTTO Motors: Компанія, що виробляє автономні мобільні роботів для внутрішньоскладської логістики, які можуть бути використані для перевезення багажу в аеропортах;
- Китайські компанії: Багато китайських компаній, таких як Siasun, UBTECH Robotics та інші, активно розробляють роботів для різних галузей, включаючи аеропорти;
- Японські компанії: Японські компанії, такі як Fanuc, Yaskawa і Kawasaki, є лідерами в галузі промислової робототехніки і також пропонують рішення для аеропортів.

Висновок

Сервісна роботизація аеропортів, логістичних операцій в аеропортах, наземного обслуговування літаків – це невід'ємна частина сучасного розвитку авіаційної галузі. Використання роботів дозволяє підвищити ефективність роботи аеропортів, покращити якість обслуговування пасажирів та зробити подорожі більш комфортними. Штучний інтелект відкриває нові можливості для підвищення ефективності та якості обслуговування пасажирів в аеропортах. Однак для успішного впровадження сервісної роботизації необхідно вирішити ряд викликів, пов'язаних з безпекою даних, інтеграцією систем, етичними та психологічними аспектами.

Список літератури

1. Огляд глобального ринку роботів для аеропортів [електронний ресурс] – Режим доступу:: https://www.marketresearchfuture.com/reports/airport-robots-market-10563

2. Білякович О. М., Курбет Л. В., Цюпак М.С. ,Конюшина А. І. : «Основні напрями впровадження сервісної роботизації в терміналах аеропортів.» [електронний ресурс] – Режим доступу:: https://www.researchgate.net/publication/358448576_OSNOVNYE_NAPRAVLENIA_VNEDRENIA_SERVISNOJ_ROBOTIZACII_V_TERMINALAH_AEROPORTOV
3. Global Airport Robots Market Research Report [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.marketresearchfuture.com/reports/airport-robotsmarket-10563
4. Pittsburgh Becomes First US Airport To Deploy UV Cleaning Robots [електронний ресурс] – Режим доступу: https://simpleflying. com/pittsburgh-uvrobots/
5. Robots to take over our airports by 2030 [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.traveldailymedia.com/robots-take-over-airports-by-2030/
6. Incheon Airport Introduces «AIRSTAR», Passenger Aiding Robot [електронний ресурс] – Режим доступу: http://koreabizwire.com/incheon-airportintroduces-airstar-passenger-aiding-robot/121298
7. Dallas Fort Worth Airport Rolls Out Mobile Baggage Robots [електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.roboticsbusinessreview.com/ news/ dallasfort-worth-airport-rolls-out-mobile-baggage-robots/
8. This ridiculously cute robot will carry your luggage at the airport [електронний ресурс] – Режим доступу: https://mashable.com/article/klm-luggagetrolley-roboto-care-e

UDC 004.8:629.7.067

Adelina Tverdokhlib, Olga Katerna
(National Aviation University, Ukraine)

Artificial intelligence and its role in aviation security

The article considers the role of artificial intelligence in ensuring safety in the aviation industry. Its application for threat detection, process automation, access control, cyber security and risk prediction is described. Artificial intelligence contributes to increasing the efficiency of security and reducing human errors in this area.

Introduction

Technology rules the world. And aviation is no exception. Artificial intelligence is also used in this field. True, here it is not developing as rapidly as in other industries. However, some progress has already been made.

Aviation security is a priority area for ensuring the smooth and safe operation of the global transport infrastructure. Every day, millions of people use air transport, and every flight must ensure the safety of passengers, crew and infrastructure. Given that threats in the aviation industry are constantly changing and becoming more complex, there is a need for innovative approaches to risk management.

Artificial intelligence (AI) offers new methods of increasing the effectiveness of detecting and eliminating threats. AI-based technologies make it possible to automate routine processes, analyze large data sets in real time, and predict potential threats before they occur. This allows not only to reduce the number of human errors, but also to increase the speed and accuracy of decision-making.

The application of AI in the aviation industry spans a variety of areas, from physical security, including passenger and baggage control, to cyber security, protecting critical digital systems from attacks. AI promotes proactive approaches to security, making the aviation industry more adaptive and resilient to the new challenges of today's world.

Artificial intelligence in threat detection and data analysis.

One of the most important roles of AI in aviation security is the early detection of threats. Aviation complexes collect a huge amount of data from various sources: video surveillance cameras, baggage scanners, flight monitoring systems and passenger flows. Thanks to machine learning algorithms, AI is able to analyze this data in real time, identify patterns that may indicate threats, and transmit information about them to security services. This allows to reduce the risks of terrorist acts, smuggling and other violations.[2]

Education process for pilots and in common pilots' sphere.

One of the main areas in which the aviation sector is constantly trying to improve is pilot training. Training a future pilot is a long and intensive process, with ground school and certification tests. According to experts, artificial intelligence will significantly improve the training of pilots. According to industry experts, artificial intelligence will allow pilots to have even more realistic simulations, giving pilots a

full visual range with augmented reality. A computer with implemented artificial intelligence will not only collect all training data, but will also record the pilot's behavior during training. All data collected during training will be used to improve the autopilots. Pilot assistance is another important function that can be improved with the help of artificial intelligence. In theory, it could give pilots greater situational awareness and reduce the time spent on instrument controls. It may also allow pilots to better communicate with other crew members during flight. And this is not just a theory, as Garmin, which specializes in GPS technology, has already introduced "Telligence". This is a product designed to reduce the pilot's workload and ensure a pleasant flight. "Telligence" allows pilots to talk to the aircraft - to set up communication in the cockpit using simple voice commands. This product is already certified and available for installation today.[1]

Process automation and access control.

Another important function of AI is process automation. Automated systems can replace humans in some routine tasks, such as checking baggage or controlling access to restricted areas. For example, AI-based biometric technologies allow the use of fingerprints or face scans to automatically identify passengers and staff, significantly reducing screening times and the potential for errors.

In the case of access to restricted areas, such as runways or technical facilities, AI ensures that only authorized persons have access. This reduces the possibility of intruders and increases the overall security of the airport. The implementation of AI also allows monitoring the behavior of people in these areas, detecting suspicious activities and warning about potential threats.[3]

Cyber security in the aviation industry.

In addition to physical security, cyber security plays an important role. Given that modern aircraft and aviation infrastructure are increasingly dependent on digital systems, there is a need to protect these systems from cyber attacks. Aviation flight control, data and communication systems must be protected against tampering that could lead to catastrophic consequences. AI is used to detect suspicious activities in digital systems, analyze attacks and respond to them in a timely manner.

AI-based cybersecurity systems have the ability to quickly adapt to new threats because they are constantly improving through self-learning. This provides a higher level of protection than conventional systems, as attacks can be stopped before they do damage. [4]

Risk forecasting and scenario modeling.

Artificial intelligence also plays a key role in incident prediction and risk modeling. It analyzes past events and likely scenarios to predict potential incidents or problems. For example, analyzing past security-related incidents allows AI to predict when and how the next threat might occur, as well as provide recommendations to prevent those threats.[5]

Conclusion

Artificial intelligence opens up new opportunities for improving the level of safety in the aviation industry. Using powerful algorithms to analyze large volumes of data, automate processes, control access and ensure cyber security, AI is becoming an integral part of modern aviation systems. With the development of this technology, the aviation industry will be able to significantly reduce risks, increase operational efficiency and provide safer conditions for passengers and staff.

References

1. Artificial intelligence and aviation. Available at: https://utc-aviator.com/iskusstvennyj-intellekt-i-aviatsiya
2. What Is the Role of AI in Threat Detection? Available at: http://surl.li/olzewu
3. How AI transforms airport operations and passenger experience. Available at: http://surl.li/fjuhws
4. Exploring the Importance of Aviation Cybersecurity in the USA. Available at: https://attractgroup.com/blog/the-importance-of-aviation-cybersecurity/#:~:text=The%20digitalization%20of%20aviation%20has,for%20millions%20of%20air%20travelers.
5. Forecasting and assessing consequences of aviation safety occurrences. Available at: https://attractgroup.com/blog/the-importance-of-aviation-cybersecurity/#:~:text=The%20digitalization%20of%20aviation%20has,for%20millions%20of%20air%20travelers

УДК 656:502/504(043.2)

Д.О. Ситник,
В.Є. Осьмак, к.т.н, доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Екологізація транспортної індустрії з використанням сучасних інновацій

Розвиток транспортної індустрії приносить як переваги, так і серйозні екологічні проблеми, зокрема забруднення повітря і зростання викидів парникових газів. Одним із рішень є перехід на стійкий транспорт, включаючи електромобілі та екологічні альтернативи, як водневі технології. Це зменшить негативний вплив на природу та здоров'я людей.

Розвиток транспортної індустрії має купу переваг, адже саме транспорт є однією із головних складових життя людей. Світ зараз складно уявити без транспортних засобів, адже в першу чергу це комфорт людства та можливість мобільності в будь-яку точку світу. Але, на жаль, дана галузь має також низку недоліків, котрі є занадто небезпечними для здоров’я.

Забруднення повітря є причиною 4,2 мільйона смертей щорічно, головним джерелом яких є транспорт. У багатьох районах земної кулі населення живе поблизу основних доріг і автомагістралей, таким чином піддається впливу вихлопних газів від руху транспортних засобів, викидів поза вихлопними трубами (таких як знос гальм і шин), а також шуму, який може негативно вплинути на їх здоров’я та благополуччя.

Викиди вуглекислого газу від транспортної діяльності зростають кожного дня, на транспорт припадає чверть викидів парникових газів і це число продовжує зростати із підвищенням попиту.

По-перше, для досягнення амбітних кліматичних цілей потрібно перейти на більш екологічно безпечні види транспорту, як-от залізничний та річковий, що вимагає розширення їхніх можливостей.

Збільшити використання екологічних видів транспорту можливо за допомогою мультимодального транспорту, поєднуючи різні види транспорту під час транспортування. Директива про комбіновані перевезення тут важлива – вона розроблена для підтримки мультимодальних вантажних операцій із залученням залізничного та водного транспорту, включаючи морські перевезення на короткі відстані.

Застосування стійкого транспорту зменшує негативний вплив, пов’язаний зі збільшенням міської мобільності, і сприяє більш екологічним видам транспорту. Визначення стійкого транспорту найкраще можна описати як будь-який вид транспорту, який не покладається на природні ресурси. Метою є зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Він включає як громадський транспорт (електробуси, автобуси з нульовими викидами, метро, потяги, трамваї тощо), так і особистий транспорт (пішоходи, велосипеди, скутери, електромобілі тощо). Стійкий транспорт сприяє зменшенню шкідливих викидів вуглекислого газу, а отже, зменшенню забруднення атмосфери та покращенню якості повітря в містах.

Електричні транспортні засоби є перспективною технологією для досягнення сталого транспортного сектору в майбутньому завдяки їхньому дуже низькому або нульовому викиду вуглецю, низькому рівню шуму, високій ефективності та гнучкості в роботі та інтеграції в мережі. У більшості випадків ці види транспорту залишаються екологічно чистою альтернативою [2].

Електричні велосипеди все частіше замінюють автомобілі для подорожей на середні відстані, уникаючи викидів вуглекислого газу. Тим не менш, оптимізація його батареї продовжує досліджуватися, оскільки вона складається з іонів літію. Насправді цей матеріал ускладнює переробку та обмежує термін служби батареї. Проте вже починають з'являтися альтернативи на основі іонів натрію, фтору або цинку [1].

Електромобілі є зростаючою тенденцією. Основною причиною популярності є те, що такі транспортні засоби дозволяють відмовитися від використання викопного палива з викидами CO_2. Це допомагає зменшити викиди парникових газів, які значною мірою забруднюють повітря.

Таким чином, у порівнянні з бензиновими або дизельними автомобілями електромобілі мають ряд переваг:

· нульовий викид вихлопних газів — електромобілі не створюють жодних викидів вихлопних газів під час роботи.

· зменшене шумове забруднення. Оскільки електромобілі не створюють шуму від двигуна, ці транспортні засоби дуже тихі на низьких швидкостях.

· підвищена незалежність від викопного палива. Різноманітні ресурси можуть виробляти електроенергію, включаючи відновлювані джерела (сонце, вітер, геотермальне тепло, вода).

· зниження викидів парникових газів — електромобілі можуть допомогти пом’якшити наслідки зміни клімату. Цей потенціал найвищий, якщо електроенергія надходить з відновлюваних джерел [3].

Електромобільність, яка розвивається, є перспективним рішенням для зменшення викидів вуглецю. Однак для цього потрібна надійна електроенергетична інфраструктура, включаючи методи виробництва електроенергії з низьким або нульовим викидом вуглецю, ефективні системи передачі, підключення до мережі та швидкісні зарядні станції. Наприклад, енергію сонця або вітру можна використовувати для виробництва електроенергії. Розумні мережі можуть ефективно керувати попитом на електроенергію та постачанням. Стратегічно розташовані швидкісні зарядні станції можуть забезпечити зручну зарядку електромобілів, сприяючи їх широкому впровадженню.

Найбільш важливими факторами негативного впливу транспортної діяльності на людину й екологію є забруднення навколишнього середовища: шум, вібрація, виділення тепла, небезпечні речовини.

Основна причина екологічних проблем виникає у використанні застарілих двигунів внутрішнього згоряння, неекологічного чистого палива, помилки в містобудуванні.

Водень є ідеальним паливом з екологічної та кліматичної точки зору, оскільки він не забруднює навколишнє середовище та доступний у великій кількості. Тим не менш, є кілька проблем, пов'язаних з використанням водню як

джерела енергії. По-перше, водень не з'являється в природі у формі, яку легко використовувати, його потрібно виготовляти. У даний час виробничий процес вимагає багато електроенергії, яка в основному виробляється за допомогою викопного палива. По-друге, зберігання і транспортування водню може бути небезпечним, оскільки речовина вибухонебезпечна. Проте якщо технологічні проблеми вдасться, водень може революціонізувати майбутнє транспорту, будучи використаним як паливо для автомобілів, потягів, літаків та дирижаблів.

Ці проблеми можливо вирішити за допомогою технічної модернізації системи транспорту. Для чого необхідним є дотримання правил містобудування, переведення транспортних систем на екологічно чисті (газотурбінні, електромобілі), використання палива на біологічній основі, розширення зони озеленення територією міста, уникнення наскрізного проїзду транспорту житловим кварталом.

Розвиток транспортної індустрії, попри численні переваги, має серйозні екологічні та соціальні наслідки, зокрема забруднення повітря, підвищені викиди парникових газів і негативний вплив на здоров'я людей. Вирішення цих проблем вимагає активного впровадження стійких транспортних рішень, таких як електромобілі, водневі технології та мультимодальні перевезення. Перехід на екологічно чисті види транспорту зможе зменшити негативний вплив на довкілля та поліпшити якість життя. Модернізація транспортних систем є ключем до сталого майбутнього.

Список літератури

1. Rika Melissa. Electrifying the Future: A Comprehensive Handbook on the EV Market.
2. Evanthia Nanaki. Electric Vehicles for Smart Cities: Trends, Challenges, and Opportunities 1st Edition - October 6, 2020
3. Oliver Lah. Sustainable Urban Mobility Pathways: Policies, Institutions, and Coalitions for Low Carbon Transportation in Emerging Countries, 2019
4. T. L. Curtis, L. Smith, H. Buchanan, G. Heath, "A Circular Economy for Lithium-Ion Batteries Used in Mobile and Stationary Energy Storage: Drivers, Barriers, Enablers, and U.S. Policy Considerations" [National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2021].

UDC 001.891:005.21: 629.7 (043.2)

D.O. Bugayko Doctor of Sc. (Economics) Prof., A.V. Borysiuk, D.D. Bugayko
(National Aviation University, Ukraine)

Ecosystem of the Ukrainian Aviation Industry

Ukraine is one of ten countries that have a full cycle of development, serial production, operation, maintenance of aviation equipment, as well as an extensive system of training and retraining of aviation specialists. Therefore, the development of the domestic aircraft industry is a strategic priority for the country's development.

Ukrainian Aviation Industry Ecosystem

The national aviation industry system is exposed to hundreds of threats of varying nature and intensity in the course of its activities. It should be noted that it includes various enterprises, design bureaus and organizations [1].

As a rule its development directly depends on international relations: for example, the Airbus consortium combines the capacities of a number of enterprises from different EU countries. And even the pride of the American aviation industry, the Boeing consortium, involves more than twenty external subcontractors in production. Under such conditions, it is considered appropriate to consider the its structure from the standpoint of the ecosystem approach.

The goal of the ecosystem approach

The goal of the ecosystem approach is to mobilize a large number of independent participants in order to organize joint activities, achieving common goals. At the heart of ecosystem activity is the formulation of an idea that will be supported by all system participants.

Ways of the Ukrainian Aviation Industry Ecosystem development

The ecosystem approach is based on the consolidation of various participants in order to achieve common corporate goals. At the same time, the scale and contribution of each of the organizations and enterprises will, of course, be different.

There are key players in the ecosystem - hubs. They define both the ideas and the rules of the game. There are niche players. Working in ecosystems, they multiply their capabilities and strengthen the key player.

In order to remain strong, the key players must also provide strength to niche participants. Sometimes they care about them even more than they care about themselves.

A small system player may not even know what the system architect's idea was. But if his interests are balanced in this system, if it is profitable for him to work in it, he will automatically work for the idea. In ecosystems, everything is interconnected and interdependent. All participants know their Airbus roles and agree to fulfil them [2].

Players of the Ukrainian Aviation Industry Ecosystem.

The hubs of the ecosystem are enterprises and organizations that provide the main activities of the aviation industry of Ukraine, namely design bureaus, developers and serial manufacturers of airplanes, helicopters, unmanned aerial systems (UAS) and unmanned aerial vehicles (UAVs), aircraft engines, avionics. The activities of the hubs require system integration, as a guarantee of the coherence of actions.

The first group is a group of customers, which in the ecosystem of the aviation industry of Ukraine consists of civil aviation enterprises, state aviation, aviation and multimodal logistics enterprises, organizations and individual customers of aviation and transport services.

- Civil aviation enterprises of Ukraine and other countries of the world are:

• Airlines (passenger, passenger-cargo, cargo, regular, charter, state, non-state, mixed capital, etc.) and

• Aviation companies that ensure the use of aviation in the national economy: agriculture, environmental monitoring of pipelines, forest areas, reservoirs, aerial photography, etc.

- The State Aviation of Ukraine includes:

• Air Force,
• Army aviation,
• Naval aviation,
• National Guard aviation,
• Police aviation,
• Aviation of the State Emergency Service,
• Aviation of the State Border Service,
• Other State Aviation.

- Aviation and multimodal logistics enterprises,.

- Potential customers of services provided with the use of aviation equipment.

The second group is a group for ensuring the production of aviation equipment, which includes:

• Suppliers of units, systems and spare parts
• Organizations responsible for certification of aviation equipment
• Organizations responsible for energy supply
• Nature protection organizations
• Organizations of fuel and lubricant (PMM) support
• System of airports and airfields

The third group includes:

• Scientific – research institutes of the National Academy of Sciences of Ukraine and institutions of other ministries and agencies.
• Research universities.
• Experts and scientists of the aviation industry [3].

Unfortunately, during the war, the ecosystem of the aircraft industry suffered and continues to suffer significant losses.

Consolidation of the activities of all participants in the national aviation industry ecosystem is especially important in wartime, when extremely complex tasks of serial production and repair of aviation equipment must be solved in a short time [4].

An example of this is the development of an ecosystem for the production of unmanned aircraft, which requires the unification of efforts, experience and significant material resources [5].

On the other hand, the experience of integrating and applying ecosystem experience in wartime can become the basis for the post-war revival of the industry and bring a positive synergistic effect for the sustainable development of the national economy.

Conclusions

Ukraine is an aviation state and its future is directly related to the development of high-tech technologies.

The ecosystem approach to aviation industry development is based on the main players in the system, the formulation of concepts and tasks, and as a result, a positive synergistic effect is achieved, both at the industry level and at the level of the sustainable development of the national economy.

References

1. Харазішвілі Ю.М., Бугайко Д.О., Ляшенко В.І. Сталий розвиток авіаційного транспорту України: стратегічні сценарії та інституційний супровід: монографія / за ред. Ю.М. Харазішвілі; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2022. 276 с.
2. Bugayko, D., Podrieza, M., Bugayko, D., Borysiuk, A., & Yekimov, S. (2024). A synergetic approach to the development of the economic potential of the aviation complex enterprises. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 08006). EDP Sciences.
3. Бугайко Д. О. Екосистемний підхід до відродження авіабудівної галузі України з орієнтацією на майбутнє // Вісник економічної науки України. - К.: ІЕП НАНУ, 2023. - № 1 (44). - С. 24-34.
4. Bugayko D.O., Shevchenko O.R., Perederii N.M., Sokolova N.P., Podrieza M.S., Bugayko D.D. Risk management of Ukrainian aviation transport post-war recovery and sustainable development. – Intellectualization of logistics and Supply Chain Management. [Online] -vol.16, - pp.6-22. available at: https://smart-scm.org/en/journal-16-2022/risk-management-of-ukrainian-aviation-transport-post-war-recovery-and-sustainable-development/. DOI: https://doi.org/10.46783/smart-scm/2022-16-1.
5. Bugayko, D., Hryhorak, M., Smoliar, L., & Zaporozhets, O. (2024). Creating an innovative ecosystem for the development of unmanned aviation in Ukraine: synergy between science and industry. *Marketing of Scientific and Research Organizations 51*(1), 87-116.

UDC 338,48:656,7

I.M. Herasymenko, Ph.D. S.V. Pron, Ph.D., K.A. Payanok
(National Aviation University, Ukraine)

Promising directions for the development of the aviation and tourism industries in Ukraine

The priority directions in the organization of aviation tourism in Ukraine have been considered. A comparative analysis of booking algorithms through the global distribution system and the tour operator's database has been conducted.

Aviation transport allows for the maximum acceleration of passenger and cargo transportation, opening new opportunities for the development of tourism and the state as a whole. The main directions for the development of the aviation and tourism business should be considered the widespread implementation of information computer management technologies and global reservation systems.

Initially oriented towards a single airline, reservation systems have transformed into software complexes that serve groups of airlines, providing a range of additional services such as hotel reservations, train ticket bookings, car rentals, and more[1]. Now, reservation systems contain information not only about seat availability but also general information about flights, types of aircraft involved, detailed fare descriptions, as well as information about related tourism industries: car rentals, hotel accommodations, train ticket sales, etc.

This led to the creation of Global Distribution Systems (GDS). In addition to the electronic service capabilities for booking seats for air passenger transportation, these systems allow for hotel reservations, car rentals, currency exchange, ticket bookings for entertainment and sports programs, etc.

The implementation of global distribution systems in the work of travel agencies significantly reduces the time for customer service, ensures online seat reservations, lowers service costs, and optimizes the formation of tourist routes by price, flight time, and other criteria. Such systems include AMADEUS, GALILEO, SABRE, and WORLDSPAN, which offer booking services for products from almost all airlines in the world, as well as international hotel chains and car rental companies[2].

Only two of the aforementioned global reservation systems are represented in Ukraine: AMADEUS and GALILEO. Full-fledged connection is possible only for travel agencies under the condition of signing a contract for the use of the system. Connection and usage are paid services and involve a one-time fee, which is directed towards providing the necessary software by the reservation system, as well as a login and password for working with the system. Additionally, there is a certain subscription fee that is paid by the travel agency regardless of the number of bookings. For each booking, the travel agency receives a commission. Thus, such cooperation will be beneficial for the travel enterprise under the condition of constant booking of air tickets. For companies that do not specialize in providing air ticket booking services, such cooperation may not always be profitable.

Nevertheless, they are also not deprived of the opportunity to work with computer reservation systems. This opportunity is provided to small travel agencies by tour operators who act as consolidators, i.e., intermediaries between computer reservation systems and travel agencies. They place a booking module for air tickets on their websites and, under certain conditions, provide their partner travel agencies with full-fledged access to these systems.

GDS systems are an aggregation of various hotels, which can number more than 60,000. Hotels themselves provide information about their services, indicating prices and availability through back-office systems installed in the hotels or via certain access to the system through the Internet. This way, hotels become accessible to any Internet user, increasing their revenue. When booking a service, your order will go directly to the service provider (see Fig. 1) [3].

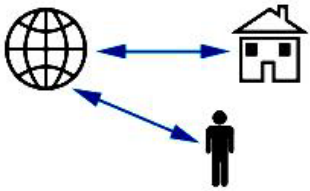


Figure 1. Algorithm of the booking process through the GDS

Each tour operator has an internal database where all data on the availability of purchased places is stored. Thanks to direct contracts with hotels, constant turnover, and the purchase of blocks of places, hotels give tour operators a commission that can reach up to 70 percent of the offered price. The booking systems of tour operators are their internal databases presented on the Internet. The tour operator already has a certain number of purchased places, and by booking a room in the tour operator's system, you can book one of these places (see Fig. 2) [3].

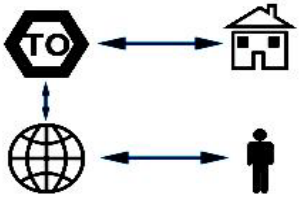


Figure 2. Algorithm of the booking process for tour operators

When choosing a booking system, the main criterion is the price-quality ratio of the service. In modern conditions, almost all global booking systems offer various connection options that are affordable in terms of both price and technical capabilities for any travel company.

Wartime tourism: who and how travels from Ukraine has its own characteristics [4]. During the war, it may seem that everyone has forgotten about travel. But this is not entirely true: there are still many families with children in the country who need rest, a change of scenery and recovery. People who maintain

sources of income try to organize a vacation on their favorite route. However, of course, the war made its adjustments [5].

In the first weeks of the war, tourist trips stopped completely. The situation was unstable, many people went abroad to escape. However, it gradually became clear that the war would last a long time, so it was necessary to adapt to new realities.

Conclusions. Almost all Western travel agencies use the services of global reservation systems, because this is one of the conditions for success in the tourism business. The systematic development of the aviation industry with the involvement of global reservation systems will contribute to the growth of aviation tourism in Ukraine. Time saving achieved when using reservation systems gives all participants of the tourist market the ability to count on additional profits from attracting even more customers.

References

1. T. I. Tkachenko, E. V. Kozlovskyi. The impact of global distribution systems on the development of modern tourism business. Economy and the state. 2018. No. 6. P. 56–59.

2. I. Gerasimenko History and modernity of aviation services sales systems. XI International scientific and practical conference "Theoretical approaches of Fundamental Sciences. Theory, Practice and prospects", April 26-28, 2021, Geneva, Switzerland. P. 274-276.

3. G.V. Bilogurova. Synopsis of lectures from the course "Information systems and technologies in tourism" (for students of the 3rd year of full-time and part-time study in the direction 6.140103 - Tourism) / G.V. Bilogurova; Kharkiv. national city university farm named after O. M. Beketova. – Kharkiv: XNUMX named after O. M. Beketova, 2016. – 49 p.

4. Wartime tourism: who travels from Ukraine and how. URL: https://www.unian.ua/tourism/lifehacking/turizm-voyennogo-chasu-hto-i-yak-jizdit-podorozhuvati-z-ukrajini-11925096.html (access date 09/19/2024).

5. O. Solovyova, I. Herasymenko Theoretical aspects of special purpose airline marketing policy in performing agricultural aviation works. World Congress "Aviation in the 21st Century" Section of Economics and Business Administration in Aviation, Kyiv, September 28-30, 2022 - Kyiv: NAU, 2022. P.530-532.

УДК 656.072.7: 626.735.33

А.М. Валько,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Огляд ринку авіаційної аеропортової інфраструктури в системі забезпеченні безпекових процедур в аеропорту

Основною складовою авіаційного сектору виступає аеропортова інфраструктура, яка пропонує засоби та послуги, необхідні для забезпечення ефективної роботи та бездоганної якості подорожей авіапасажирів. Для підтримки авіаційних операцій в аеропорту передбачається планування, проектування, будівництво та обслуговування різних матеріальних активів на додаток до встановлення передових технологій та систем. Безпека та захищеність є головними пріоритетами для всіх елементів та ресурсів, задіяних в аеропорту.

Згідно прогнозів експертів світовий ринок авіаційної інфраструктури зросте з 24.87 млрд. доларів США з 2023 року до 92.84 млрд. доларів США до 2030 року, за середньорічного темпу зростання 17.9% протягом прогнозованого періоду.



Рис.1. Прогнозування ринку авіаційної інфраструктури на 2023-2030 роки
Джерело: [2]

Ринок авіаційної аеропортової інфраструктури має гарантувати ефективні та безпечні авіаперевезення. У всьому світі як обсяг авіапасажиропотоків в аеропортах, так і кількість літаків, зростають з кожним роком. Це призводить до перевантаження терміналів аеропорту. Відповідний сегмент аеропортової інфраструктури, а саме аеропорти по всьому світу потребують модернізації. Очікується, що саме фактор модернізації авіаційної аеропортової інфраструктури протягом наступного десятиліття сприятиме зростанню світового ринку.

Основна мета заходів щодо аеропортової інфраструктури полягає у оцінці діяльності однієї аеропортової одиниці - аеропорту.

Невідповідність між різними аеропортами настільки велика, що робити спробу порівняння важко і певною мірою небезпечно. Відповідно, керівники окремих служб аеропорту повинні знати, що оцінюються певні зони відповідальності. Таким чином, усувається потенційне заперечення щодо того, хто має вживати виправних заходів, якщо система оцінок передбачає необхідність їх проведення.

Специфікація використовуваних ресурсів аеропортом та результатів роботи є важливим етапом оцінювання ефективності аеропорту. (рис.2)

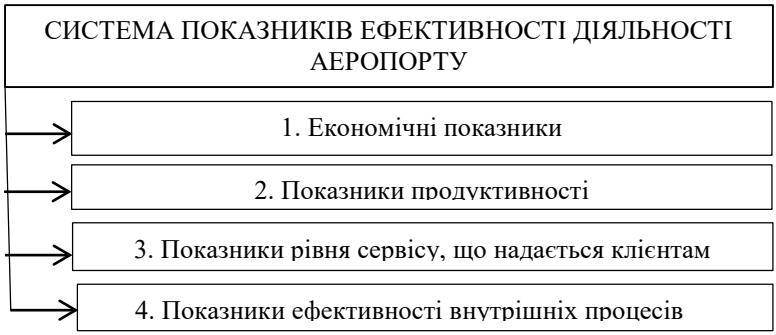


Рис.2. Система показників ефективності діяльності аеропорту

Джерело: [1]

Згідно класичного визначення аеропортова інфраструктура являє собою використання доступних ресурсів для максимізації об'єму послуг, що виробляються. Вона є більш стандартною, але має свої особливості.

Оскільки специфікація ресурсів, що використовуються, і результати діяльності аеропорту є неоднорідними, науковці обирають найбільш підходящий підхід з точки зору дослідження. Теоретична база оцінки ефективності включає широкий спектр методів, кожен з яких має свої сильні та слабкі сторони. Наукові підходи до оцінки ефективності роботи аеропорту включають як розрахунки на основі простих лінійних показників, так і використання складних моделей з виробничими межами. Найпростішим підходом до оцінки ефективності є розрахунок взаємозв'язку між показниками діяльності обраного аеропорту та використаними ресурсами. Враховуючи, що немає двох однакових аеропортів (навіть якщо вони є подібними з точки зору категорій, дизайну і процесів обслуговування), знайти критерії ефективності нелегко. Тому ефективність аеропорту можна виміряти за такими параметрами, як процес/час.

Безпека та захищеність є головними пріоритетами для всіх елементів та ресурсів, задіяних в аеропорту. Коли пасажир здійснює авіаподорож ПС, він виконує низку звичних дій серед них є безпекові доглядові процедури, які можуть займати певний понаднормовий час.

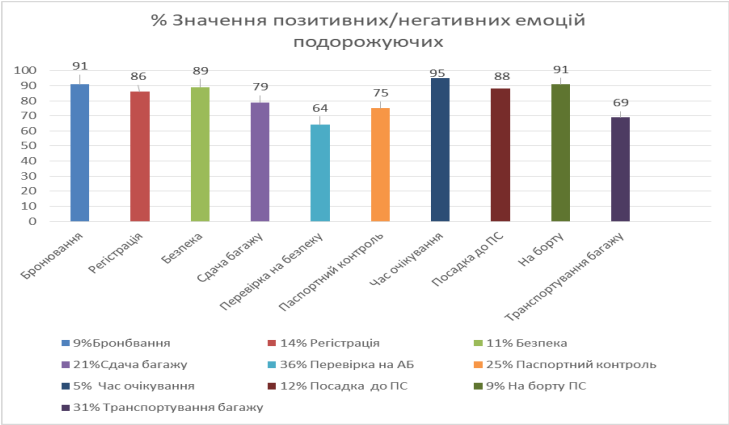


Рис.3.Значення позитивних/негативних емоцій подорожуючих
Джерело: [2]

Тому, закономірності зміни параметрів процесу формування рівня авіаційної безпеки під час обслуговування в аеропорту є основою викладки деяких елементів наукового дослідження авторки .

Побудована математична модель «Безпека – Якість», відображає динаміку руху потоку пасажирів через процедури в аеропорту та дозволяє прораховувати динамічний розподіл ресурсів аеропорту для виконання процедур перевірок як при звичайній роботі аеропорту, так і при роботі в умовах дії загроз.

Пасажиропотоки є змінними в часі. Як правило, зміни розглядаються з дискретним кроком. Зазначимо, що в матеріалах IATA [4] у формулах для розрахунку потрібної кількості устаткування, площ, фахівців використовуються кроки в 10, 15, 20 хвилин. Основним потоком в аеропорту є, як правило, потік пасажирів. Цей потік постійно змінюється як протягом доби, так і протягом тижня, місяця, року. Він залежить від розкладу, кількості рейсів, типів використовуваних ПС, сезону, попиту на авіаперевезення.

Зазначені потоки зв'язані рівністю

$$F(t) = F_r(t) + F_p(t) + F_d(t) + F(t)_{v1} + F(t)_{v2} + F(t)_{v3}. \quad (1)$$

Співвідношення між потоками залежить від пропускної спроможності здійснення процедур.

Проходження всіх процедур пасажирами одного рейсу можна показати на спільній схемі (рис. 4). Криві, що відображають проходження пасажирами процедур, перелічені зліва на право. Як було сказано вище, горизонтальний перетин показує як розподілений час в аеропорту для пасажирів конкретного відсотка. Вертикальний перетин показує як розподілена кількість пасажирів, які вже прибули в аеропорт, між введеними вище функціями $F(t)_{v1}$, $F_r(t)$, $F(t)_{v2}$, $F_p(t)$, $F(t)_{v3}$, $F_d(t)$.

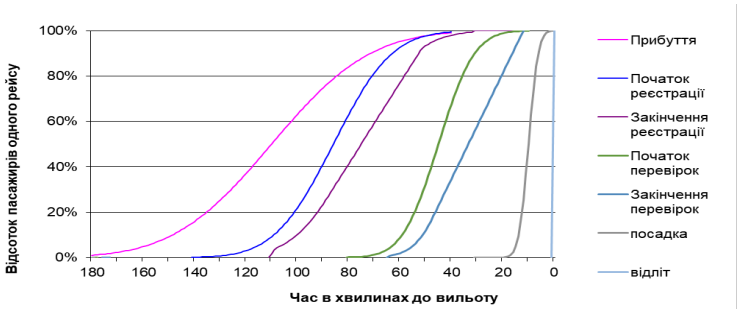


Рис.4. – Графіки знаходження пасажирів одного рейсу в аеропорту до вильоту
Джерело: побудовано автором, модельні розрахунки.

Математичну модель можна використовувати для розгляду різних питань та отримання різних оцінок.

Перш за все розглянемо питання якості обслуговування пасажирів і, як було сказано вище, одним із критеріїв якості є швидкість проходження перевірок. Це питання можна сформулювати наступним чином: які в умовах дії загроз $\zeta \in Z_T$ на часовому періоді T при очікуваних сценаріях її реалізації $\sigma \in \Theta_T$ вибрати сценарії захисту $\delta \in D_\sigma$ та як розподілити існуючі ресурси АП та які залучити додаткові ресурси, щоби середній час проходження пасажирами перевірок та очікування в чергах був мінімальним в межах можливого часу.

Для відповіді на поставлене питання треба розрахувати середній час $\Delta\tau_\delta^0$ проходження пасажирами перевірок та очікування в чергах. Він розраховується як весь час, що був витрачений всіма пасажирами, поділений на кількість всіх пасажирів, а саме:

$$\Delta\tau_\delta^0 = \frac{\sum_{j\in J}\sum_{c\in C_{j\delta}}\sum_{t\in T_j} H_{jt}^c \Delta t + \sum_{j\in J}\sum_{c\in C_{j\delta}} N_j \Delta\tau_j^c}{\sum_{j\in J} N_j} \quad . \quad (2)$$

Зроблена оцінка впливу заходів безпеки на інтервали часу проходження пасажиром обов'язкових процедур в аеропорту, які залежать від поведінки пасажирів та від пропускних спроможностей процесів в аеропорту, які в свою чергу залежать від обраних заходів безпеки та виділених наявних та додаткових ресурсів аеропорту.

Розрахунки згідно моделі «Безпека – Якість» показують, що збільшення тривалості безпекових перевірок для пасажирів може призвести до декількох суб'єктивно негативних наслідків для пасажирів. При виникненні необхідності вживати додаткові заходи безпеки, що будуть діяти тривалий час та будуть стосуватися усіх рейсів, то відбудеться ефект накопичення дефіциту ресурсів та все більшої затримки наступних рейсів.

Список літератури

1. Constructing a system of integrated management of aviation safety as a key element of airport service quality / A. Valko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4, no. 3(112). P. 13–26. URL: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239168 (date of access: 23.04.2024).

2.ICAO Safety Report. ICAO, 2020. 64 p. URL: https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2020_final_web.pdf (date of access: 23.04.2024).

3. Airport Development Reference Manual (ADRM). 12th ed. *IATA*, 2022. 654 p.

UDC 331.101.1:629.735.083(076.5):656.7.086(045)

A.V. Goncharenko, Dr. of Eng., V.V. Iliushyn, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

Selective dilemma for alternative preferences functions at optimal air transport management organization in conditions of uncertainty

Application of the modified explainable plausible hybrid-optional function gives a reason for the substantiation of the dilemma of the alternatives effectiveness preferences functions selection, as well as in the terms of the multi-optional conditional optimality doctrine for the special hybrid-optional effectiveness functions uncertainty, when dealing with the problems of the optimal air transport management organization in conditions of uncertainty.

Introduction

The process of air transport management organization is fully accompanied with the multi-alternativeness of operational situations. This means the uncertainty of possibilities when giving preferences according with the achievable operational alternatives. The theory of subjective preferences [1] is developed in order to solve the problems of such kind of uncertainties based upon the entropy paradigm.

Generally speaking, entropy based research [2]–[4], having the concept of optimality, has been a mathematical foundation for subjective analysis [1]. Moreover, the entropy approach likewise applied in [1]–[4] entered the many scientific fields, as, for instance, neural networks [5]. Other applications have been demonstrated in works [6]–[9].

The presented paper has its aim at showing the potentially possible implementations of the subjective entropy paradigm to the complicated and hard formalizing problem of the air transport management organization.

Development of the approach

The corner stone of the approach is the postulate of the subjective optimality embodied in the statement that psychologically human beings make decisions at an uncertainty conditional optimality level formed regarding the subjective preferences functions for the subjective effectiveness functions related to the considered set of attainable alternatives.

The general mathematical form for such problems descriptions and settings has the prototypic model of subjective analysis [1], being preceded with the Jaynes' principle [2]–[4]:

$$\Phi_{\pi} = \alpha H_{\pi} + \beta\varepsilon + \gamma \mathrm{N}, \qquad (1)$$

where Φ_{π} is objective functional; H_{π} is subjective entropy; $\varepsilon = \varepsilon(\pi, U, \ldots)$ is the function of subjective effectiveness depending upon preferences π, utilities functions U, etc.; N is normalizing condition; α, β, γ are structural parameters (Lagrange multipliers, weight coefficients or endogenous parameters of psych).

The entropy of subjective preferences has a traditional view:

$$H_\pi = -\sum_{i=1}^{n} \pi_i \ln \pi_i \ . \qquad (2)$$

When the subjective effectiveness function is expressed as

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^{n} \pi_i U_i \ , \qquad (3)$$

and the normalizing condition is

$$\mathrm{N} = \sum_{i=1}^{n} \pi_i - 1 \ , \qquad (4)$$

the conditions of the objective functional (1) extremum existence:

$$\frac{\partial \Phi_\pi}{\partial \pi_i} = 0 \ , \qquad (5)$$

yields the so-called functions of the individual subjective preferences [1]:

$$\pi_i = \frac{\exp\left(\beta U_i\right)}{\sum_{j=1}^{n} \exp\left(\beta U_j\right)} . \qquad (6)$$

Unfortunately, such measure of uncertainty as expression (2) does not show the direction of the uncertainty and its relative value.

In order to avoid such a difficulty it is proposed to apply the hybrid combined relative pseudo-entropy function developed in reference [6]:

$$\overline{H}_{\max \frac{\Delta\pi}{|\Delta\pi|}} = \frac{H_{\max} - H_\pi}{H_{\max}} \cdot \frac{\Delta\pi}{|\Delta\pi|} . \qquad (7)$$

Here in expression (7) $H_{\max}$ is the maximal possible entropy (uncertainty) of the preferences functions π_i (or the hybrid-optional functions h_i introduced for the objectively existing parameters at the multi-optional conditional optimality doctrine [7]), H_π is the factual entropy (2),

$$\Delta\pi = \sum_{j=1}^{M} \pi_j^+ - \sum_{k=1}^{L} \pi_k^- \ , \qquad (8)$$

where π_j^+ and π_k^- are the positive and negative properties preferences functions (hybrid-optional functions) respectively, M and L are the numbers of the positive and negative properties alternatives (options):

$$M + L = n \ . \qquad (9)$$

Conclusion

It may be concluded that subjective entropy paradigm has a great potential to be implemented for the problems formulations dealing with the optimization of the air transport management organization fully accompanied with the multi-alternativeness of operational situations.

References

1. Kasianov V. Subjective entropy of preferences. Subjective analysis: monograph / V. Kasianov. – Warsaw: Institute of Aviation Scientific Publications, 2013. – 644 p.
2. Jaynes E. T. Information theory and statistical mechanics / E. T. Jaynes // Physical review. – U.S.A. – 1957. – Vol. 106, № 4. – pp. 620-630.
3. Jaynes E. T. Information theory and statistical mechanics. II / E. T. Jaynes // Physical review. – U.S.A. – 1957. – Vol. 108, № 2. – pp. 171-190.
4. Jaynes E. T. On the rationale of maximum-entropy methods / E. T. Jaynes // Proceedings of the IEEE. – 1982. – vol. 70. – pp. 939–952.
5. Haykin S. Neural Networks. A Comprehensive Foundation / S. Haykin. – Moscow, Russia: Publishing House "Williams", 2006. – 1104 p.
6. Goncharenko A. V., "Multi-Optional hybridization for UAV maintenance purposes," in Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), IEEE, Kyiv, Ukraine, pp. 48–51, October 2019.
7. Goncharenko A. V. A multi-optional hybrid functions entropy as a tool for transportation means repair optimal periodicity determination / A. V. Goncharenko // Aviation. – 2018. Volume 22(2). – pp. 60–66.
8. Goncharenko A. V. Active systems communicational control assessment in multi-alternative navigational situations / A. V. Goncharenko // 2018 IEEE 5th International Conference "Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)" Proceedings. October, 16-18, 2018, Kyiv, Ukraine. – 2018. – pp. 254-257.
9. Goncharenko A. V. Aeronautical and aerospace material and structural damages to failures: theoretical concepts / A. V. Goncharenko // International Journal of Aerospace Engineering. – Volume 2018 (2018), Article ID 4126085, 7 pages https://doi.org/10.1155/2018/4126085; 2018. – pp. 1-7.
10. Goncharenko A. V. Computer Modeling of Discrete Systems in the Case of Linear and non-Linear Restrictions on the Optimal Speed of the Aircraft Based on the Lagrange Method / A. V. Goncharenko, S. O. Teterin // Proceedings of The 7th International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2024). – May 03, 2024. – Zaporizhzhia, Ukraine, 2024. – pp. 157-168.
11. Goncharenko A. V. Rational Air Transportation Technologies Resources Recombination on Condition of the Generalized Values / A. V. Goncharenko, V. V. Iliushyn // Proceedings of The 7th International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2024). – May 03, 2024. – Zaporizhzhia, Ukraine, 2024. – pp. 86-96. https://ceur-ws.org/Vol-3702/paper8.pdf.

UDC 656

I.A. Steniakin, D.O. Shevchuk
(National Aviation University, Ukraine)

Data Flow Control and Predictive Maintenance in Aviation Enterprise

This research explores the use of Salesforce Data Cloud as a strategic tool to manage data flow and provide predictive services in the aviation industry. By integrating custom machine learning models with Data Cloud BYOM (Bring Your Own Model) capabilities, the research aims to address critical issues in aviation data management.

In the highly complex and data-rich aviation environment, managing the flow of information is critical to operational efficiency, security and compliance. As the aviation industry continues to generate massive amounts of real-time data from a variety of sources—aircraft sensors, flight logs, maintenance records, and customer interactions—effectively managing this flow of data has become a challenge and an opportunity for innovation. One area where this data can be used is predictive maintenance, which allows airlines to predict equipment failures before they occur, thus minimizing downtime and optimizing maintenance schedules.

Salesforce Data Cloud, with its advanced data management capabilities and Bring Your Own Model (BYOM) functionality, offers a unique solution to this problem. It allows companies to integrate custom machine learning models to process and analyse data streams in real-time, providing actionable insights. By enabling predictive maintenance through data analytics, Salesforce Data Cloud can help airlines reduce unscheduled maintenance, improve safety protocols and optimize overall operations.

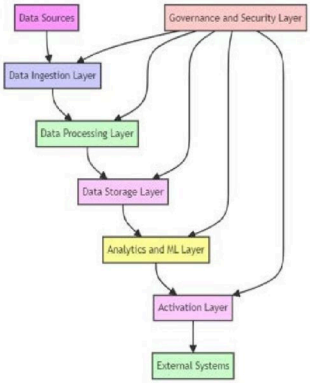


Fig. 1. Salesforce data cloud architecture [1]

This study focuses on exploring the role of Salesforce Data Cloud in controlling the flow of aviation data and implementing predictive maintenance strategies. The study explores how integrating custom ML models into the data cloud can offer an advantage in early detection of potential equipment failures, ensuring

uptime and optimizing resource allocation. As a result, airlines can turn data into a strategic asset that enables better decision-making and operational stability.

Although Data Cloud has its own LLMs (Large Language Models) with Salesforce support, it also allows you to integrate your own models from various sources. These are Amazon SageMaker, Google Cloud Vertex AI, or Databricks models.

This flexibility allows airlines to use specialized models developed or hosted on these platforms while leveraging the robust data infrastructure of Salesforce Data Cloud for seamless data flow and analysis.

As shown in Figure 2, the integration process includes structured inputs such as aircraft sensor data, maintenance logs, and operational statistics that are sent to a remote service for processing. These external platforms, such as SageMaker or Vertex AI, use this data to train machine learning models.

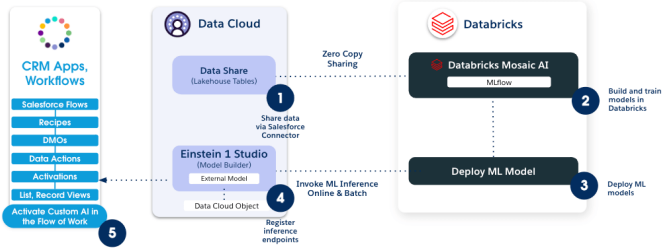


Fig. 2. Typical scheme of embedding custom ML model into Data Cloud flow

Once trained, models can be deployed and activated for real-time use in the Salesforce Data Cloud. The results generated by the model—whether predictive maintenance insights or operational forecasts—are then sent back to Salesforce, where they can be used to make decisions, report, or trigger automated workflows.

This architecture allows Salesforce Data Cloud to act as a central hub for data processing and analysis [2], while leveraging the power and expertise of external machine learning platforms. By integrating BYOM capabilities, airlines can use advanced predictive maintenance algorithms or adapt models specific to their operating environment, providing a high level of customization and optimization. This flexibility is especially important in the aviation industry, where real-time data analysis is critical to improving efficiency, reducing operational risk and preventing costly failures.

The process of integrating Salesforce Data Cloud with dedicated machine learning models into airline operations involves several key steps to ensure seamless integration of data flow management and predictive maintenance into the enterprise ecosystem. This integration provides a powerful framework for optimizing decision-making, streamlining processes and reducing maintenance costs while improving safety and operational efficiency [3].

The first step in the integration process is to identify and map the various data sources within the airline. These sources include aircraft sensors, engine performance data, historical maintenance records, flight logs, weather information,

and even external inputs such as air traffic control updates. Structured data coming from these sources must be organized and prepared for use in the Salesforce Data Cloud. An airline should evaluate its data needs with a focus on predictive maintenance goals, such as identifying components prone to failure, optimizing maintenance schedules, and reducing unplanned downtime.

Next, the airline must set up Salesforce Data Cloud to handle large volumes of data coming from various sources (Fig. 3). This involves creating data flows and pipelines that can process data in real-time, providing efficient inflow and structured storage. Salesforce's native capabilities provide advanced data visualization and harmonization, allowing data from disparate sources to be combined and used in a consistent manner.

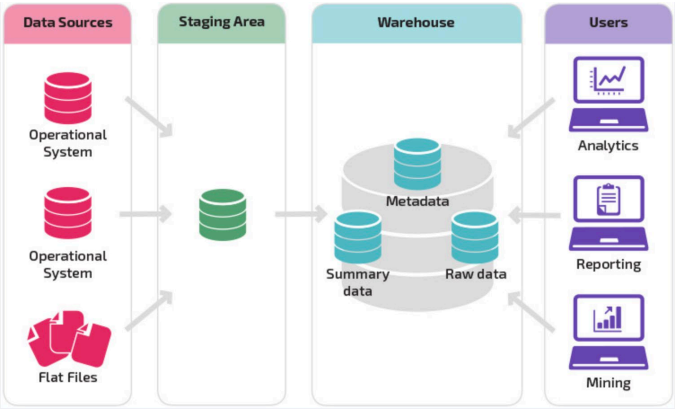


Fig. 3. Airline's data warehouse flow

In this step, the airline will configure data models and define workflows that meet predictive maintenance goals, such as triggering alerts when sensor data indicates a potential problem or scheduling maintenance based on the expected life of components.

With data flowing seamlessly into the Salesforce data cloud, the airline can continue to integrate its own machine learning models from platforms such as Amazon SageMaker, Google Cloud Vertex AI or Databricks. This is facilitated by Data Cloud BYOM capabilities.

For predictive maintenance, special models trained on specific data or aircraft components are integrated. These models use historical data to predict future failures based on patterns found in past maintenance records, sensor data, and operating conditions. Integration involves:

- Send structured input data (such as engine temperature fluctuations or vibration levels) from Salesforce Data Cloud to an external platform of your choice.
- Running data through a custom model to extract information, such as determining when a component is likely to fail.

• Bringing these forecasts back to the Salesforce data cloud, where they can trigger alerts or actions, such as automated work orders for maintenance crews.

Machine learning models require continuous training to improve accuracy and reliability. Real-time operational data, such as new sensor readings and maintenance results, are continuously fed into the system. As the airline collects more data, the models become better at predicting maintenance needs, thus improving operational efficiency.

Training can be done on external platforms such as SageMaker or Vertex AI, and any improvements or updates to the models are fully integrated back into the Salesforce data cloud. This continuous feedback loop ensures that the airline's predictive maintenance strategies remain current and relevant.

After the machine learning models are integrated, they are deployed in all divisions of the airline. Salesforce Data Cloud ensures that model-generated predictions and recommendations are available in real-time to all relevant groups, such as maintenance crews, operations managers, and security professionals.

The system can be monitored using Salesforce dashboards and reporting tools, where key performance indicators (KPIs) such as component failure rates, maintenance efficiency and aircraft downtime can be monitored. Alerts and notifications can be triggered automatically when a potential problem is detected, allowing for preventative maintenance and reducing the risk of costly unscheduled repairs.

Once a predictive maintenance system is in place, the airline can continuously evaluate its performance. Metrics such as forecast accuracy, reduced downtime, cost savings through proactive maintenance and improved aircraft availability can be measured and analyzed. Based on these assessments, the system can be adjusted and extended to other areas of the airline's operations, such as optimizing fuel efficiency, route planning and improving the customer experience.

Integrating Salesforce Data Cloud with dedicated machine learning models provides a robust framework for improving data flow control and implementing predictive maintenance in the aviation industry. This process allows aviation businesses to harness the power of data analytics, resulting in increased operational efficiency, lower costs and improved aircraft reliability. By leveraging the flexibility of Salesforce Data Cloud's BYOM capabilities, airlines can tailor solutions to their specific needs, providing a forward-looking approach to maintenance and operational excellence.

References

1. Guduru, Venkat Sumanth. (2023). Enhancing Customer Experience with Personalized Data Strategies in Salesforce Data Cloud. Journal of Mathematical & Computer Applications. 1-5. 10.47363/JMCA/2023(2)E112.

2. What Is Data Cloud?, April 2024 https://www.salesforce. com/blog/what - is - data - cloud/

3. Learn How Data Cloud Works, 2023 https: //trailhead.salesforce. com/content/learn/modules/data - cloud -powered - experiences/learn - how - data - cloud - works

УДК 656.7.072 (045)

Н.О. Семченко, к.т.н., І.В. Ніколаєнко, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Методика оцінювання якості обслуговування пасажирів в аеропортових комплексах

Оцінювання рівня якості надання послуг в аеропортових комплексах потрібно здійснювати за інтегральним показником, що включає якісні та кількісні характеристики. В роботі запропонована методика оцінки рівня якості діяльності аеропортового комплексу, якому властива велика кількість показників, різних за виміром, величиною та характером виконання.

Актуальним завданням авіаційної транспортної стратегії України до 2030 року [1] є забезпечення розвитку та модернізації аеропортів. Для виконання цього завдання необхідна розбудова сучасних термінальних пасажирських та вантажних комплексів (мультимодальних логістичних центрів) в аеропортах за рахунок їх власників та/або державно-приватного партнерства з урахуванням міжнародних стандартів ICAO та рекомендацій IATA (ADRM) щодо рівнів якості обслуговування пасажирів [1]. Сервіс, що надається в аеропорту, безпосередньо сприяє залученню інвестицій, що істотно впливає на розвиток аеропорту в цілому, на підвищення його доходів, як від авіаційної, так і від неавіаційної діяльності [2, 3]. Тому питанням підвищення рівня якості надання послуг потрібно приділяти постійну увагу. Навіть в сучасних складних воєнних умовах, коли перевезення пасажирів на території України не можливі, потрібно здійснювати підготовку кадрів для забезпечення високої якості обслуговування пасажирів в майбутньому.

В міжнародному середовищі існують певні стандарти по системі менеджменту якості ISO 9000, впровадження яких в аеропортах України є складним завданням, тому що: аеропортам України необхідні серйозні зміни та підходи до менеджменту, корпоративної культури, стилю та методів управління, залучення та набору кваліфікованих співробітників; стандарти ISO 9000 вимагають, щоб управління підприємством здійснювалося за строго регламентованими правилами. Ці стандарти мають певні недоліки, а саме в них відсутні певні методи та підходи до розвитку менеджменту, які були запропоновані та успішно застосовані у США, Японії та Європі у другій половині XX століття.

У зв'язку з цим, питання створення методики оцінки якості послуг аеропортової діяльності є актуальним. При чому оцінку рівня якості надання послуг в аеропорту потрібно здійснюватися за якісними та кількісними показниками одночасно.

В [4] нами було визначено фактори, що впливають на якість обслуговування пасажирів в аеропортових комплексах як складової забезпечення конкурентоспроможності авіакомпаній; запропоновано критерії оцінювання якості обслуговування пасажирів в аеропортових комплексах, включаючи послуги на борту літака.

Щоб оцінити рівень якості надання послуг в аеропорту пропонується наступна методика:

Етап 1. Визначення категорії споживачів послуг. В нашому дослідженні наголошується на тому, що основною категорією споживачів в аеропорту є пасажири, їх обираємо для подальших досліджень.

Етап 2. Визначення набору одиничних показників якості роботи аеропортового комплексу для обраної категорії споживачів (рис. 1).

1. комплексний показник якості процесу доставки	- транспортна доступність аеропорту - швидкість процесу реєстрації - швидкість посадки на рейс - швидкість доставки багажу після прибуття - якість обслуговування в процесі реєстрації - якість обслуговування в процесі посадки на рейс - якість обслуговування на борту - якість обслуговування в процесі видачі багажу - якість збереження багажу - контроль безпеки (догляд) на вході до аеровокзалу - контроль безпеки (догляд) перед польотом
2. комплексний показник якості обслуговування клієнтів персоналом, що показує професіоналізм персоналу	- доступність обслуговуючого персоналу - наявність достатньої кількості персоналу - вчасність обслуговування - знання обслуговуючого персоналу - ставлення персоналу до клієнта - ефективність розгляду скарг - професіоналізм персоналу
3. комплексний показник якості інфраструктури аеропортового комплексу	- комфортабельність і зручність привокзальної площі - комфортабельність і зручність аеровокзалу - інформаційний сервіс - навколишнє середовище
4. комплексний показник якості авіакомпанії	- репутація авіакомпанії - ефективність роботи з клієнтами - ефективність управляючих дій - навколишнє середовище
5. комплексний показник якості ціноутворення	- співвідношення ціни та якості - вартість авіаквитків у порівнянні з іншими авіакомпаніями, що пропонують подібні послуги
6. комплексний показник якості додаткових послуг.	- доставка багажу - оренда транспортного засобу - бронювання готелю - виклик таксі - обслуговування в лаунж-залі - інше

Рис. 1. Формування комплексних показників якості роботи аеропортового комплексу

За кожним показником можна визначити динаміку його зміни (позитивну (+) або негативну (–)), а також значення: планові ($P_{план}$), граничні

($P_{\text{гран}}$) та виконання ($P_{\text{вик}}$).

Для тих показників якості роботи аеропортового комплексу, які мають явно виражену динаміку (позитивну або негативну), та планове значення ($P_{\text{план}}$) яких не дорівнює нулю, одиничний показник якості (Q_i) можна визначити за однією з двох систем.

При позитивній (+) і негативній (–) динаміці відповідно:

$$Q_i = \begin{cases} P_{вик} \geq P_{план}, & Q_i = 1; \\ P_{гран} \leq P_{вик} < P_{план}, & Q_i = \dfrac{P_{вик}}{P_{план}}; \\ P_{вик} < P_{гран}, & Q_i = 0. \end{cases} \quad Q_i = \begin{cases} P_{вик} \leq P_{план}, & Q_i = 1; \\ P_{гран} \geq P_{вик} > P_{план}, & Q_i = \dfrac{P_{план}}{P_{вик}}; \\ P_{вик} > P_{гран}, & Q_i = 0. \end{cases} \qquad (1)$$

Показник $Q_{\text{і}}$ виконання кожного показника роботи аеропортового комплексу та тих, значення яких повинні дорівнювати нулю, слід визначити за формулою

$$Q_i = 1 - \frac{N_{відх}}{N_{заг}}, \qquad (2)$$

де $N_{\text{відх}}$ – кількість відхилень у нормальній роботі аеропортового комплексу;

$N_{\text{заг}}$ – загальна кількість одиниць вимірювання показника.

Етап 3. Формування комплексних показників якості роботи аеропортового комплексу шляхом об'єднання різноманітних одиничних показників якості в групи (рис.1):

$Q^{\text{інт}}$ – інтегральний показник оцінки рівня якості роботи аеропортового комплексу, $Q^{\text{інт}} = f(Q_{\text{д}}, Q_{\text{п}}, Q_{\text{ак}}, Q_{\text{а}}, Q_{\text{ц}}, Q_{\text{дп}})$;

$Q_{\text{д}}$ – комплексний показник якості процесу доставки;

$Q_{\text{п}}$ – комплексний показник якості обслуговування клієнтів персоналом, що показує професіоналізм персоналу;

$Q_{\text{ак}}$ – комплексний показник якості інфраструктури аеропортового комплексу;

$Q_{\text{а}}$ – комплексний показник якості авіакомпанії;

$Q_{\text{ц}}$ – комплексний показник якості ціноутворення;

$Q_{\text{дп}}$ – комплексний показник якості додаткових послуг.

Етап 4. Проведення опитування та сегментування пасажирів з метою визначення якісних характеристик роботи аеропортового комплексу.

Опитування дозволяють авіакомпанії зрозуміти її поточну ефективність і відповідність очікуванням клієнтів, відстежувати зміни попиту. Для отримання вимірювання рівня задоволення очікувань і потреб клієнтів в анкетах є питання щодо конкретного продукту і характеристики його якості [5]. Результатом опитування є заповнена «Карта опитування експертів» з чисельними значеннями, поставленими у відповідності до запропонованої шкали балів рівня задоволення від отримання послуги.

Етап 5. Аналіз отриманих даних. На цьому етапі потрібно на основі отриманих кількісних характеристик показників якості надання послуг розрахувати інтегральний показник якості обслуговування пасажирів в аеропортових комплексах.

У теорії дослідження операцій та моделювання виробничих процесів існують певні методи побудови узагальненого показника. Оскільки маємо декілька комплексних показників, що відображають різні сторони якості роботи аеропортового комплексу з погляду пасажирів, то для оцінки рівня якості наданих послуг використовуємо інтегральний показник, що є середнім арифметичним комплексних показників:

$$Q^{\text{інт}} = \frac{Q_{\text{д}} + Q_{\text{п}} + Q_{\text{ак}} + Q_{\text{а}} + Q_{\text{ц}} + Q_{\text{дп}}}{6}. \qquad (3)$$

Кожен з комплексних показників відображає узагальнений критерій на основі середньозваженої функції, а саме лінійну згортку локальних критеріїв (поєднання властивостей) [6]. Модель будується таким чином, щоб одиничні показники чисельно не виходили за межі інтервалу [0, 1]:

Модель згортки має вигляд:

$$Q^{\text{к}} = \frac{\sum_{i=1}^{k} q_i Q_i}{\sum_{i=1}^{k} q_i} = \sum_{j=1}^{k} q_j Q_j \,, \qquad \sum_{i=1}^{k} q_i = 1 \qquad (4)$$

де $Q^{\text{к}}$ – комплексний показник;

Q_i – одиничні показники, що відображають вплив основних факторів;

k - кількість факторів;

q_i – вагові коефіцієнти показників Q_i. Вони відображають питому вагу кожного одиничного показника із загального обсягу вибірки цих показників.

Ваговий коефіцієнт показника якості (q_i) найбільш точно можна визначити шляхом експертного опитування пасажирів (методом рангу). Найбільш широко поширеним є експертний спосіб оцінки важливості властивостей продукції, процесу або послуги. У цьому способі використовується досвід фахівців. Значення вагових коефіцієнтів приймаються з урахуванням обробки думок експертів.

При ранжируванні експертами показників (присвоєння їм балів), максимальна величина рангу береться за кількістю досліджуваних показників (факторів). Значення рангу кожного одиничного показника наголошується у відповідному стовпці «Карти опитування експертів». З виставлених експертами рангів (балів) розраховуються частки кожного показника (фактору), а також сума часток рангу. Для кожного фактору (показника) на підставі суми часток рангу показника визначається ваговий коефіцієнт показників якості/

Частка рангу j-го показника якості роботи аеропортового комплексу у i-го експерта r_j^i визначається за залежністю:

$$r_j^i = \frac{R_j^i}{\sum R_j^i}, \qquad (4)$$

де R_j^i – ранг j-го показника якості роботи аеропортового комплексу у i-го експерта;

$\sum R_j^i$ – сума рангів показників якості однієї групи у *i*-го експерта;

R_j – *j*-ий показник якості роботи аеропортового комплексу.

На підставі суми часток рангу, визначеної за кожним одиничним показником якості роботи аеропортового комплексу, визначається ваговий коефіцієнт показника роботи аеропортового комплексу:

$$q_i = \frac{\sum r_j^i}{\sum_{j=1}^{k} \sum r_j^i}. \qquad (5)$$

Одиночні показники якості послуг в аеропортових комплексах з точки зору пасажирів є нормованими середньозваженими оцінками за результатами обробки анкет-опитувальників.

Етап 6. Визначення напрямів розвитку та модернізації аеропортів з метою підвищення рівня якості надання послуг.

Розроблену методику оцінки рівня якості діяльності аеропортового комплексу з погляду пасажирів як основних споживачів послуг, доцільно застосовувати як інструмент для виявлення «вузьких місць» з якісного обслуговування пасажирів в аеропортах України, що дозволить отримати об'єктивну інформацію про якість послуг, що надаються в аеропорту, і визначити ті області, які вимагають втручання для підвищення рівня якості роботи аеропорту з урахуванням специфіки регіону.

Список літератури

1. Авіаційна транспортна стратегія України на період до 2030 року. https://mtu.gov.ua/files/Dok_PROEKT/Авіаційна транспортна стратегія 2030.docx
2. Павелко В. Ю. Ринок послуг з наземного обслуговування в аеропортах України та практичні напрями його реформування. – Modern Economics, 2022. – № 36(2022)). – С. 103-107. DOI: https://doi.org/10.31521/modecon.V36(2022)-15.
3. Halpern N., Mwesiumo D. Airport service quality and passenger satisfaction: The impact of service failure on the likelihood of promoting an airport online. – Research in Transportation Business & Management, 2021. – Vol. 41. – 100667. – С. 1-15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100667.
4. Семченко Н.О., Український Є.О. Якість обслуговування пасажирів авіакомпаніями в аеропортових комплексах. – Системи та технології, 2023. – 66 (2). – С. 108-116. DOI: https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.2-66.12
5. Berger C., Blauth R., Boger D., Bolster C., Burchill G., DuMouchel W., Pouliot F., Richter R., Rubinoff A., Shen D., Timko M., Walden, D. Kano's Methods for Understanding Customer-defined Quality. – Center for Quality Management Journal, 1993. – Vol. 2. – № 4. – Pp. 3-36.
6. Ус С.А., Коряшкіна Л.С. Моделі й методи прийняття рішень: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2014. – 300 с.

UDC 331.101.1:629.735.083(076.5):656.7.086(045)

A.V. Goncharenko, Dr. of Eng., V.V. Iliushyn, PhD student
(National Aviation University, Ukraine)

Air transport technologies resources optimal recombination through variational and subjective analysis approach

Application of the calculus of variations simplest problem setting allows finding the optimal path between two points with respect to the minimal time of the air transportation as a significant resource of the air transportation technologies. The proposed recombination of the resources is based upon the optimal distribution of the individuals' subjective preferences obtained with the use of the subjective analysis theory key point referred to a conditional optimality of the preferences entropy.

Introduction

The time of transportation is an important resource of the air transport technologies. Factually, it is the matter of the individuals' subjective preferences [1] whether to take one or another transport technology. The principle of the subjective entropy conditional optimality mathematically adopted (derived) from the Jaynes' principle [2]–[4], which is a well known in theoretical physics. However, in subjective analysis [1], the mentioned above mathematical formalism of [2]–[4] is implemented into the realm of social sciences such as economics, psychology, sociology, politics etc. The approach of the individuals' preferences conditional optimality from the subjective analysis [1] has its outcomes in neural networks [5].

Herewith, it is proposed to discuss a type of a combined problem setting in regards with the variational objectivity and available alternatives preferences functions subjectivity. That implies some applications likewise in references [6]–[11].

Development of the approach

In the framework of the simplest problem of calculus of variations, the time (one of the air transport technologies resources) can be expressed as

$$dt = \frac{ds}{v(x)}, \qquad (1)$$

where dt is the differential of time t; ds is the differential of path; $v(x)$ is the instantaneous speed as a function of the coordinate x of the corresponding reference system.

Surely, the differential equation (1) follows the differential equation of a material particle plane motion in the natural form of the motion description:

$$v = \frac{ds}{dt}. \qquad (2)$$

Then, transforming from (1) and (2)

$$dt = \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{v_0 + kx}, \qquad (3)$$

where dx and dy are the differentials of the x and y coordinates correspondingly; v_0 is the initial speed; k is the coefficient of proportionality (the rate of the speed varying (change) with respect to the x coordinate).

Integrating (3)

$$T[y]=\int_0^{d_1}\frac{\sqrt{1+(y'_x)^2}}{v_0+kx}dx\,, \qquad (4)$$

where $T[y]$ is the objective functional (the time of the air transportation, the indispensable element of the air transport technology, important air transport technology resource) dependent upon the unknown (free, to be found/determined) function of $y(x)$; d_1 is the terminal value of x varying;

$$y'_x=\frac{dy}{dx}. \qquad (5)$$

Solving (4) for $y(x)$, with the use of the Euler-Lagrange equation:

$$\frac{\partial F}{\partial y}-\frac{d}{dx}\left(\frac{\partial F}{\partial y'}\right)=0\,, \qquad (6)$$

where

$$F=\frac{\sqrt{1+(y'_x)^2}}{v_0+kx}\,; \qquad (7)$$

$$y'\equiv y'_x\,, \qquad (8)$$

one can obtain

$$y(x)=C_1\pm\sqrt{\frac{1}{(kC)^2}-\left(\frac{v_0}{k}+x\right)^2}\,, \qquad (9)$$

where

$$C_1=\sqrt{\frac{k^2\left[(y_1)^2+2\frac{v_0}{k}d_1+(d_1)^2\right]^2+(2v_0y_1)^2}{(2ky_1)^2}-\left(\frac{v_0}{k}\right)^2}\,, \qquad (10)$$

where

$$y_1=y(d_1)\,; \qquad (11)$$

$$C=\frac{2y_1}{\sqrt{k^2\left[(y_1)^2+2\frac{v_0}{k}d_1+(d_1)^2\right]^2+(2v_0y_1)^2}}\,. \qquad (12)$$

Numerical example is illustrated in Fig. 1.

The magnitudes of the values for the quantitative experimentations by (1)-(12) are conditional.

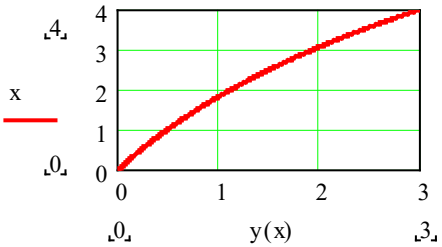


Fig. 1. Extremal of $y(x)$

The preferences distribution is shown in Fig. 2.

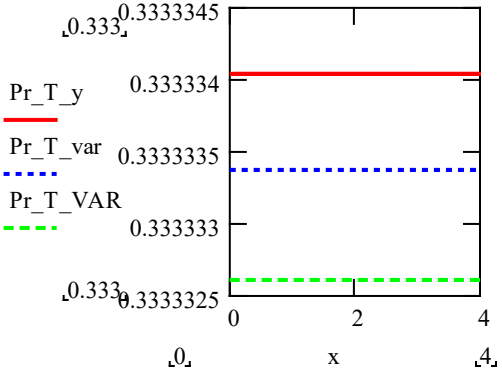


Fig. 2. Preferences of the alternatives

In Fig. 2 it is depicted Pr_T_y for the preference function with the extremal solution of (9) with (10)-(12) used in (4).

Pr_T_var stands for a "smaller" variation of the extremal solution of (9).

Pr_T_VAR is a "greater" variation of (9).

As to the individuals' subjective preferences distribution, shown in Fig. 2, it is worth saying that for the simulated alternatives the magnitudes significantly depend upon the cognitive parameter β, [1]:

$$\pi_{(i)} = \frac{e^{-\beta T\left[y_{(i)}\right]}}{\sum_{j=1}^{3} e^{-\beta T\left[y_{(j)}\right]}}, \qquad (13)$$

where $\pi_{(i)}$ is the preference function of the i^{th} alternative; $T\left[y_{(i)}\right]$ is the time for the corresponding alternative (variated $y(x)$ function).

The shorter time has the higher preference since

$$\beta > 0 . \qquad (14)$$

References

1. Kasianov V. Subjective entropy of preferences. Subjective analysis: monograph / V. Kasianov. – Warsaw: Institute of Aviation Scientific Publications, 2013. – 644 p.
2. Jaynes E. T. Information theory and statistical mechanics / E. T. Jaynes // Physical review. – U.S.A. – 1957. – Vol. 106, № 4. – pp. 620-630.
3. Jaynes E. T. Information theory and statistical mechanics. II / E. T. Jaynes // Physical review. – U.S.A. – 1957. – Vol. 108, № 2. – pp. 171-190.
4. Jaynes E. T. On the rationale of maximum-entropy methods / E. T. Jaynes // Proceedings of the IEEE. – 1982. – vol. 70. – pp. 939–952.
5. Haykin S. Neural Networks. A Comprehensive Foundation / S. Haykin. – Moscow, Russia: Publishing House “Williams”, 2006. – 1104 p.
6. Goncharenko A. V., “Multi-Optional hybridization for UAV maintenance purposes,” in Proceedings of the IEEE 5th International Conference on Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD), IEEE, Kyiv, Ukraine, pp. 48–51, October 2019.
7. Goncharenko A. V. A multi-optional hybrid functions entropy as a tool for transportation means repair optimal periodicity determination / A. V. Goncharenko // Aviation. – 2018. Volume 22(2). – pp. 60–66.
8. Goncharenko A. V. Active systems communicational control assessment in multi-alternative navigational situations / A. V. Goncharenko // 2018 IEEE 5th International Conference “Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)” Proceedings. October, 16-18, 2018, Kyiv, Ukraine. – 2018. – pp. 254-257.
9. Goncharenko A. V. Aeronautical and aerospace material and structural damages to failures: theoretical concepts / A. V. Goncharenko // International Journal of Aerospace Engineering. – Volume 2018 (2018), Article ID 4126085, 7 pages https://doi.org/10.1155/2018/4126085; 2018. – pp. 1-7.
10. Goncharenko A. V. Computer Modeling of Discrete Systems in the Case of Linear and non-Linear Restrictions on the Optimal Speed of the Aircraft Based on the Lagrange Method / A. V. Goncharenko, S. O. Teterin // Proceedings of The 7th International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2024). – May 03, 2024. – Zaporizhzhia, Ukraine, 2024. – pp. 157-168.
11. Goncharenko A. V. Rational Air Transportation Technologies Resources Recombination on Condition of the Generalized Values / A. V. Goncharenko, V. V. Iliushyn // Proceedings of The 7th International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2024). – May 03, 2024. – Zaporizhzhia, Ukraine, 2024. – pp. 86-96. https://ceur-ws.org/Vol-3702/paper8.pdf.

УДК 656.7: 658:005.5: 339.1

Максим Грищенко, Олександр Олефіренко,
Дмитро Шевчук, д.т.н., проф.
(Національний авіаційній університет, Україна)

Управління комерційними процесами авіакомпанії в парадигмі економічної безпеки

Сучасні авіакомпанії в останні роки переживають зміни у підході до економічної безпеки в комерційній роботі від класичного, який сформовано у кінці 80-х років з початком діяльності перших онлайн-систем дистрибуції до нової парадигми, що вплинуло як на канали та підхід до дистрибуції, так і до використання людського ресурсу і більшої уваги до мінімізації людського фактору. 25-літній період складних самостійних за своєю суттю та призначенням систем закінчився з масовим впровадженням веб-технологій, що створило нові передумови конкуренції як сегменті онлайн дистрибуції так і перегляду комерційної стратегії і впливу нових інструментів на процеси прийняття рішень.

Актуальність досліджень

Авіакомпанії спрямовують ресурс на власну економічну безпеку, в основі якої лежать як власні комерційні рішення, так і зниження ризиків. Велика кількість різноманітних за архітектурою систем та рішень переважної більшості авіакомпаній вимагають розробки все більшого числа API, що робить більш комплексним та хаотичним розвиток існуючих систем, а також веде до проблемних місць в комерційних бізнес-процесах. Для більш наочного порівняння – це побудова електрокара на платформі автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння: такий підхід виключно консенсуальний, але апріорі неефективний, через конструктивну непристосованість платформи автомобіля з ДВЗ до принципів побудови електрокара.

Постановка задачі

Основними кластерами, які підпадають під сучасне розуміння проблем комерційної діяльності авіакомпаній, є: управління доходами, дистрибуція, власне менеджмент, застосування та реалізація програм лояльності.

Для досягнення ефективної комерційної діяльності сучасної авіакомпанії потрібно виконати наступні завдання:

1) забезпечити гнучкий та зрозумілий інструмент дистрибуції та управління доходами з простим напівавтоматичним управлінням та постійною аналітикою 24/7 з метою публікації заданої алгоритмами ціни у правильний час;

2) перейти на необхідність зниження рівня людського фактора у прийнятті ключових рішень щодо: суб’єктивності у прийнятті рішень, анулляції часових рамок як фактора, відсутності об’єктивної та неупередженої експертизи;

3) підвищити ефективність застосування програм лояльності як особливого інструмента процесу дистрибуції.

Необхідно зауважити, що пересічний сучасний пасажирський авіаперевізник переважно став заручником технологій, які були сучасними на момент його заснування та розвитку. Це в більшості своїй: GDS-системи, застаріло-складні за апаратною та програмною базами, вузькоспеціалізовані системи управління доходами, розроблені спеціально для потреб певної авіакомпанії, програмні продукти для статистичного ведення баз програм лояльності, які разом управляються переважно в мануальному режимі вузькоспеціалізованим персоналом. Команди підтримки таких систем відрізняються масовістю: наприклад, станом на 2019 рік відділ підтримки revenue management та тарифів Міжнародних Авіаліній України (25 літаків станом на лютий 2019 року) нараховував близько 50 працівників. Велика кількість персоналу, розподіл персоналу за вузькою спеціалізацією, втрата часу на вертикальне узгодження наіть незначних змін в налаштуваннях систем приводять в сукупності до багатьох вузьких місць в злагодженні та створенні штучних організаційних перешкод для оперативного та експертного прийняття рішень.

Результати досліджень

Технології визначають базис організаційної структури авіакомпанії та відповідні бізнес-процеси, які складають комерційну діяльність. Морально та програмно старі технології підвищують час тривалості бізнес-процесу загалом та збільшують ризики вчасного прийняття рішень, що в свою чергу підвищує імовірність ситуацій, в якій рішення прийняте пізніше необхідного часу або втратило актуальність. Економічно безпечні технологічні рішення створюють базис прозорої експертизи на всіх етапах комерційної діяльності: від прийнятого рішення до оцінки ефективності його виконання. В основі даного підходу - прості алгоритми розподілу повноважень та підходи делегувань функцій.

Авіакомпанія, для забезпечення економічної ефективності, повинна запропонувати бізнес-модель, яка була б ефективною та гнучкою в розрізі отримання доходів, оскільки операційні витрати конкурентів є в більшості своїй однаковими. Цей підхід стає першочерговим у забезпеченні комерційних процесів. В даному контексті інноваційність в сучасних умовах діяльності полягає в наступному:

- власний інструмент веб-продажу;
- управління доходами базується та процесно управляється інтегрованими в даний веб-інструмент алгоритмами та апаратній складовій;
- програма лояльності є інструментом дистрибуції та беспосередньо коригує цінову пропозицію безпосередньо під час продажу, базуючись на рейтингу клієнта;
- підхід об’єднання функцій персоналу - єдино правильне рішення у адмініструванні модулів системи – запровадження ролі адміністратора системи;
- прийняття рішень відповідно до цілодобового аналізу ситуації на рейсах, корегування виконуються, виходячи зі змін критеріїв статистики по напрямках та дій конкурентів, що ефективніше реалізовувати в нічний час – ціни конкурентів відносно статичні, що дає змогу вийти з новою тактичною схемою роботи до початку наступного «дня продажів».

- прийняття рішень фіксується системою в вигляді: адміністратор-дата-час-рішення для аналітики та роботою над помилками.

Вказані принципи є лише базовими, проте створюють передумови для розуміння напрямків розвитку комерційних процесів економічно-ефективної авіакомпанії в розрізі отримання максимальних доходів та економічної безпеки.

Висновки

Згідно статистики IATA, кожного року (без врахування COVID-19 та подібних нетривіальних років) близько 15-20 авіаперевізників оголошують себе банкрутами або повністю припиняють діяльність. Ринкова ніша не залишається пустою та отримує нові авіакомпанії, в приблизно такій же кількості щороку у вигляді стартапів та дочірніх підприємств. Підтверджує це твердження наступний факт: дефіцит пасажирських літаків на вторинному ринку, який розпочався в 2022 році. Саме з позицій конкурентоспроможності, інноваційний підхід до побудови та реалізації комерційних процесів буде першочерговим фактором, який ляже в основу сучасної ефективної авіакомпанії. Прийняття рішень без впливу фактору часу - плановість, персонал з універсальними знаннями, розвиток програмної архітектури інструменту revenue management та дистрибуції без необхідності розробки надбудов до масових систем та масових API від різних провайдерів дадуть змогу розробити та впровадити ефективну систему з максимізації доходів та забезпечити передумови для отримання якісно нової економічної безпеки авіакомпанії.

Постійне відслідковування прийнятих рішень, та рішень, які знаходяться в процесі прийняття, дасть змогу мінімізувати кількість вузьких місць у структурі, що забезпечить потік прийнятих рішень ламінарним, а отже – створить передумови для його ефективної аналітики та мінімізації людського фактора у .

Список літератури

1) Brady, T., Davies, A., Gann, D.M. Creating value by delivering integrated solutions (2005) *International Journal of Project Management*, 23 (5 SPEC. ISS.), pp. 360-365

2) Clausen, J., Larsen, A., Larsen, J., Rezanova, N.J. Disruption management in the airline industry-Concepts, models and methods (2010) Computers and Operations Research, 37 (5), pp. 809-821.

3) Belobaba, P., Odoni, A., Barnhart, C. The Global Airline Industry (2009) The Global Airline Industry, pp. 1-494.

4) Pérez-Méndez, J.A., Machado-Cabezas, Á. Relationship between management information systems and corporate performance (2015) Revista de Contabilidad-Spanish Accounting Review, 18 (1), pp. 32-43.

5) Porter, M.E. What is strategy? (1996) *Harvard Business Review*, 74 (6), pp. 61-78.

6) Macário, R., Meersman, H., Van de Voorde, E. COMPETITION AMONG EUROPEAN AIRLINES: PRICING STRATEGIES, YIELDS AND PROFITS (2019) *Advances in Airline Economics*, 8, pp. 77-89.

УДК 005.35(043.2)

Рихлівський М.О аспірант
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Корпоративна соціальна відповідальність (КСВ) в авіаційній галузі: стратегії, виклики та приклади впровадження

Корпоративна соціальна відповідальність (КСВ) є однією з ключових складових стратегії сучасних авіакомпаній, що прагнуть не тільки забезпечити прибутковість, але й мінімізувати негативний вплив на суспільство та довкілля. З розвитком глобальних ініціатив щодо зниження викидів парникових газів та підвищення соціальної відповідальності компанії стикаються з необхідністю впровадження КСВ для досягнення сталого розвитку.
Авіаційна галузь, яка відповідає за 2-3% світових викидів CO_2, знаходиться під тиском міжнародних організацій, урядів і громадськості, що вимагає від компаній розробки та впровадження ефективних екологічних та соціальних ініціатив. Розглянемо кілька ключових аспектів корпоративної соціальної відповідальності в авіації, а також реальні приклади, що демонструють ефективність впровадження КСВ у світових авіакомпаніях.

1. Екологічна відповідальність: нові виклики та рішення

Одним із основних аспектів КСВ є екологічна відповідальність, яка включає заходи щодо скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу, зменшення споживання ресурсів та впровадження новітніх технологій для підвищення енергоефективності. У світі авіація відіграє значну роль у глобальних викидах парникових газів, тому зменшення впливу на клімат є ключовим завданням для авіакомпаній.

Air France-KLM є одним із лідерів у впровадженні екологічно сталих рішень. Компанія розробила комплексну стратегію під назвою Destination Sustainability, яка передбачає скорочення викидів CO_2 на 30% до 2030 року на кожен пасажир-кілометр. Одним із ключових елементів стратегії є використання стійкого авіаційного палива (SAF), яке дозволяє скоротити викиди до 80%. Компанія також активно модернізує свій флот, замінюючи старі моделі літаків на нові, більш енергоефективні, що дозволяє знизити споживання палива на 25% порівняно з попередніми поколіннями літаків. (1).

У свою чергу, Ryanair, найбільший лоукост-перевізник Європи, також активно працює над впровадженням екологічних рішень. Компанія інвестує $62 млрд у модернізацію флоту, що дозволить знизити споживання палива і зменшити викиди CO_2. Крім того, Ryanair планує використовувати 12,5% стійкого авіаційного палива до 2030 року, а до 2050 року компанія планує досягти нульових викидів вуглецю.(2)

2. Соціальна відповідальність: турбота про громади та співробітників

Соціальна відповідальність є ще одним важливим аспектом КСВ, який включає забезпечення справедливих умов праці, підтримку місцевих громад та забезпечення різноманітності та інклюзії в компанії. Авіакомпанії не лише здійснюють авіаперевезення, але й взаємодіють із громадами та працівниками, що робить соціальні програми важливими для збереження стійкості бізнесу.

British Airways є одним із прикладів компанії, яка успішно впроваджує соціально відповідальні ініціативи. У 2021 році компанія запустила програму BA Better World, яка включає підтримку місцевих громад, розвиток освітніх проєктів, а також впровадження програм для працівників, спрямованих на забезпечення рівних можливостей для всіх. Під час конференції ООН з питань клімату COP26, British Airways здійснила всі рейси між Лондоном і Глазго з використанням стійкого авіаційного палива, що дозволило зменшити викиди на 80% порівняно з використанням традиційного палива. (4)

Іншим прикладом є дослідження, проведене на корейському ринку, яке показало, що впровадження КСВ ініціатив підвищує задоволеність клієнтів і зміцнює довіру до бренду. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню лояльності пасажирів до авіакомпанії. Наприклад, Korean Air активно використовує КСВ для зміцнення відносин з клієнтами, впроваджуючи програми з охорони довкілля та соціальних проектів. (5)

3. Економічна сталість та інновації

Економічна сталість є важливою складовою КСВ, яка допомагає авіакомпаніям зберігати конкурентоспроможність на ринку та забезпечувати довгостроковий розвиток. Інвестування в нові технології, такі як модернізація літаків та впровадження стійкого авіаційного палива, дозволяють зменшити витрати на паливо і підвищити операційну ефективність компаній.

Згідно з дослідженням, проведеним у 2020 році, авіаційна галузь стикається з проблемою відсутності єдиних стандартів для оцінки ефективності КСВ. Наприклад, у світі відсутні чіткі критерії для оцінки результативності сталого розвитку в авіації, що ускладнює порівняння між різними авіакомпаніями. Це питання стає важливим для міжнародних організацій, які працюють над впровадженням єдиних стандартів звітності, таких як GRI та SASB, які можуть допомогти забезпечити прозорість і стандартизацію КСВ у галузі.

Крім того, авіакомпанії інвестують у розробку нових технологій, таких як літальні апарати з нульовими викидами та інноваційні системи управління польотами, які дозволяють скоротити споживання палива під час польотів. Це не тільки допомагає знизити негативний вплив на довкілля, але й підвищити економічну ефективність компаній.

4. Виклики та можливості впровадження КСВ

Незважаючи на активне впровадження КСВ у авіаційній галузі, існує низка викликів, з якими стикаються компанії. По-перше, це значні інвестиції, необхідні для модернізації флоту та впровадження стійких технологій. Багато авіакомпаній працюють у висококонкурентному середовищі з низькими маржинальними прибутками, що ускладнює фінансування великих екологічних проектів.

По-друге, нормативні вимоги щодо зниження викидів стають дедалі жорсткішими, що створює додатковий тиск на компанії. Уряди багатьох країн впроваджують податки на викиди вуглецю та інші регуляторні заходи, що зобов'язує авіакомпанії до пошуку нових шляхів для оптимізації своєї діяльності.

Однак, попри виклики, КСВ також відкриває нові можливості для розвитку бізнесу. Компанії, які активно впроваджують КСВ стратегії, отримують конкурентні переваги, оскільки клієнти дедалі частіше обирають екологічно свідомі бренди.

Можливості для подальшого розвитку КСВ в авіації

Попри виклики, перед якими стоять авіакомпанії у впровадженні КСВ, існує багато можливостей для подальшого розвитку та інновацій. По-перше, інвестиції в стійкі технології, такі як використання біопалива та розвиток нових літаків з нульовими викидами, надають компаніям змогу знизити свій вуглецевий слід та отримати вигоду від зниження витрат на паливо.

Друге ключове питання — це посилення партнерства між урядами, бізнесом і науковими установами для розробки ефективних рішень у боротьбі зі зміною клімату. Наприклад, співпраця між British Airways та компанією BP, яка постачає стійке авіаційне паливо для рейсів, що значно знижує рівень викидів, є прикладом успішного партнерства, яке допомагає досягати спільних екологічних цілей.

Третя можливість — це розвиток програм із залучення клієнтів до екологічно свідомої поведінки. Багато авіакомпаній, включаючи Ryanair та Air France-KLM, пропонують своїм клієнтам можливість купувати компенсації за викиди вуглецю, що робить їх подорожі більш екологічними.

Висновки

Корпоративна соціальна відповідальність у авіаційній галузі є невід'ємною частиною сучасного бізнесу. Авіакомпанії з усього світу впроваджують екологічні, соціальні та економічні ініціативи, спрямовані на зменшення негативного впливу на довкілля, покращення умов праці та зміцнення відносин з місцевими громадами. Програми КСВ стають важливим інструментом для підвищення конкурентоспроможності, оскільки клієнти та інвестори все частіше звертають увагу на соціально відповідальні компанії.

Авіакомпанії, такі як Air France-KLM, British Airways та Ryanair, є прикладами успішного впровадження стратегій КСВ, які сприяють зниженню

викидів вуглецю, підвищенню соціальної відповідальності та зміцненню економічної стабільності. Однак виклики, пов'язані з великими інвестиціями та нормативними обмеженнями, вимагають від компаній інноваційного підходу до розвитку та впровадження нових технологій.

Список літератури

1. Air France-KLM 2021 Sustainable Development Report (стор. 24-30)(Air France KLM).
2. Ryanair Sustainability Initiatives (стор. 17-20)(Ryanair Corporate).
3. British Airways BA Better World Program (стор. 18-22)(British Airways Media Centre).
4. Corporate Social Responsibility Trends in the Airline Industry (стор. 312-343)(MDPI)(Cambridge University Press & Assessment).
5. The Influence of CSR on Airline Loyalty (стор. 45-48)(MDPI)

УДК 656.7:159.9

Т.Г. Разінкіна, О.О. Самойлюк, Л.М. Щеховська
(Національний авіаційний університет, Україна)

Адаптація персоналу до нових технологій в авіаційній логістиці: поведінкові стратегії підвищення ефективності

Розглянуто поведінкові стратегії адаптації персоналу до нових технологій в авіаційній логістиці. Основна увага приділяється методам подолання опору змінам, психологічній підтримці та навчальним програмам, що сприяють підвищенню ефективності працівників і оптимізації процесів у галузі.

Впровадження нових технологій завжди супроводжується низкою викликів. Зокрема, в авіаційній логістиці це питання пов'язане з управлінням великим обсягом даних, автоматизацією процесів, використанням нових програмних систем для відстеження вантажів, і навіть роботизованими процесами. Основна проблема полягає не в складності самих технологій, а в їхньому впливі на звичний робочий процес персоналу.[1]

Серед ключових викликів можна виділити:

1. Опір змінам. Люди часто сприймають зміни як загрозу своєму професійному статусу, стабільності або комфорту. В авіаційній логістиці працівники можуть відчувати страх перед тим, що автоматизація призведе до втрати роботи, зниження їхньої цінності як фахівців або ускладнення виконання завдань.
2. Недостатній рівень підготовки. Інколи працівники не мають достатньої підготовки або технічних навичок для швидкого опанування нових технологій, що призводить до виникнення стресових ситуацій та падіння продуктивності.
3. Збільшення робочого навантаження на етапі адаптації. Впровадження нових технологій часто супроводжується необхідністю паралельного виконання звичних завдань і освоєння нових інструментів, що збільшує навантаження на працівників.
4. Комунікаційні бар'єри. Недостатня кількість інформації або погана комунікація з боку керівництва може збільшити невпевненість персоналу щодо нових технологій, що призводить до зниження мотивації та підвищення опору.[2]

Для ефективної адаптації персоналу до нових технологій необхідно використовувати ряд поведінкових стратегій, які допомагають подолати опір змінам, знизити стрес та підвищити мотивацію працівників.

Однією з ключових стратегій є розвиток культури відкритості до нових технологій. Це означає створення середовища, де зміни сприймаються як частина нормального робочого процесу, а не як загроза. Ця стратегія включає:

- залучення персоналу до процесу змін. Важливо зробити працівників учасниками змін, а не лише об'єктами. Це може бути реалізовано через консультації, опитування та участь у пілотних проєктах. Якщо працівники розуміють, що їхню думку враховують, це знижує рівень опору.

- комунікаційні стратегії. Прозора комунікація є критично важливою для мінімізації страхів. Керівництво повинно регулярно пояснювати, які зміни відбудуться, навіщо вони потрібні і як вони вплинуть на повсякденну роботу працівників.[3]

Другим важливим аспектом є забезпечення працівників необхідними знаннями та навичками для успішного освоєння нових технологій. Ефективне навчання повинно включати:

- попереднє навчання. До того як нові технології будуть впроваджені на повну, необхідно проводити тренінги та семінари для персоналу. Це дозволить знизити тривожність і забезпечити плавний перехід до нових методів роботи.

- безперервна підтримка. Навчання не повинно закінчуватись після початкового впровадження технологій. Працівники повинні мати доступ до постійної підтримки у вигляді консультацій, навчальних відео, довідкових матеріалів або навіть індивідуальних коучинг-сесій.

Один з найважливіших аспектів, який часто ігнорується при впровадженні нових технологій, – це психологічна підтримка персоналу. Період змін завжди супроводжується стресом, і якщо керівництво не виявляє належної уваги до психологічного стану працівників, це може призвести до виснаження і навіть звільнень.

- Індивідуальна підтримка. Спеціалісти з HR можуть надавати психологічну підтримку працівникам, які відчувають тривогу або невпевненість через впровадження нових технологій.

- Командні сесії. Регулярні зустрічі, де працівники можуть ділитися своїм досвідом та переживаннями, допоможуть побудувати довіру і підвищити командний дух.[5]

Оцінка результатів впровадження нових технологій у сфері авіаційної логістики є складним, але важливим процесом, що допомагає визначити ефективність технологічних інновацій та їхній вплив на діяльність компанії. Після інтеграції нових систем та програмного забезпечення необхідно провести комплексну оцінку як кількісних, так і якісних показників, щоб зрозуміти, чи сприяють технології підвищенню продуктивності та скороченню витрат.

Прикладом може бути компанія DHL, яка інтегрувала автоматизовані системи відстеження вантажів та розширене використання дронів для доставки в труднодоступні регіони. Після впровадження цих технологій компанія відзначила значне скорочення часу доставки та зниження кількості помилок у логістичних процесах. Наприклад, система автоматичного відстеження вантажів дозволила значно зменшити кількість випадків втрати або неправильного відправлення посилок. Крім того, технологічні зміни дозволили компанії оптимізувати використання персоналу, зменшивши навантаження на працівників та підвищивши їх задоволеність роботою. Одним із ключових аспектів є не лише оцінка швидкості та ефективності операцій, а й поведінкові зміни у працівників. Після інтеграції нових технологій часто виникає опір з боку персоналу, який може не володіти необхідними навичками або боятися втратити роботу через автоматизацію. Важливо проводити регулярні тренінги

та навчальні програми для адаптації працівників, а також запроваджувати мотиваційні стратегії, щоб підвищити їхню залученість та продуктивність. Для вимірювання результатів у DHL було проведено оцінку основних показників до та після впровадження нових технологій:

Таблиця 1

Показник	**До впровадження**	**Після впровадження**	**Зміни (%)**
Середній час доставки	48 годин	30 годин	-37.5%
Кількість помилок у відстеженні вантажів	4%	1%	-75%
Операційні витрати на доставку	120 000 грн / місяць	90 000 грн / місяць	-25%
Задоволеність працівників	70%	85%	+15%
Задоволеність клієнтів	78%	92%	+14%

Джерело: побудовано авторами на основі [4]

Така оцінка демонструє, що впровадження нових технологій не лише призвело до оптимізації процесів та зменшення витрат, але й підвищило рівень задоволеності як клієнтів, так і працівників. Це підкреслює важливість інновацій у логістичній галузі, а також необхідність інвестицій у поведінкові стратегії, що сприяють адаптації персоналу до нових умов роботи.

Висновки

Впровадження нових технологій в авіаційній логістиці – це складний процес, який потребує не лише технічної підготовки, а й належної уваги до поведінкових аспектів адаптації персоналу. Використання таких стратегій, як створення культури відкритості до змін, належне навчання та психологічна підтримка, дозволяє значно підвищити ефективність процесу та знизити рівень опору. Оцінка результатів допомагає визначити, які саме стратегії працюють найкраще, та вдосконалювати їх у майбутньому.

Список літератури

1. Brown, A., & Smith, K. (2020). Human Factors in Aviation Logistics: Behavioral Strategies for Change Management. Journal of Logistics and Supply Chain.

2. Марченко В. М., Шутюк В. В. Логістика : підручник, 2–ге вид., доповн. Київ :НУХТ, 2022. 334 с.
3. Рудовська О. М. Логістика: наук.-допом. бібліогр. покажч. Київ: НУХТ, 2021. 146 с.
4. Офіційний сайт DHL. URL: https://www.dhl.com/ua-uk/home.html
5. Jansen, P., & Williams, R. (2021). *Managing Employee Resistance to Technological Change: Lessons from the Aviation Industry*. Industrial Relations Journal.

UDC 321:341:339.9

V.O. Pankina
(Technical University of Košice, Košice, Slovakia)

Modern means of air transportation: state of the art and development prospects

This article analyzes the current state of air transportation, identifies key trends and forecasts the industry's development prospects. The current state of air transportation, its main assets and prospects for development in the face of new challenges are considered.

Air transport has undergone significant transformations in recent decades. Continuous technological development, global economic growth and globalization have contributed to the rapid growth of the aviation industry. Rapid scientific and technological progress over the past few decades has led to significant changes in the air transportation industry. Innovations in technology, growing demand for fast transportation, and the globalization of the economy have contributed to the expansion and improvement of this industry. Therefore, the study of the current state of air transportation, its fixed assets and prospects for development in the face of new challenges is relevant and timely. [1]

Air transportation (air transportation) is a method of transportation of goods, mail and passengers by means of aircraft. Aircraft is an aircraft; aircraft include manned aircraft with a crew or pilot on board who controls the aircraft and unmanned aircraft controlled by an operator from the ground or flying automatically according to a pre-set program. Air transportation can be classified into two main types: passenger and cargo. According to the International Air Transport Association (IATA), in 2022, global passenger traffic increased by 50% compared to 2021, indicating the recovery of the air transportation industry after the COVID-19 pandemic. Modern airlines offer a variety of classes of service to meet different customer needs. The demand for air cargo transportation is driven by the growth of e-commerce. Cargo aircraft provide fast delivery of goods, which is critical for many businesses. [2]

Modern innovative technologies play a key role in the development of aviation. Today, air transportation is one of the fastest and most popular ways to travel long distances. Due to the continuous improvement of aircraft, expansion of aviation infrastructure, and lower airfares, the demand for air travel continues to grow. The main areas of emerging technologies include autonomy, environmental friendliness, and the digitalization and individualization of services. [6] Unmanned aerial vehicles open up new prospects for cargo transportation, particularly in hard-to-reach regions. Modern digital technologies increase the efficiency of airlines in such processes as booking, passenger service, and flight management. Modern aircraft are equipped with the most advanced navigation, control, and safety systems. New materials, more efficient engines and aerodynamic shapes help to reduce fuel costs and harmful emissions, which is confirmed by the introduction of new aircraft models (Boeing 787, Airbus A350 and others), [4,5] the use of which reduces fuel consumption and harmful emissions. Also, the analysis of the current state shows that airports around the world are constantly expanding and modernizing to cope with the growing passenger traffic. New technologies are being introduced to speed up customs/passport control and

document processing. The emergence of low-cost airlines has significantly reduced airfares, making air travel more affordable for a wide range of consumers. Airlines are increasingly paying attention to the individual needs of passengers, offering a variety of additional services and loyalty programs. Air transport plays an important role not only in the transportation of passengers but also in global supply chains. Speed, reliability and the ability to deliver almost any cargo to any part of the world have made air cargo transportation indispensable for many industries.

The current state of air cargo transportation is characterized by the following features. The use of specialized cargo aircraft, which are designed specifically for cargo transportation, have large cargo compartments and can carry oversized and heavy cargo. Airlines also use the free space in passenger aircraft to transport cargo, which increases their profitability. The use of standard containers simplifies the process of loading, unloading and transportation of goods. Containerization and specialized logistics centers at airports ensure efficient cargo handling and fast delivery to the final destination. [5]

Considering the prospects for the development of air transportation, it should be noted that the growth of international trade and population mobility requires the expansion of the air transportation network. The expansion of aviation infrastructure, namely the development of regional airports and the construction of new cargo airports and the modernization of existing ones, will increase the capacity and efficiency of air cargo transportation. Investing in small airport infrastructure will provide better accessibility to remote areas and the development of regional air transportation. The increase in the number of regional airports and the emergence of new types of aircraft with short runways open up new opportunities for the development of regional air transportation.

Technological innovations are giving a powerful impetus to the development of unmanned aircraft and flight automation. [3] Unmanned aerial vehicles can be used to deliver small cargoes over short distances, which is especially important for regions with a developed road network. In turn, the introduction of automatic flight control systems will improve flight safety and reduce the workload of pilots. The use of the Internet of Things technology will allow tracking the movement of goods in real time, which will increase the transparency and efficiency of logistics processes. The development of 3D printing technologies will make it possible to produce spare parts and other necessary components directly on board the aircraft or at destinations, which will significantly reduce delivery time. Thanks to the development of digital technologies, airlines will be able to provide more personalized services to their passengers: the introduction of artificial intelligence in flight management and passenger services will increase efficiency and safety. In the future, new areas such as space tourism may emerge, opening up new horizons for the development of the aviation industry.

One of the main challenges for the aviation industry is to reduce its environmental impact, so environmental friendliness is among the key areas of technology development in the aviation industry. The use of alternative fuels and route optimization are key factors in ensuring the environmental sustainability of the industry. The use of composite materials will reduce the weight of aircraft and increase their fuel efficiency. In this area, active research is underway to develop electric and

hydrogen aircraft, as well as new types of biofuels. Biofuels and hydrogen technologies can become important elements of the emission reduction strategy, while the use of the latest navigation technologies will reduce fuel consumption and increase flight efficiency. [6]

Despite positive prospects, the air transportation industry faces a number of challenges. The ever-growing demand for air transportation requires an increase in flight safety. The development of rail and road transport, as well as the emergence of new technologies such as hyperloops, may create additional competition for airlines. Air cargo transportation is one of the most expensive modes of transportation. Rail and sea transportation offer more cost-effective options for transporting bulky goods over long distances. Aviation emissions are one of the causes of climate change. Changing climate conditions can lead to more difficult flight conditions and higher fuel costs. Global crises, such as the COVID-19 pandemic, can have a significant impact on demand for air transportation. [6]

Modern air transportation facilities are undergoing rapid development due to innovations that ensure efficiency and safety. The industry's development prospects are directly linked to environmental sustainability, globalization and technological innovation. The aviation industry must be ready to meet the challenges of the modern world and adapt to new conditions to ensure its continued success. New technologies, eco-friendly solutions and the growing demand for fast and comfortable transportation will contribute to the further development of this important industry. Air cargo transportation plays an important role in the global economy, so further growth in transportation volumes and the introduction of new technologies are expected in the future.

Modern means of air transportation continue to develop at a rapid pace and despite the challenges facing the industry, the future of air transportation looks very promising.

References

1. Ivannikova V., Shevchuk D., Konovalyuk V., Borets I., Vysotska I. (2022). Estimation of the innovative technologies influence on passengers processing procedures at the airport. Transportation Research Procedia 59: 127–136.
2. Sarkisova O.M. (2018) Analiz diialnosti po zdiisnenniu aviatsiinykh perevezen v Ukraini. Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ekonomichni nauky. Vyp. 33: 236–242.
3. Saderova, Janka, Lubomir Ambrisko, Daniela Marasova, and Patricia Muchova. 2024. "Proposal of a Transport Planning Model for the Removal of Quarry Stone Using a Simulation" Applied Sciences 14, no. 12: 5130. https://doi.org/10.3390/app14125130
4. Boeing-747. [Electronic resource] – Access mode: https://www.boeing.com/commercial/747/
5. Airbus A380. [Electronic resource] – Access mode: https://www.modernairliners.com/airbus-a380#specs
6. "Global Air Freight Market - Growth, Trends, and Forecast (2020-2025)" by Mordor Intelligence, accessed on March 25, 2023.

УДК 159.923.07

Л.С. Яковицька
доктор психологічних наук,
Н.Є. Нестерчук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Умови та складові прийняття фахових раціональних рішень

Розглянуто раціональний підхід прийняття фахових рішень. Визначено поняття раціонального рішення, стадії раціонального розв'язання проблеми та принципи теорії «обмеженої раціональності», розробленої Г. Саймоном. Узагальнені ознаки раціональної поведінки індивіда.

Дослідження, що здійснюються в галузі прийняття рішень фахівцем в невизначених ситуаціях, зумовили утворення двох теоретичних підходів: раціоналістичного (О. Дячук, Ю. Фуртат, Д. Мацеха, С. Бурий, Г. Саймон, А. Тверський, Д. Канеман, С. Черевичний, інші) та психологічного (В. Артемов, І. Галян, Л. Карамушка, Л. Помиткіна, І. Сингаївська, О. Чеботарьова, Л. Яковицька, інші). Перший ґрунтується на дослідженнях математиків, інженерів, філософів, в межах якого розробляються відповіді на питання, як обирати раціональні рішення та оптимальні альтернативи, тобто представники цього підходу намагаються розробити певний універсальний алгоритм, який може бути використаним за багатьох обставин, різними фахівцями. Раціональне рішення як таке, що ґрунтується на судженнях, є по суті вибором, обумовленим знаннями або накопиченим досвідом. Такий підхід до прийняття рішень надзвичайно поширений у науково-технічній діяльності, оскільки багато дій вписано в технологічний добре розроблений алгоритм, його перевагою є швидкість та простий перебір альтернатив. Недоліком такого перебору є те, що він не є ефективним в ситуаціях, які попередньо не мали аналогів у минулому досвіді професійної діяльності фахівця [2].

В межах психологічного підходу щодо теорії прийняття рішень розглядається поняття інтуїтивного рішення. Інтуїтивне рішення приймається без аналізу всіх «за» і «проти» на підставі відчуття його правильності. Раціональні рішення відрізняються від інтуїтивних, незалежністю від минулого досвіду, бо активно аналізуються та ранжуються в умовах актуальної виробничої ситуації. Раціональне розв'язання проблеми проходить кілька стадій:

- діагностика об'єктивних і суб'єктивних умов,
- визначення та формулювання обмежень і критеріїв для прийняття рішень,
- напрацювання кількох альтернатив,
- оцінка альтернатив,
- остаточний вибір дій.

Щодо психологічних складових раціонального рішення, слід згадати концепцію обмеженої раціональності Герберта Саймона [3], яка вказує на те,

що люди часто приймають рішення, обираючи не найкращий варіант, а той, що задовольняє їхні поточні вимоги та потреби.

Основний принцип теорії «обмеженої раціональності», розробленої Г. Саймоном у 1957 р., полягає в концепції задоволення, коли суб'єкт при прийнятті рішень прагне досягнення певного задовільного, але не обов'язково оптимального результату. Раціональність особи, яка приймає рішення, визнається обмеженою, оскільки вона вибирає не найкращу, а задовільну альтернативу в складі наявних. Інакше висловлюючись, фахівець, який і бажає діяти раціонально, насправді здатний до таких дій лише певною мірою. Так званий принцип бритви Оккама показує, що поведінка людей відповідає і процедурам, що удосконалюють дії, і процедурам, які дозволяють отримати достатні результати. Обмежена раціональність означає, що неможливо в повному обсязі використовувати всю наявну інформацію в процесі вибору рішення (переважно через труднощі її отримання та аналізу). Через це рішення приймаються частково на основі інтуїції та (або) наявного досвіду тощо.

Показником фаховості в системах прийняття професійних рішень є і комунікативна складова процесу, в якій головним чином використовуються партисипативні, групові методи прийняття. Так соціальний консенсус є підставою прийняття складних рішень за умов виробничої або технологічної невизначеності. Консенсус для фахових рішень є результатом узгодження суперечливих питань та різних думок у процесі вироблення спільної позиції. Він досягається обговоренням та консультаціями, а також застосуванням різних методик – раціоналізації, розробки максимальної кількості прийнятних альтернатив. Щодо принципу більшості, внутрішньогрупової єдності, розповсюдженого у нас в соціальній та політичній сферах, то слід зазначити, що у науково-технічній, зокрема авіаційній, сферах він має вельми обмежене застосування. Більшість, як правило, не забезпечує прийняття ефективного виробничого рішення, оскільки найкращі альтернативні технічні рішення приймають вузькоспеціалізовані фахові групи.

Фахівець, що працює за умов невизначеної ситуації, навіть у випадку непрогнозованого, афункціонального результату, акцентується не стільки на пошуку винних або причин недоліків, скільки на мобілізації інтелектуальних і виробничих ресурсів для пошуку способів виходу з критичної ситуації (якщо вона виникла).

Відповідно до сучасного тлумачення поведінки суб'єкта рішень (інженера, диспетчера, менеджера, операціоніста, виробничої групи, соціального підприємця) його дії можуть ґрунтуватися і на альтруїстичних мотивах. Вище ми вже обговорювали поняття обмеженої раціональності як цілеспрямованих дій людини в умовах, коли прийняти найбільш ефективне рішення важко у зв'язку з відсутністю можливості мати необхідну інформацію, часовий інтервал, а також недостатність ресурсного забезпечення.

У традиційних теоріях рішень поведінка індивіда вважається раціональною, якщо:

– має місце прагнення максимізації бажаного результату при заданих обмеженнях (споживач максимізує корисність, виробник – прибуток);

– в умовах невизначеності та ризику індивіду притаманні обґрунтовані очікування (привласнення ймовірності подій відповідно до припущень теорії раціональних очікувань [1], такими, наприклад, як розуміння специфіки технологічних механізмів та здатність прогнозувати їх дію);

– для учасників виробничої взаємодії не характерні систематичні помилки, що дозволяє застосовувати під час аналізу ситуації й інструментарій теорії ймовірності.

Висновки. Усі сучасні концепції свідчать про складні когнітивні, емоційні та комунікативні складові процесу прийняття рішень, внаслідок яких формується послідовність дій задля раціонального, максимально ефективного вирішення проблемних ситуацій.

Список літератури

1. Артемов, В. Ю., Сингаївська, І. В. Особливості процесів прийняття рішень в умовах невизначеності. *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2022. № 1(65). С. 149–163.

2. Яковицька Л. Психологічні особливості процесу прийняття рішень авіадиспетчером. *Індивідуальність у психологічних вимірах спільнот та професій: збірник наукових праць* / за заг. ред. Л.В. Помиткіної, О.П.Хохліної, Л.С. Яковицької. К. : МВЦ «Медінформ», 2023. С. 163–168.

3. Simon H. Administrative Behavior, 4th edn.. New York : The Free Press, 1997. 368 p.

UDC 378 + 371.134 +656.7 + 811

S.O. Miroshnyk, O.V. Kovtun, D.Sc., N.I. Khaidari, Cand. Sc.
(National Aviation University, Ukraine)

Sufficient English language proficiency as a means to ensure flight safety

Safety is the priority and strategic task of most states in the modern world. Safety can be economic, social, environmental, informational, etc. COVID-19, which covered most of the globe, prioritized the perception of the world and demonstrated insecurity and unpreparedness for emergencies that can paralyze the lives of individual spheres of the economy, education, healthcare, and the entire state. In this situation, the "human factor" comes to the fore as a powerful and only tool for regulating processes and developing new concepts that are happening in society.

Communication in the field of aviation is recognized as crucial to air safety. Besides the technical serviceability of air transport, flight safety implies the intellectual capital of aviation specialists, particularly aircrew. Sufficient English language proficiency is an essential prerequisite to air traffic safety. The level of foreign language proficiency plays a special role in ensuring safety [1]. While researching aviation accidents, human-human interaction became one of the first factors to be studied. Pilot errors mostly happen because of deficiencies in crew communication and collaboration [1]. Thus, insufficient proficiency in English frequently leads to accidents and disasters since the pilots cannot adequately convey information to air traffic controllers and vice versa.

Professional aviation communication includes specific professional speech communication between air traffic controllers and aircrew concerning issues of operating an aircraft flight; communication of air traffic control personnel and aircrew with ground personnel to ensure the organization and safety of a particular flight; communication of aircrew indirectly (through announcements) or directly with passengers. The first one is particularly considered as the key factor of flight safety [2].The use of composite materials is due to high strength and stiffness and low weight compared to metallic materials. However, a significant disadvantage of polymer composites is the possibility of hidden internal destructive micro shock due to various influences, which can cause accidents in the operation of the aircraft.

In 2017, The Civil Aviation Authority (CAA) published the results of independent research on the English language proficiency of pilots and air traffic controllers in terms of aviation safety. The study highlighted a range of problems, from poor English proficiency of pilots and air traffic controllers who are not native speakers to the use of dialects and slang by British pilots that are often incomprehensible to foreign air traffic participants, which consequently may endanger the lives of aircrew and passengers. The study analyzed the recorded cases of language misunderstanding between pilots and air traffic controllers and found that the most common ones are the following:

- readback - hearback errors;
- call sign misunderstanding;
- English language proficiency below ICAO standard;

- reduced situational awareness because of multilingual radiotelephony, the use of multiple languages;
- the use of non-standard phraseology (by both native and non-native English speakers).

The study also highlights that the ICAO standards of language proficiency are not tough enough to establish appropriately clear communication between pilots and air traffic controllers. Besides, the underreporting of language competence issues by British pilots and air traffic controllers is revealed. It is identified that there are sufficient grounds to suspect that certain specialists who are not native English speakers are not being tested at all, but rather granted ICAO Level 4 certificates by unfair means. Also, cheating on aviation English tests is considered to be a factor that endangers aviation safety [3].

The report shows occurrences with both native English speakers and foreign ones. For instance, it describes the case, taken from the study by T. Tiewtrakul and S. Fletcher [3], involving Thai air traffic controllers who transmitted instructions with a strong accent and rapid speech rate, which resulted in increased misunderstanding and confusion [4].

Other examples cover cases of misunderstanding in British and French airspace, again related to the communication of native and non-native speakers and substandard language proficiency [4].

Taking into account the information mentioned above, the importance of sufficient English language proficiency does not require further comment. The issue is to develop new and improve existing techniques of language training for pilots and air traffic controllers based on the analysis of the most common language errors. According to scientific researches, the latest include the following ones:

- grammatical (incorrect use of the negative particle NOT, as well as singular and plural forms, confusion of verbs and gerunds, tense forms);
- distorted perception of numbers;
- distortion of the phonetic image of the word;
- omission of meaningful elements (prepositions, auxiliary words in questions);
- intentional omission of words;
- the use of non-existent elements;
- reliance on an individual auditory association rather than on information.

Regarding the fact that many experts criticize the level of English proficiency of pilots and air traffic controllers, and the requirements of the ICAO Level 4 English certificate are considered insufficient, special requirements are put forward for aviation English teachers. Equal responsibility lies with those who study aviation English and those who teach it (first of all, it is about the maximum degree of awareness of responsibility and the need to obtain and constantly improve the level of language proficiency).

Concerning methods and techniques used in teaching aviation English, it is necessary to organize the educational process on the following principles:

- the idea of safety should be prioritized;
- the educational material should be relevant and expedient;
- the educational material should be situational;
- authentic listening and speaking material should be chosen carefully;
- individual characteristics of perception should be taken into account;
- practical material and errors associated with misunderstandings between pilots and air traffic controllers should be analysed while providing a training course [2].

It should be noted that misunderstandings and poor English have also led to fatal flight accidents throughout the history of aviation. One of the most terrible aircraft crashes in history, resulting in the tragic deaths of hundreds of people, is considered to be the Tenerife airport disaster. On March 27, 1977, two Boeing 747 passenger jet airplanes operating KLM Flight 4805 and Pan Am Flight 1736 collided on the runway in low visibility conditions. Of course, most airplane crashes are not the result of a single failure or error. However, the main reason for the accident was found to be a misunderstanding that took place between the air traffic controller and pilots. When one aircraft operating KLM Flight 4805 was in position, the first officer requested takeoff clearance. In turn, he only received the route clearance from the air traffic controller, which was mistakenly understood as a takeoff clearance. After repeating the instructions back, the first officer added, “We are at takeoff.” The air traffic controller understood this answer as confirmation that the crew was ready to take off and said "OK," which confirmed the pilots’ delusion that the clearance had been received. Thus, the KLM crew started takeoff without authorization. Immediately after that, the air traffic controller added, “Stand by for takeoff. I will call you.” At the same moment, the Pan American crew informed the air traffic controller that they were still taxiing down the runway. Any of these messages would have been enough for the KLM crew to realize their mistake, however, due to the interference (the messages occurred simultaneously and overlapped), they were not audible in the KLM cockpit. Thus, the misunderstanding resulted in 336 deaths.

After the crash investigation was completed, it was concluded that the most likely cause of the disaster was ambiguity in the English language and misunderstanding of the air traffic controller’s instructions. The use of nonstandard terminology (the word “OK”) caused misinterpretation of the instructions and most likely led to the tragedy. Of course, it cannot be denied that poor visibility due to the fog was also one of the reasons that caused the disaster, but not to the same extent as linguistic obscurity [1, 5, 6].

As a result, flight accidents that have happened throughout the history of aviation led to the adoption of certain standards and norms. World international organizations have made large-scale international standardization reforms to eliminate ambiguity in communication between pilots and air traffic controllers. The International Civil Aviation Organization has put forward a mandatory requirement that all aviation field specialists speak English in order to avoid confusion and misunderstanding to ensure a safe environment while providing international flights. Deviations from the use of standard phraseology are considered to be one of the serious causes of safety occurrences [5].

As it is generally known, the aviation branch is one of the fastest-developing areas of international transportation. The issues of safety improvement are being discussed by experts to reduce the number of accidents. As shown by a lot of studies in this area (the present one, in particular), human error can lead to fatal consequences. To reduce the number of air accidents, an aviation field specialist must possess a considerable wealth of knowledge, be proficient in the English language, and understand the role of the human factor in the sphere of aviation.

However, proficiency in English is just a small part of the professional abilities and skills of aircrew, air traffic controllers, and other specialists in the aviation field. A lack of proficiency in a foreign language can cause multiple problems and misunderstandings between the abovementioned specialists, which means that communication in English is one of the key factors in providing air safety.

It is worth noting that the human factor is directly connected with everyone, whether these are mechanical errors, high information technology errors, or language errors. Thus, the investigations of the role of human factors in aviation have been necessary for many years and will not lose their relevancy in the future. However, human beings are not machines, thus errors will occur, but, by understanding the root causes of human error and realizing the importance of human factors in aviation, they can be brought down to a minimum amount and their negative consequences can be limited.

References

1. Kovtun O, Miroshnyk S 2018 Male-Female differences in Aviation (with focus on incidents/accidents) Aviation in the the XXIst century *Proc. of the VIIIth World Congress* (Kyiv: NAU) pp 13.2.14-13.2.17
2. Kovtun O, Khaidari N, Harmash T, Melnyk N and Gnatyuk S 2019 Communication in civil aviation: Linguistic analysis for educational purposes *CEUR Workshop Proc*. Vol. 2588. CEUR-WS
3. Tiewtrakul T, Fletcher S 2010. The challenge of regional accents for aviation English language proficiency standards: A study of difficulties in understanding in air traffic control-pilot communications *Ergonomics* **53(2)** 229-39.
4. Clark B 2017 Aviation English Research Project: Data analysis findings and best practice recommendations *An independent research report commissioned by CAA* https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP1375%20Mar17.pdf
5. The true story behind the deadliest air disaster of all time https://www.telegraph.co.uk/travel/comment/tenerife-airport-disaster/
6. 1977: Hundreds dead in Tenerife plane crash https://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/march/27/newsid_2531000/2531063.stm

УДК 81: 378.4(477-25)

С.В. Литвинська, канд. філол. н., доц.
(Національний університет біоресурсів
і природокористування України, Україна)
А.В. Сібрук, канд. філол. н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Висвітлення питання безпеки польотів на сторінках веб-сайтів та соціальних мережах

У статті з'ясовано, що джерелом сучасної професійної комунікації щодо безпеки польотів є декілька основних сайтів та їх сторінки у соціальних мережах.

До 24 лютого 2022 року Україна мала значний потенціал для розвитку авіагалузі завдяки євроінтеграційній політиці держави та вигідному географічному положенню. У жовтні 2021 року наша країна підписала угоду "Про єдиний авіаційний простір між Україною та ЄС" і повинна дотримуватися стандартів ЄС у галузі авіації. Це складне завдання, оскільки потребує значних інвестицій у модернізацію аеропортів та авіаційних підприємств. Проте війна в країні, на жаль, унеможливила функціонування цивільної авіатранспортної галузі України. Актуальним питанням сьогодення є функціонування військової авіації та безпека польотів. Надзвичайно важливим є комунікація фахівців щодо цих питань. Звичайно, більшість питань є військовою таємницею і не може бути обговорюваною в соціальних мережах або в чатах, проте деякі з цих питань є відкритими для суспільства. На даний момент існує багато ресурсів, які містять інформацію про авіацію.

Як правило, більшість сайтів є інформаційним ресурсом і оптимальним способом інформування. Веб-сайти забезпечують доступ до інформації для віддалених користувачів і прості у використанні [4]. Розглянемо окремі сайти:

1. Avianews.com представляє новини, цікаві фоторепортажі, авіамандрівки, історії української авіації [1]. Сайт працює з 2004 року, за адресою сайту можна знайти багато новин, які стосуються цивільної та військової авіації. Громадяни України можуть ознайомитися з останніми новинами основних перевізників. Для фахівців авіаційної галузі корисним може бути форум, де представники авіаційної галузі з різних країн світу можуть обговорити питання безпеки польотів, розглянути основні та ймовірні причини авіакатастроф. Проаналізувавши форум, в якому брали участь тисячі учасників, було виявлено, що питання безпеки польотів та особливостей обслуговування літальних апаратів є основними на форумі. Наведемо приклади: питання прав пасажирів зацікавило 108 читачів, які залишили свої коментарі. Натомість, обговорення безпеки польотів набрало 1292154 переглядів і 4938 коментарів. На першому місці за інтересом було професійне питання про функціонування радарів (1885693, з них – 7315 коментарів). Даний сайт представлений в телеграмі та фейсбуці. У телеграмі публікують новини про авіакатастрофи, питання безпеки польотів викликає інтерес у

читачів. В основному, це коментарі пересічних громадян. Професіонали вкрай рідко коментують свою думку у соціальних мережах.

2. Сайт «Крила: все про українську авіацію» оперативно повідомляє новини про цивільну та військову авіацію, містить путівник та фотогалерею авіакомпанії, статті з історії авіації [7]. За останні два роки тематика статей істотно змінилася. Статті про військову авіацію – 287, авіабудівництво – 313, легка авіація – 30, цивільна авіація – 488, конструювання – 6. Сайт вчасно подає оновлено інформацію. За червень-серпень 2024 року більшість новин мала відношення до отримання та безпечну експлуатацію модернізованих літаків F-16. Також на сайті можна ознайомитися з основними нормативними документами з обслуговування повітряного руху. Telegram-канал сайту є швидшим за сайт, інформація оновлюється щодня і містить найважливіші статті про українську військову авіацію. Сторінка у мережі «Фейсбук» є застарілою, оскільки рідко оновлюється. Веб-сайт слідкує за науковими здобутками Національного авіаційного університету, активно публікує новини та прес-релізи про навчальний заклад. Це може бути початком активної співпраці.

3. Український авіаційний портал – потужний інформаційний ресурс. Цей портал об'єднує інформаційні джерела підприємств цивільної авіації України та надає користувачам авіаційну інформацію [5]. Інформація оновлюється майже щодня, сайт дуже легкий та інтуїтивний у користування. Фахівці мають змогу обмінювати своїм досвідом на форумі, який поділений на секції: авіація України, аеронавігація України, авіація та суспільство тощо. Спеціалісти авіаційної галузі можуть поставити питання до аудиторії, обговорити питання безпеки, знайти роботу…Досить зручним є посилання на обговорення після кожної статті, яка вас зацікавила.

4. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) досліджує проблеми міжнародної організації цивільної авіації, повітряних шляхів, створення аеропортів і аеронавігаційних засобів, розробляє міжнародні стандарти конструкції та експлуатації повітряних суден, правила використання обладнання, засобів зв'язку та управління польотом; сприяє уніфікації митних, імміграційних і санітарних правил. ІКАО розробляє проєкти міжнародних конвенцій. Вся інформація є на офіційному сайті [2].

5. Державна авіаційна служба України [6] має також офіційний сайт. Цей орган було утворено 9 грудня 2010 року як центральний орган виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України. Державіаслужба у своїй діяльності керується Конституцією України, законами України, указами Президента України та Кабінету Міністрів України.

Його основні завдання:

– внесення пропозицій щодо формування державної політики у сфері цивільної авіації та використання повітряного простору;

– реалізація державної політики у сфері цивільної авіації та використання повітряного простору;

– здійснення державного контролю та нагляду за безпекою цивільної авіації;

– організація розробки нормативно-правової бази регулювання діяльності цивільної авіації;

– сертифікація та реєстрація об'єктів і суб'єктів цивільної авіації та ліцензування авіаційних перевезень;

– регулювання використання повітряного простору та організації повітряного руху;

– організація авіаперевезень;

– сприяння зовнішньоекономічній та міжнародно-правовій діяльності цивільної авіації тощо.

Державна авіаційна служба України видає або анулює ліцензії на провадження господарської діяльності з перевезення пасажирів, небезпечних вантажів і небезпечних відходів повітряним транспортом.

Веб-сайт – це сукупність інформаційних ресурсів (електронних документів), програмно-технічних засобів, що забезпечують доступ юридичних і фізичних осіб до джерел інформації та інформаційних сервісів певного суб'єкта за унікальною адресою в мережі Інтернет. На цьому веб-сайті розміщено великий обсяг інформації. Це важлива інформація про роботу Державіаадміністрації України, комерційну експлуатацію літаків, особливості функціонування [3].

Користувачі сайту мають можливість поспілкуватися з Державіаслужбою України в розділі «Взаємодія з громадськістю». Користувачі також можуть запитувати отримання публічної інформації. У розділі «Контакти» є список контактів для зв'язку з різними підрозділами. Нормативно-правові документи та інструкції з організації польотів знаходяться у відкритому доступі. Інформація на сайті надається двома мовами – українською та англійською. Крім офіційного сайту, ви також можете поспілкуватися з Державіаслужбою України через сторінку у Facebook або просто в Google.

Особлива увага приділяється питанням аеронавігації та безпеки польотів. У рубриці «Авіаційна безпека» міститься інформація про систему обов'язкових оповіщень та рекомендації щодо безпеки польотів. Тут представлено перелік нормативних документів з авіаційної безпеки станом на 14 серпня 2018 року. Матеріали щодо особливостей організації повітряного руху, навігації, зв'язку, забезпечення аеронавігаційної інформації та метеорологічного обслуговування розміщені в рубриці «Аеронавігація».

Таким чином, висвітлення питання безпеки польотів на сторінках веб-сайтів та соціальних мережах є відкритим та багатофункціональним Більшість сайтів можна знайти українською та англійською мовами. Як правило, сайти схожі за структурою та змістом на веб-сайт ІСАО. Однак сайт ІСАО має більший вибір мовних версій, оскільки він представляє міжнародну організацію. На жаль, на сайті ІСАО інформація українською мовою відсутня, як і на більшості міжнародних сайтів. Загалом, розглянуті у статті сайти постійно оновлюються та мають спрощену версію у соціальних мережах та месенджерах. Результати дослідження підтверджують необхідність розміщення інформації з безпеки польотів, аналізу авіаційних подій на різних

сайтах. Інформаційне наповнення сайту є джерелом для наукових досліджень та наукової комунікації.

Список літератури

1. Avianews.com [Electronic resource]. – Access mode: URL: https://www.avianews.com/.
2. ICAO UNITING AVIATION [Electronic resource]. – Access mode: URL: https://www.icao.int/Pages/default.aspx.
3. Lytvynska S.V. State Aviation Administration of Ukraine Website as a source of information about flight safety – URL**:** https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/Congress2018/paper/viewFile/5108/4212
4. Sibruk A., Burlakova I., Khalinovska L. Terminological modelling of the aviation terms system in the context of globalized information space and security of aviation industry / A. Sibruk , I.Burlakova , L. Khalinovska // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: VIII International Scientific Conference Transport of Siberia. - 2020. - Volume 918. - P. 5-17 – URL: https://www.researchgate.net/publication/346114425_Terminological_modelling_of_the_aviation_terms_system_in_the_context_of_globalized_information_space_and_security_of_aviation_industry
5. The Ukrainian Aviation Portal [Electronic resource]. – Access mode: URL: http://www.aviation.com.ua/#google_vignette
6. State Aviation Administration of Ukraine [Electronic resource]. –URL: https://avia.gov.ua/.
7. The Wings: All About Ukrainian Aviation [Electronic resource]. – Access mode: URL: http://www.wing.com.ua.

UDC 81:811.111-028.17:629.7 (045)

A.O. Davydenko, PhD, A.A. Zasluzhena, Cand. Sc, Ye.O. Ivanov
(National Aviation University, Ukraine)

The place of language teaching in training aviation personnel in the field of aviation safety

The safety of civil aviation is an issue of international nature. In recent years, aviation safety has benefited greatly from the development of advanced technology, but it is still highly dependent on the human factor. Thus, proper organization of personnel training can promote the formation of an effective and sustainable aviation safety culture worldwide. Hence, teaching Aviation English to aviation personnel plays a key role in safety improvement by making aviation personnel able to conduct clear and effective communication in Aviation English.

Air transport remains one of the safest modes of transport worldwide. A high level of aviation transport security requires constant safety control, analysis of trends, and timely implementation of measures to prevent aviation incidents [1, p. 315]. The Air Code of Ukraine, which establishes the legal basis of activities in the aviation field, defines "aviation safety" as the state of the industry of civil aviation when the risk of causing damage to people or property is reduced to an acceptable level as a result of a continuous process of determining and managing the level of hazard and is maintained at this level, or is decreased in the fields of flight safety, aviation safety, environmental protection, economic security, and information security [2].

The safety of civil aviation is of an international nature, and it was defined right after the founding of the International Civil Aviation Organization (ICAO) and adoption of the Chicago Convention in 1944. In recent years, ICAO has paid increased attention to the issue of aviation safety, especially to the culture of aviation safety.

The culture of aviation safety is an organizational culture that contributes to the achievement of optimal results in the field of ensuring aviation safety and includes a set of norms, beliefs, principles, social attitudes, and assumptions that are an integral part of the daily activities of units and employees of the subject of aviation activity.

Although the culture of aviation safety is a purely organizational phenomenon, the aspects of its formation confuse the aviation community at the global level of the civil aviation industry. In recent years, aviation safety has benefited greatly from the development and use of advanced technology, but ultimately the reliability of safety measures is still highly dependent on the human factor. If managers and employees have an inadequate attitude, the effectiveness of every aviation safety measure decreases even if it uses the latest technologies. By improving the culture of aviation safety, it is possible to make the human factor an additional strength in the field of aviation, instead of its weak point [3].

In November 2020, the International Civil Aviation Organization announced the following priority areas to increase the level of aviation safety due to joint global efforts of the states:

- implementation of strategies and plans for the dissemination of information about the culture of aviation safety in order to raise awareness of aviation safety in the field of aviation and conduct relevant campaigns at airports;

- ensuring a wider dissemination of information about the culture of aviation safety in the aviation community, in which ensuring aviation safety is everyone's responsibility;

- organization of personnel training and development of tools to promote the formation of an effective and sustainable culture of aviation safety in the field of aviation worldwide [3]

According to the abovementioned, training of aviation personnel is one of the most important directions in ensuring the culture of aviation safety. Language occupies a key place in educating aviation personnel since the field of aviation is international and requires the cooperation of various states worldwide. Thus, Aviation English is an international language for civil aviation [4, p.32]. This means that Aviation English is the recommended standard for airlines' employees in civil aviation who are engaged in international flights [5]. Language courses, which are an integral part of aviation personnel training, do not provide the students with the knowledge of how to fly or how to manage traffic, however, they teach how to conduct effective communication in the English language environment [6]. To maintain the necessary level of language proficiency aviation personnel have to obtain their English language communication skills at high school. After graduation, specialists have to practice their language skills regularly to be successful in their job. This is the reason why aviation companies around the world organize language retraining programs for their personnel every year [4, p. 32]. The structure of professional training of aviation flight personnel according to the requirements of the International Civil Aviation Organization (ICAO) and the European Civil Aviation Conference (ECAC) includes professional levels of professional training of the flight crew, which legally take effect after obtaining the appropriate certificate, namely: amateur pilot, sports pilot, private pilot, commercial pilot, airline line pilot and qualified pilot instructor [7]. For example, in Ukraine, according to L. Nemlii [4], some organizations provide effective language training for aviation personnel under modern scientific and methodological standards. Up-to-date to train aviation personnel's English communication skills and competence, interactive methods are used. In these classes, students practice communicative situations based on topics dealing with routine and non-routine or emergencies [4, p. 32].

Aviation English is important for pilots, air traffic controllers, crew members, and ground staffs, as proficiency in language skills greatly contributes to safety, security, clear communication, and efficient operations. Effective communication is principal to avoid misunderstanding, delays, and conflicts between numerous parties involved in flight operations.

Safety has always been the priority in aviation, and effective language skills are a contributing factor. It should be noted that proficiency in Aviation English is not static. It is a constant process that greatly depends on comprehensive training and regular practice [8]. All the parties involved (pilots, air traffic controllers, and ground personnel) must have an aeronautical vocabulary, which consists of certain technical terminology and specific phrases, to conduct communication regardless of the

interlocutor's nationality and for a flight to be successful. [9]. Pilots' professional language skills are important and sufficient for flight safety [10].

Undoubtedly, Aviation English skills lie at the core of aviation operations, ensuring safety and security across international borders. While modern technology and software play a great role and take a notable part in aviation, language skills certainly create the foundation for conducting clear and effective communication. The interplay of language proficiency and technologies is what makes aviation a truly exceptional industry [8].

References

1. Husar O. 2019 Legal culture as a component of security culture in the field of civil aviation *Development of legal science: choice mechanism and priorities implementation: International scientific and practical conference devoted to the celebration of 5 th anivercary of Visegrad Journal on Human Rights* (Snina, Slovakia) pp 315-318.
2. The Air Code of Ukraine https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Text
3. Abstracts for the conference held by the State Aviation Service of Ukraine *The role of aviation security culture in ensuring the protection of civil aviation from acts of illegal interference* June 25, 2021 https://avia.gov.ua/bezpeka-aviatsiyi/aviatsijna-bezpeka/rik-kulturi-aviatsijnoyi-bezpeki/
4. Nemlii L. 2020 Aviation English Training for Aviation Personnel in Ukraine *Science and Education a New Dimension. Philology, VIII(70), 235* pp 32-35.
5. The Importance of Language Training For Airport and Aviation Workers https://voxy.com/blog/the-importance-of-language-training-for-airport-and-aviation-workers/
6. Zelinska N. 2015 The need of Aviation English teachers for additional training course https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/15437
7. Bershadska Yu. 2022 Modern tendencies of professional training of aviation personnel of civil aviation in the leading countries of the world *Krakowskie Studia Małopolskie, № 2 (34)* pp 134-151 https://czasopisma.marszalek.com.pl/images/pliki/ksm/34/ksm3408.pdf
8. The Importance of Language Skills in Aviation https://www.careerroo.com/magazine/the-importance-of-language-skills-in-aviation/#:~:text=In%20the%20vast%20landscape%20of,clear%20communication%2C%20and%20efficient%20operations
9. The importance of speaking English and other languages in aviation https://worldaviationato.com/en/importance-of-languages-in-aviation/
10. Kovtun, O., Kokarieva A., Khaidari N. 2023 Modeling a Repertoire of Pilots' Professional Communication Skills for Meeting Flight Safety and Aviation. Security Challenges. In: Guda, A. (eds) Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Lecture Notes in Networks and Systems, 510, 1069–1078. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11051-1_109

УДК 629.7.067:656.7.017 (045)

Т.О. Семитківська, к.т.н.
(Національний Авіаційний університет, Україна)

Керування безпекою польотів с точки зору впливу людського фактору

Розглянуто вплив людського фактору на ризики, включаючи психологічні аспекти. За допомогою гіпотетичних сценаріїв висвітлено потенційні загрози та шляхи мінімізації ризиків. Обговорено важливість інтеграції передових систем управління безпекою (SMS), тренувальних програм, таких як Crew Resource Management (CRM), та аналітики даних.

Людський фактор залишається основним джерелом ризику в авіаційній галузі. Згідно зі звітом Boeing (2021), більше 70% авіаційних інцидентів та аварій виникають через помилки людей, а не через технічні збої. Це підкреслює важливість глибокого розуміння поведінки людини, психологічних бар'єрів та факторів, що впливають на прийняття рішень у складних умовах. Ефективне управління людським фактором стає критичним у забезпеченні безпеки польотів, особливо з урахуванням зростаючої автоматизації в авіації.

Людський фактор охоплює широкий спектр аспектів: від фізичних та психофізіологічних обмежень до психологічних та когнітивних реакцій в умовах стресу. Наприклад, уявімо гіпотетичну ситуацію: командир літака знаходиться на нічному рейсі під час сильної турбулентності. Нещодавно у нього був стресовий інцидент у сім'ї, і він не виспався. Цей командир може бути схильним до швидких, необдуманих рішень через підвищену втому та емоційне виснаження. Його реакція на надзвичайну ситуацію може бути уповільненою, і він може не звернути уваги на критичні повідомлення від диспетчерів або свого другого пілота. Така ситуація може призвести до небезпечного інциденту.

Культура безпеки.

Впровадження результатів досліджень питань культури безпеки є основним напрямом зменшення ризиків, пов’язаних з людським фактором. Дослідження ціх важливих питань проводились також й на кафедрі Аеродинаміки та безпеки польотів літальних апаратів Національного авіаційного університету. Це не просто набір правил або процедур; це система цінностей, яка підтримується всією організацією. Ефективна культура безпеки сприяє прозорості та відкритості у звітуванні про помилки та можливі загрози.

Наприклад, гіпотетичний сценарій: авіакомпанія "AeroSafe" стикається з низкою незначних інцидентів, які не були належним чином зареєстровані, оскільки пілоти боялися санкцій. Згодом це призводить до серйозної аварії, оскільки накопичення "малих" проблем не дозволило побачити загальну картину і вчасно впровадити коригувальні заходи.

Психологічні аспекти.

Психологічні фактори, такі як втома, стрес і виснаження, можуть значно впливати на когнітивні функції пілотів. Наприклад, під час симуляційного тренування в авіакомпанії "SkyWings" пілоти, які проводили довготривалі рейси з частими змінами часових поясів, показали зниження швидкості реакції та

зменшення ситуаційної обізнаності. Як показало дослідження Європейського агентства авіаційної безпеки (EASA, 2020), пілоти, що перебувають у стані хронічної втоми, приймають на 30% більше неправильних рішень в умовах високого стресу. Це підкреслює важливість запровадження програм управління втомою, таких як у гіпотетичній "SkyWings", де враховуються індивідуальні фактори втоми при плануванні польотів.

Комунікація.

Комунікація є критичним елементом безпеки польотів. Ефективна комунікація забезпечує чітке передавання інформації, що може запобігти помилкам і неправильним діям. Уявімо, що на борту рейсу "FlightSecure 202" з'являються ознаки небезпеки, і другий пілот повідомляє капітану про необхідність негайного маневру. Проте через ієрархічний бар'єр командир ігнорує попередження, що призводить до серйозної аварійної ситуації. Це підкреслює важливість навчання екіпажу методам ефективної комунікації, що знижує вплив людського фактора на безпеку польотів (NASA, 2017).

Дослідження тренування та навчання (Crew Resource Management, CRM)

Програма CRM є стандартом в авіації для запобігання помилкам, пов'язаним з людським фактором, завдяки покращенню комунікації, прийняття рішень та управління ресурсами. Уявімо, що в авіакомпанії "FlyRight" екіпаж проходить тренування за CRM, де вони моделюють ситуацію втрати тяги на одному з двигунів під час зльоту. Під час тренування капітан, заохочений CRM, вирішує дати більше відповідальності другому пілоту для координації з диспетчером, що підвищує ефективність реакції команди. Цей підхід дозволяє екіпажу злагоджено і швидко вирішувати проблеми, які виникають, значно зменшуючи ризик серйозних наслідків.

Було доведено, що симуляційні тренування дають змогу екіпажу опрацьовувати надзвичайні ситуації без ризику для життя. Питання більш детального дослідження нормативів та порогових значень часових обмежень ще потребують глибокого вивчення. Використання високоточних симуляторів дозволяє відтворювати ситуації з мінімальними помилками та максимальним рівнем реалістичності.

Уявіть, що авіакомпанія "HighFly" проводить симуляційне тренування з імітацією грози і відмови навігаційних систем. Під час цього тренування пілоти повинні використовувати навички ситуаційної обізнаності та ефективної комунікації, що допомагає їм розвивати адаптивне мислення. Як показує практика, такі тренування підвищують рівень готовності екіпажу до реальних кризових ситуацій (FAA, 2019).

Використання технологій для мінімізації людського фактору.

Автоматизація систем управління польотами має значний вплив на зниження навантаження на екіпаж, але одночасно викликає нові виклики. Уявімо сценарій, коли екіпаж рейсу "AutoAir 123" під час польоту повністю покладається на автопілот. Раптова відмова автопілота під час сильного шторму змушує екіпаж швидко переходити до ручного управління. В умовах відсутності регулярного тренування на випадок ручного управління екіпаж може не впоратися з ситуацією. Це підкреслює необхідність постійного навчання та

тренувань для розвитку навичок управління літаком в умовах відмови автоматизації (Wiener, 1989).

Аналіз даних та прогнозування

Використання та впровадження результатів обробки великих масивів даних с точки зору дослідження управління ризиками є перспективним напрямком у мінімізації людського фактора.

Уявіть, що авіакомпанія "DataWings" впровадила систему аналізу польотних даних для ідентифікації можливих патернів помилок пілотів. Аналітика виявила, що під час нічних рейсів у періоди між 02:00 та 04:00 ризик помилок пілотів зростає на 25%. На основі цієї інформації компанія змінила графік польотів і впровадила додаткові тренування для підвищення обізнаності про "зони ризику", що допомогло знизити кількість інцидентів на 15% (ICAO, 2021).

Система управління безпекою (SMS)

Системи управління безпекою (SMS) є важливим інструментом для управління ризиками, пов’язаними з людським фактором. SMS дозволяє інтегрувати підхід до аналізу ризиків та помилок у повсякденну діяльність авіакомпанії. Гіпотетично, авіакомпанія "SecureWings" впровадила SMS та почала проводити регулярні оцінки ризиків із залученням всього персоналу, що дозволило ідентифікувати потенційні загрози на ранніх етапах і приймати превентивні заходи, такі як додаткові тренування або зміни в процедурах. У результаті кількість небезпечних інцидентів знизилась на 40% (ICAO, 2020).

Неперервне вдосконалення

Постійне вдосконалення є основою ефективної системи управління безпекою польотів. Уявімо, що компанія "ProgressAir" використовує зворотній зв’язок від персоналу для постійного вдосконалення своїх протоколів безпеки. Завдяки регулярним опитуванням пілотів, виявлено, що існує проблема з ручним управлінням в умовах низької видимості. На основі цих даних компанія розробила нові тренування з ручного управління для таких умов, що призвело до значного підвищення безпеки польотів (Stolzer et al., 2016).

Висновки

Управління безпекою польотів з урахуванням людського фактора є критичним завданням для авіаційної галузі майбутнього. Комплексний підхід, що включає розвиток культури безпеки, ефективну комунікацію, систематичне тренування та навчання персоналу, впровадження новітніх технологій для прогнозування і запобігання ризиків, є необхідним для досягнення високого рівня безпеки. Інтеграція передових систем управління безпекою (SMS), програм Crew Resource Management (CRM) та використання великих даних для аналізу та прогнозування ризиків, пов’язаних із людським фактором, може значно знизити ризики та забезпечити безпечніші умови польотів у майбутньому.

Список літератури

1. ICAO. (2018). Safety Management Manual (SMM) (Doc 9859).
2. Boeing. (2021). Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations 1959–2020. Boeing.
3. EASA. (2020). The Impact of Fatigue on Aviation Safety.
4. NASA. (2017). Crew Communication Failures in Aviation Accidents.
5. Helmreich, R. L., Merritt, A. C., & Wilhelm, J. A. (1999). The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation. *International Journal of Aviation Psychology*.
6. FAA. (2019). Pilot Training and Proficiency.
7. Wiener, E. L. (1989). Human factors of advanced technology ('glass cockpit') transport aircraft. *NASA Contractor Report 177528*.
8. ICAO. (2021). Big Data Analytics for Safety Management.
9. Stolzer, A. J., Halford, C. D., & Goglia, J. J. (2016). *Safety Management Systems in Aviation*.

УДК 003.29:656.71(043.2)

О.М. Трюхан, к.т.н., доцент
А.А. Колодяженська
(Національний авіаційний університет, Україна)

Ризики при експлуатації авіаційного транспорту

У статті розглядається нормативно-правове регулювання безпеки в авіації, зокрема у сфері експлуатації повітряних суден та інфраструктури. Аналізуються основні ризики в авіації, такі як технічні, операційні, інформаційні та організаційні, а також підкреслюється важливість постійного вдосконалення систем безпеки через модернізацію обладнання та впровадження нових технологій.

Один із ключових аспектів нормативно-правового регулювання у сфері авіації стосується безпеки експлуатації повітряних суден та обслуговуючої інфраструктури. Цей аспект включає не лише технічні та організаційні заходи, а й правові норми, що забезпечують високий рівень безпеки в авіаційній діяльності.

Відповідно до статті 1 Повітряного кодексу України, авіаційна безпека визначається як комплекс заходів, спрямованих на захист цивільної авіації від актів незаконного втручання. Це включає як людські, так і матеріальні ресурси, які мобілізуються для попередження і нейтралізації загроз, пов'язаних з такими втручаннями. Зокрема, авіаційна безпека передбачає охорону від терористичних актів, саботажу, піратства та інших небезпек, які можуть загрожувати безпеці повітряного транспорту [4].

Безпека польотів, яка є важливою складовою частиною загальної авіаційної безпеки, характеризується як стан, у якому ризики шкоди чи ушкодження знижені до прийнятного рівня. Це передбачає встановлення і дотримання стандартів та процедур, які забезпечують безперебійну і безпечну експлуатацію повітряних суден. Безпека польотів охоплює не тільки технічний стан літаків та їх обслуговування, а й організаційні аспекти, такі як планування польотів, управління повітряним рухом, підготовка та навчання екіпажів, а також оперативне реагування на можливі загрози або непередбачені ситуації.

Важливо, щоб нормативно-правове регулювання у цій сфері забезпечувало комплексний підхід до управління ризиками, включаючи розробку і впровадження ефективних процедур, регулярні перевірки і моніторинг, а також постійне вдосконалення систем безпеки на основі нових технологій і міжнародних стандартів [2, с. 181].

В галузі забезпечення безпеки польотів у цивільній авіації існує ряд надзвичайно актуальних проблем. По-перше немає чіткої структури підготовки льотного складу (на сьогоднішній день заклади вищої освіти з підготовки льотного складу відсутні). По-друге, слід звернути увагу на недоукомплектованість кадрами державних інспекторів, які здійснюють контроль за діяльністю авіаційних підприємств у сфері безпеки польотів та

авіаційної безпеки. Це, в свою чергу, створює певні труднощі у забезпеченні ефективного контролю та моніторингу [1].

По-третє, авіаційний транспорт є критично важливим для сучасної економіки та суспільства, забезпечуючи швидке переміщення людей і вантажів на великі відстані. Проте, його експлуатація супроводжується значними ризиками, які можуть вплинути на безпеку польотів та ефективність функціонування авіаційної системи в цілому. Розглянемо основні ризики при експлуатації авіаційного транспорту та фактори, які їх спричиняють.

Одним з основних технічних ризиків при експлуатації авіаційного транспорту є з можливість відмов або збоїв у роботі як бортового так і наземного обладнання. До цього відносяться не тільки технічні несправності літаків, але і недосконаліть технічних засобів забезпечення авіаційної безпеки, таких як системи забезпечення польотів, тренажери, системи моніторингу. Неналежне технічне обслуговування або застарілість обладнання можуть спричинити серйозні інциденти, що вимагає постійного вдосконалення технічних засобів і впровадження нових технологій.

Операційні ризики пов'язані з людським фактором і процедурними аспектами експлуатації авіаційного транспорту. Це може включати помилки пілотів, невідповідність операційним процедурам, недостатню кваліфікацію персоналу, а також порушення норм і стандартів під час виконання польотів. Негативний вплив на операційну безпеку можуть мати і недостатня підготовка екіпажів, і проблеми з комунікацією між членами екіпажу або між екіпажем і наземними службами.

Інформаційні ризики виникають через недостатню або некоректну інформацію, що надходить до системи управління безпекою польотів. Неповна або застаріла інформація про метеоумови, повітряний рух або технічний стан повітряного судна може призвести до прийняття неправильних рішень і, як наслідок, до аварійних ситуацій. Необхідно забезпечити сучасні системи обміну інформацією та їх актуалізацію для зменшення цих ризиків.

Кандидат юридичних наук О. Несімко зазначає, що організаційні ризики належать до питань управління і координації між різними службами та установами, які забезпечують безпеку польотів. Це може включати недосконалості в системі регулювання, проблеми з координацією між національними і міжнародними органами, а також недостатнє фінансування служб, відповідальних за безпеку польотів. Неправильне управлінське рішення або недооцінка ресурсів може суттєво вплинути на загальний рівень безпеки [2, с. 183].

Варто зазначити, що середовище, в якому експлуатується авіаційний транспорт, також може бути джерелом ризиків. Наприклад, метеорологічні умови, такі як грози, тумани або сильні вітри, які можуть ускладнити виконання польотів і збільшити ймовірність аварійних ситуацій. Забезпечення ефективних систем прогнозування погоди та оперативного моніторингу погодних умов є критично важливим для зменшення цих ризиків.

При відновленні польотів цивільної авіації всі перелічені ризики загостряться у зв’язку з тим, що значна частина авіаційного персоналу буде втрачена внаслідок війни, зазнають втрат і практичні навички фахівців, які

залишаться, необхідно відновлювати значну частину аеропортової інфраструктури, поновлювати парк авіаційної техніки, наземного обладнання та інше.

В умовах швидкого розвитку технологій, зростання обсягів авіаційних перевезень, враховуючи наслідки війни, необхідно вже зараз нормативно-правову базу, вдосконалювати технічні засоби та покращувати організацію процесів для ефективного управління ризиками і забезпечення високого рівня безпеки при експлуатації авіаційного транспорту.

Висновки. Експлуатація авіаційного транспорту супроводжується значними ризиками, які потребують комплексного підходу до управління ними. Основними загрозами є технічні несправності, операційні помилки, інформаційні недоліки, організаційні проблеми та зовнішні чинники, такі як погодні умови.

Для мінімізації цих ризиків необхідний постійний моніторинг різних сегментів авіаційної діяльності на предмет виявлення загроз і на підставі цього вести роботу щодо вдосконалення технічних засобів, покращення підготовки персоналу, ефективне управління інформацією та взаємодія між різними службами. Важливу роль у цьому процесі відіграють нормативно-правове регулювання, сучасні технології та міжнародні стандарти, що сприяють підвищенню безпеки польотів.

Список літератури

1. Безпека цивільної авіації та відповідальність у міжнародному повітряному праві. URL: http://pidruchniki.com/1421092346743/pravo/bezpeka_tsivilnoyi_aviatsiyi_vidpovidalnist_mizhnarodnomu_povitryano mu_pravi (дата завернення:10.09.2024).

2. Несімко О. Д. Особливості договору чартеру повітряного судна. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія : Юридичні науки : збірник наукових праць.* 2015. № 824. С. 179–185.

3. Оцінка загроз та ризиків авіаційній безпеці. URL: https://avia.gov.ua/bezpeka-aviatsiyi/aviatsijna-bezpeka/otsinka-zagroz-ta-ryzykiv-aviatsijnij-bezpetsi/ (дата завернення:10.09.2024).

4. Повітряний кодекс України від 19.05.2011 р. №3393-VI ВР / Верховна Рада України. URL: http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3393-17 (дата завернення:10.09.2024).

УДК 351.814.2:159.944.4.(045)

Т.О. Семитківська, к.т.н., М.В. Сафаров, Д.Р. Науменко, К.О. Мірошник
(Національний авіаційний університет, Україна)

Аналіз методик оцінки стресостійкісті майбутніх пілотів

Перетворення сучасного суспільства створюють підвищені вимоги до стійкісті особистості. На основі аналізу матеріалів, присвячених дослідженню цих питань, робиться висновок про те, що для практики можна застосовувати низку методик, що дозволяють визначати ймовірність розвитку стресу.

Вивчення проблем стійкості до стресів особистості є досить актуальним вже протягом тривалого часу. У сучасних дослідженнях стресостійкість розглядається, як інтегративна властивість особистості, що складається з сукупності компонентів: психофізіологічного, інтелектуального, мотиваційного, емоційного, вольового, професійної підготовленості, поінформованості та готовності особистості до виконання тих чи інших завдань. У той же час все більша увага з боку психологів приділяється аналізу поведінки людини у складних несприятливих обставинах.

Стрес та стресостійкість вперше розглядав Г. Сельє. «Стрес» їм описаний, як «загальна сукупність наявних неспецифічних адаптаційних реакцій організму на вплив різних несприятливих факторів – стресорів (фізичних або психологічних), які порушують його гомеостаз, а також відповідний стан нервової системи організму, що призводить з негативним змінам» [1, с. 15].

З погляду М. Л. Хутірна [2], стресостійкість є значуще «властивість особистості, яке сприяє забезпеченню гармонійного відношення між представленими компонентами психічної діяльності в емоціогенній ситуації і тим самим ґрунтується на сприянні успішнішому виконанню діяльності» [3, с. 18].

Діяльність пілота цивільної авіації пов'язана з постійним стресом. У зв'язку з його професійним статусом необхідно не тільки мати розвинені професійно важливі якості, а й розуміти всю повноту відповідальності за життя пасажирів.

Психічне здоров'я являє собою шлях до впевненої в собі особистості без наявності різних внутрішніх конфліктів, який живе в чіткій гармонії із собою та зовнішнім середовищем. На цьому шляху людині необхідно активно пізнавати особливості своєї психіки, що може дозволити собі не тільки зміцнювати власне здоров'я, а також самовдосконалюватися.

Виходячи з усього перерахованого, актуальність визначення методик для дослідження стресостійкості можна визначити наступними пунктами:

1. До цього часу не розроблено цілісну систему соціально-психологічних тренінгів формування стресостійкості, що враховує сучасні тенденції;

2. Проблеми соціальної підтримки у стресогенних ситуаціях мало вивчені;

3. Відсутні сучасні профілактичні заходи, що сприяють формуванню стресостійкості з урахуванням психологічної корекції стресу в процесі реалізації професійних якостей.

Вивчення проблем стійкості до стресів особистості є актуальним вже протягом досить тривалого періоду часу. Ця проблема досліджувалася Л.І. Анциферової, Н.Б. Віттом, Л.В., Є.Л. Щербаковим. В даний період комплексне дослідження стресу має виражену міждисциплінарну спрямованість, здатну охопити широкий спектр методів, що використовуються в різних науках (біохімія, біологія, соціологія, професійна психологія, загальна психологія).

Стрес може виникнути при розбіжності наявних адаптивних можливостей із силою стресора, що впливає. Більшість представлених стрессорів мають особливість виходу межі діапазону адаптивних можливостей особистості. Стрес також можуть викликати сенсорна депривація, наявність певного інформаційного голоду чи інформаційного навантаження, монотонність здійснюваної ним праці, і навіть досить стрімка динаміка змін.

Разом з цим, досить виражений стресовий стан може бути визначений значущими внутрішніми факторами, до яких належить дисгармонія особистості. П.Б. Зільберманом було дано таке визначення: «Стресостійкість є «інтегративною властивістю особистості, яка характеризується такою взаємодією емоційних, вольових, інтелектуальних та мотиваційних компонентів психічної діяльності, які забезпечують оптимальне успішне досягнення мети діяльності у складній емотивній обстановці під час здійснення професійних маніпуляцій» [5].

Р. Лазарусом було запроваджено поняття «психологічний стрес», який необхідно визначити як реакцію, опосередковану наявною оцінкою загрози та різними захисними процесами. Р. Лазарус і З. Фолькман представили власні погляду на психологічний стрес як взаємовідносини фахівця за професійним ознакою з конкретним середовищем, які здатні впливати на благополуччя особистості і які піддають випробуванню основні ресурси, наявні нині у розпорядженні організму.

Дж. Еверілл, ґрунтуючись на визначенні, яке було дано С. Селлсом, вважає, що сутністю представленої стресової ситуації може бути існуюча втрата контролю, тобто. повна відсутність адекватної реакції на конкретну ситуацію, досить значимої для особистості, а згодом і зовсім можлива відмова від реагування [6].

На думку ряду вчених, психічний стрес є станом, який перешкоджає самоактуалізації особистості [7].

Дослідження індивідуальних особливостей сучасної людини її поведінки у стресової ситуації, виходячи з уявлень суб'єктивної значимості ситуації, і навіть з наявними психологічними ресурсами, відомих учених , як-от Р.С. Лазарус, Р. Мак Крайя, Дж.Д. Паркер та ін.

Виходячи з теоретичних та експериментальних висновків саме цих вчених, можливо ствердження, що зараз у необхідне дослідження у трьох основних напрямках:

- співвідношення наявного стилю до практичної діяльності та контексту заявленої ситуації;

- вплив певних особистісних детермінантів на наявні індивідуальні переваги аналізованих копінг-стратегій (П. Коста, Р. МакКрей);

- вплив найбільш значущих когнітивних факторів на існуючі способи для процесу подолання різних життєвих труднощив (С. Фолкман).

Методологія дослідження власної поведінки вибудовується на різних припущеннях, щодо джерел і природи цього виду поведінки. Найбільший інтерес викликають чотири основні стратегії здійснення комплексної діагностики копінг-поведінки:

1. Наявність суб'єктивного звіту досліджуваного про свою поведінку, який може бути виражений через різні відповіді на запитання опитувальників;

2. Спостереження за діями у ситуації стресу;

3. Фіксація очевидних ознак стресового стану під час виконання поставлених професійних завдань;

4. Вивчення найбільш значущих документів та продуктів, що використовуються

Інші вчені (T Beehr & McGrath) стверджують, що будь-яка поведінка може бути досліджена та передбачена шляхом аналізу співволодіння за трьома параметрами:

1. Наявність контролю у чіткій залежності від особистості або конкретно взятої ситуації.
2. Спонтанність або виважена поведінка у свідомості дій та професійних діях.
3. Мінливість чи стійкість до можливих стресів [8].

Наявні уявлення дослідника щодо природи процесу впливають на вибір необхідних методів для здійснюваної діагностики зазначеного феномену. Значним є те, що суб'єктивний звіт є найбільш поширеною і менш трудомісткою стратегією діагностики.

При цьому Я. Морено на початку двадцятого століття звертав увагу на те, що «однією з найбільших методологічних труднощів, з якими раніше стикалися соціальні науки, є розрив між вербалізованою поведінкою та поведінкою в різних життєвих ситуаціях (моделі дії, що здійснюється), в яких вербалізована поведінка є лише незначним компонентом».

Слід згадати, що останнім часом достатньо багато публікацій присвячено діагностиці власної поведінки. Більшість західних дослідників поділяють один із двох підходів для розуміння суті подолання стресу: – інтер- або інтра індивідуальної поведінки, однак і ті, й інші використовують самозвіт піддослідних про існуючу поведінку, як значний прийом виміру здійснюваних копінг-реакцій та конкретних дій.

До найвідоміших методів належить «Опитувальник способів подолання стресів» (WCQ - Ways of Coping Questionnaire; Folkman & Lazarus, 1988). На його основі в пізніший період часу стали використовуватися й інші методики [8]. В останньому, адаптованому варіанті WCQ, є 50 різних питань, які становлять вісім основних шкал, а також діагностує дві базові стратегії для здійснення подолання – проблемно-фокусований і емоційно-фокусований копінг при реалізації специфічних ситуацій стресу (наприклад, хвороба, біль, втрата роботи, переляк) щодо успіху проведеної операцій, хвилювання за результат своєї

професійної діяльності тощо).

Дослідники інтраіндивідуального підходу звертають увагу на основні стилі власної поведінки, в основі яких закладені особистісні змінні, як найбільш стійкі диспозиційні структури. До зазначеного напрямку модем слід віднести методику «Шкали власної влади» (Cope Scale), запропонованої Карвел Е. А. Практичний інтерес викликає також Методика багатовимірного копінгу (CISS - Coping Inventory for Stressful Situations - GRI-V1), яка використана в емпіричному дослідженні поведінки, як еталонна модель на підставі недоступності іншого якісного інструментарію.

Методика C1SS була розроблена одним із провідних канадських фахівців у сфері психології здоров'я та клінічної психології Н.С. Ендлер у співавторстві з Д.А. Паркером в 1990 р. дана методика складається з сорока восьми тверджень, які мають бути згруповані в три основні фактори. Кожен із наявних факторів представлений шкалою, в якій представлені шістнадцять основних питань, третій фактор – уникнення – має дві шкали: відволікання та соціальне відволікання.

Необхідно звернути увагу на те, що CISS досить надійно вимірює три основні стилі (подолання стресу): стиль, орієнтований на вирішення завдання, проблеми (проблемно-орієнтований стиль, або копінг), емоційно-орієнтований стиль і стиль, який орієнтований на уникнення. Факторну структуру запропонованої методики було досліджено на вибірках студентів старших курсів Літної академії України.

Можливе також застосування методики у будь-якій льотній школі. У практиці для аналізу загальної стресостійкісті можна застосовувати такі методики: комплексний емпіричний психодіагностичний метод, саме «Копінг-тест» Р. Лазаруса і З. Фолкман, адаптований тест Т. Л. Крюкової, Є.В. Куфтяк, М.С. Замишляєвої та «Методику для визначення ймовірності розвитку стресу» Дж. Тейлора в модифікації Т.А. Німчина та тест на самооцінку стресостійкості (автори С. Коухен, Г. Вілліансон). Експериментальне випробування згаданих методик обіцяє багато цікавих та ефективних досліджень. Ось кілька штрихів за змістом експерименту.

Перед початком експериментальної роботи студентів вводять у курс справи щодо цілей та завдань дослідження, після чого кожному пред'являється інструкція. Під час проходження «Копінг-тесту» піддослідним пропонуються 50 тверджень, які стосуються поведінки у важкій життєвій ситуації. Кожен респондент повинен оцінити, як часто ці варіанти поведінки виявляються у нього: ніколи – 0 балів, рідко – 1 бал, іноді – 2 бали, часто – 3 бали. Приклади тверджень: «Опинившись у важкій ситуації, я:

1. - поводився, ніби нічого не сталося
2. - намагався не показувати своїх почуттів
3. - намагався побачити у ситуації щось позитивне».

При проходженні «Методики визначення ймовірності розвитку стресу» піддослідним також пропонується 50 тверджень, де можна відповісти або «так», або «ні». Приклади тверджень: 1. «Коли хвилююся, тремтять руки»; 2. "Мені важко зосередитися на одному завданні"; 3. «Чекання завжди мене нервує» [5].

Під час проходження «Копінг-тесту» випробуваному пропонуються 50

тверджень щодо поведінки у важкій життєвій ситуації. Випробовуваний повинен оцінити, як часто ці варіанти поведінки виявляються у нього: ніколи – 0 балів; рідко – 1 бал; іноді – 2 бали; часто – 3 бали.

Приклади тверджень: Опинившись у скрутній ситуації, я: 1. - поводився, ніби нічого не сталося; 2. - намагався не показувати своїх почуттів; 3. - намагався побачити у ситуації щось позитивне.

При проходженні тесту на самооцінку стресостійкості С. Коухена, Г. Вілліансона респондентам запропонували 10 тверджень. Кожен респондент повинен відзначити, як найчастіше представлені варіанти поведінки мали свої прояви у його проведенні: ніколи – 0 балів; рідко – 1 бал; іноді – 2 бали; часто – 3 бали.

Приклади тверджень: 1. "Наскільки часто вам здається, що все йде саме так, як ви хочете?"; 2. «Наскільки часто вам здається, що найважливіші речі у вашому житті виходять з-під вашого контролю?»; 3. Чи часто ви відчуваєте, що вам супроводжує успіх? .

Інтерпретація одержуваних результатів діагностичного дослідження побудована на основі стандартизації та порівняння індивідуальних результатів респондента. За результатами діагностики з 70 респондентів у 40 (57%) переважаючими є досить ефективні копінг-стратегії та прогнозується підвищення стресостійкості, при цьому 30 респондентів (43%) використовують неефективні стреси та 26 респондентів (88%) використовували неефективні копінг-стратегії.

Висновок

У експерименті було встановлено, що владна поведінка (стресорганізуюча і коригуюча) є багатовимірним конструктом. У цьому полягає складність здійснення його виміру. Тому на питання операційного рівня дослідження - що і яким чином вимірювати в даний час відповіді ще не знайдені, і саме вимір або діагностика справлення як явище порівняно достатньо з'явилося в науці і вимагає невідкладного глибокого вивчення Саме від такого прогнозування буде залежати рівень стресостійкості у професійній діяльності.

Список літератури

1. ICAO. (2018). Safety Management Manual (SMM) (Doc 9859).
2. Boeing. (2021). Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations 1959–2020. Boeing.
3. EASA. (2020). The Impact of Fatigue on Aviation Safety.
4. NASA. (2017). Crew Communication Failures in Aviation Accidents.
5. Helmreich, R. L., Merritt, A. C., & Wilhelm, J. A. (1999). The evolution of Crew Resource Management training in commercial aviation. *International Journal of Aviation Psychology*.
6. FAA. (2019). Pilot Training and Proficiency.
7. Wiener, E. L. (1989). Human factors of advanced technology ('glass cockpit') transport aircraft. *NASA Contractor Report 177528*.
8. ICAO. (2021). Big Data Analytics for Safety Management.

UDC 378.147:811.111:656.7.071.13 (045)

O.V. Kovtun, DSc in Pedagogics, N.I. Khaidari, PhD in Pedagogics,
A.M. Kokarieva, PhD in Pedagogics, N.I. Melnyk, DSc in Pedagogics
(National Aviation University, Ukraine)

Functional aspects of pilots' professional communication

Communication in aviation is both a key tool for the effective use of available resources and a factor contributing to the creation of a safer and more secure flight environment. The linguistic and functional aspects of oral (speaking and listening) and written (writing and reading) communication activities of the flight crew during the flight and its preparation have been outlined.

Professional pilot communication is an important element of aviation safety and flight control efficiency. It covers various aspects of the interaction between crew members, pilots, and other members of the aviation system, such as air traffic controllers, ground handling, etc. For effective pilots' professional communication, fluent English language proficiency is needed.

Communication in aviation establish a number of requirements to the language used by aircrew in flight: the language used employs a specific set of vocabulary, and functions; operational efficiency, rather than linguistic correctness, is the ultimate criterion by which proficiency is evaluated; communication is predominantly oral and most often with no visual contact [6].

Aviation authorities (ICAO, FAA, etc.) require that applicants for a language proficiency certificate be able to read, speak, write, and understand English [1; 3]. This prompts us to outline the functional aspects of both oral (speaking and listening) and written (writing and reading) communication for the crew during flight operations or preparation for them.

Listening and speaking skills are necessary for all primary types of professional communicative activities for pilots (communication in-flight and on the ground, communication with passengers).

This is primarily realized as radio telephony communication between pilots and air traffic control (ATC) in controlled airspace. Radio Telephony (RTF) is conducted so that ATC can 1) inform the crew about the situation in the flight area, the condition of the airfield, technical indicators of communication and radio systems, and emergency situations; 2) manage aircraft maneuvers, maintaining safe intervals to prevent dangerous proximity and collisions with each other and with obstacles on the airfield and in flight; 3) request information about the status and location of aircraft. The crew uses RTF to 1) report on the progress of the flight, and communicate the status of the aircraft and the situation occurring during the flight; 2) obtain clearances (warnings, permissions) for certain phases of the flight, etc. Thus, the communicative goals of RTF communication are information dissemination, requests, control, and the guidance of aircraft by ground services. The norms of RTF communication are based on the following principles: the forms of speech used (commands, clearances, requests, instructions, advice, prohibitions, etc.) must ensure minimal distortion and loss of information; in most cases, receiving information should be accompanied by a

response ("readback/hearback"); the number of words in RTF sessions and their duration should be (if possible) minimal. Functionally, RTF communication is a hierarchically organized speech act, structured into dialogic utterances.

Oral interaction during flight is not limited to voice radio communication between "pilot and controller." It also includes face-to-face communication between pilots in the cockpit. In cockpit communication, the following main speech forms are distinguished: 1) commands for specific actions or maneuvers ("Gear up," "Flaps 20"); 2) reports on command execution, confirmation of received information ("Descending," "...to 4 nm, speed 160"); 3) requests for information ("Heading request"); 4) utterances that do not carry command or operational information: denials, comments, exclamations, etc. The first three forms constitute the essential basis for crew communication; they are regulated and codified in rules that standardize voice radio communication. The last form is often considered excessive, or "noise," beyond the scope of routine technological verbal interaction. Communication during flight must be clear, precise, and informative. Since "the timing of information transmission is as important as the quality of the information" [2], a characteristic feature of utterances in RTF discourse is brevity.

The main difficulties that pilots and controllers experience with this type of communication are related to insufficient levels of correct understanding/formulation/transmission of information during radio exchanges. This occurs due to poor knowledge of RTF phraseology by pilots, inability to correctly, grammatically, and clearly describe the flight situation, poor articulation, etc.

Ground communication between pilots occurs during the pre-flight and post-flight stages of the crew's flight operations. The main functions of verbal communication between pilots and ground personnel are informational and regulatory. In this regard, ground communication is similar to the in-flight communication mentioned above, but it differs significantly in genres, forms, and styles of speech. Ground communication for pilots is realized in the following functional styles: official, scientific, and conversational (the choice depends on the situation, communicative tasks, and the relationships (formal/informal) between interlocutors). Oral speech is used in both dialogic and monologic forms across a broad range of genres: reports, announcements, briefings, discussions, etc.

The main difficulties that may arise during communication between pilots and ground personnel are related to constructing utterances in various genres and styles, as well as pilots' inability to select from available linguistic resources those that ensure the effectiveness of verbal influence, etc.

Communication with passengers is usually mediated through announcements made by the crew on board the aircraft. Direct interaction between crew members and passengers occurs rarely, only in some non-standard flight situations and when safety issues require it. Aviation psychologists note that the inability of the cockpit crew and cabin crew to make announcements can provoke passenger aggression and pose a safety threat. Sometimes the crew provides flight information too quickly and unclearly. In such cases, passengers cannot process and monitor the information, which may lead to anxiety that can escalate into aggression. This typically happens if crew announcements do not meet the following standards: they should be made in a

calm, confident tone; be clear, precise, and understandable; delivered at an appropriate pace; and avoid terms such as "emergency stop," "accident," "damage," etc.

In cases of direct communication with passengers, difficulties in professional communication for pilots may be related to insufficient knowledge of speech etiquette rules, inability to establish contact, and failure to project the communicative profile of the conversation partner, among other factors.

Given that pilot flight activities involve information overload, time constraints, working under stress, and the inherent limitations of human capacity, aviation experts have concluded that relying solely on the human memory of those operating an aircraft is insufficient to ensure flight safety. Non-standard flight situations require operations and actions that pilots do not frequently perform under standard flight conditions, which increases the likelihood of errors in the sequence and accuracy of these actions. Therefore, specialized technologies are implemented in pilot operations to minimize these risks, and these technologies require well-developed written skills.

Modern aircraft are equipped with an Electronic Flight Bag (EFB), which, for example, for Airbus family aircraft, includes more than ten manuals and reference guides. One of the first is the Flight Crew Operating Manual (FCOM), which aims to: 1) provide all necessary limitations, procedures, and system information required by the flight crew for the safe and efficient operation of the aircraft during normal, non-normal, and emergency situations; 2) serve directly as the Flight Crew Operating Manual or as a basis for operators to develop their own individual airline-specific Operating Manual in accordance with applicable requirements; 3) function as a comprehensive reference guide during initial and recurrent crew training.

The role of reading skills is reinforced by the fact that modern types of aircraft are equipped with advanced electronic computing systems, which, in the event of unusual flight situations, offer pilots possible solutions to the problem. The information is displayed on computer screens, and reading is the only way to access this information. In addition, the work of pilots is associated with constant knowledge updates and skill improvement, which requires both practical enhancement of skills and deepening of theoretical knowledge. This leads to the processing of significant amounts of information in printed form (such as documents from the on-board library and other printed materials of educational, informational, and instructional nature).

Writing skills are also important for pilots' communication with ground personnel. Writing is used during both pre-flight and post-flight phases of work. There is a special Technical Log Book on board the aircraft, in which the aircrew records information about the flight route, its duration, and other details. The use of written skills by the cockpit crew is specified in regulatory documents: for instance, a captain must ensure "timely entry into the relevant technical documentation of information regarding detected aircraft malfunctions on the ground and in flight, as well as deviations in the operation of the aircraft or its systems" [4]. Parke, Patankar, and Kanki, in their study on shift turnover-related errors in aviation, highlighted work cards as a contributing factor to a significantly higher proportion of incidents involving communication problems during turnover [5]. Vieira and Santos suggest that improving the completeness and accuracy of writing will result in a significant reduction in shift turnover communication problems [2].

Thus, high-quality professional communication is the basis of safe aircraft operation. Reliable information transmission will reduce the number of aircraft accidents. That's why a high level of foreign language proficiency is one of the most important aspects of training, not only for pilots but for all personnel involved in flight preparation and execution.

References

1. FAA English Language Standard for an FAA Certificate Issued under 14 CFR Parts 61, 63, 65, and 107, AC No: 60-28B, 2017. URL: https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_60-28b.pdf
2. A.M. Vieira and I.C. Santos, Communication skills: a mandatory competence for ground and airplane crew to reduce tension in extreme situations, Journal of Aerospace Technology and Management 2(3) (2010) 361–370.
3. DOC 9835 Manual on the Implementation of ICAO Language Proficiency Requirements, 2nd ed., ICAO, Montreal, 2010.
4. Dovidnyk kvalifikacijnyh harakterystyk profesij pracivnykiv, Vypusk 68 "Aviacijnyj transport" Nakaz Ministerstva transportu Ukrayiny № 488 vid 17.07.2002, URL: http://consultant.parus.ua/?doc=0A9RX8D623
5. B. Parke, K. Patankar and B. Kanki, Shift turnover related errors in ASRS reports, Proceedings of the 12th Int. Symposium of Aviation Psychology, Dayton, Ohio, 2003, pp. 918–23.
6. Kovtun O., Khaidari N., Harmash T., Melnyk N. and Gnatyuk S. 2019 Communication in civil aviation: Linguistic analysis for educational purposes *CEUR Workshop Proc*. Vol. 2588. CEUR-WS

УДК 65.011.05: 004.056.53

Т.Ю. Приходько
керівник відділу технічної підтримки клієнтів
(ТОВ Інтернет Інвест, Україна)
кандидат технічних наук, доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

OSINT у кібербезпеці цивільної авіації

Кібербезпека в авіації має велике значення через все більше покладання організаціями цивільної авіації на мережеві технології та інформаційні системи для управління польотами, зв'язку, навігації, та підтримки операцій в них. OSINT у контексті кібербезпеки відіграє важливу роль у виявленні потенційних загроз і вразливостей, які можуть вплинути на критичні системи авіаційної інфраструктури.

OSINT (Open Source Intelligence) у сфері цивільної авіації включає збір, аналіз і використання відкритих джерел інформації для виявлення і моніторингу подій, що пов'язані із повітряним транспортом. Це можуть бути дані, отримані з різноманітних відкритих джерел, таких як сайти, публічні бази даних, соціальні мережі, боти в месенджерах типу Telegram та інші.

Джерела OSINT у цивільній авіації

Можна виділити наступні джерела OSINT у цивільній авіації:

Регуляторні органи:

Офіційні сайти, такі як FAA (Federal Aviation Administration) у США або EASA (European Union Aviation Safety Agency) в Європі, надають дані про безпеку, інциденти та авіаційні новини.

Flight Tracking Platforms:

Сайти для відстеження польотів, такі як Flightradar24, FlightAware, Plane Finder або ADS-B Exchange, надають інформацію про рух літаків у режимі реального часу. Ці дані можуть містити реєстраційні номери, типи літаків і авіакомпанії, маршрути.

Авіаційні новини та блоги:

Авіаційні новинні сайти (наприклад, Aviation Herald, Simple Flying, Aviation Week) регулярно публікують оновлення про авіаційні події, інциденти, катастрофи та нові розробки у сфері. Статті та огляди, здебільшого, стосуються комерційної авіації, авіаліній, літаків, космонавтики, оборони та авіаційних технологій.

Бази даних авіакомпаній і літаків:

Відкриті бази даних, як Planespotters, ch-aviation, Airfleets, можуть надавати інформацію про реєстрації літаків, історії літаків і авіакомпанії. Такі бази містить інформацію про авіапарки авіакомпаній, включаючи типи літаків, серійні номери, виробників і статуси (в експлуатації, списані, зберігання).

Сайти аеропортів:

Інформація про заплановані або поточні рейси, стан злітних смуг і умови польотів надається на сайтах аеропортів.

Огляди і дослідження ринку авіації:

Аналітичні звіти щодо комерційної авіації та тенденцій галузі можуть бути публічно доступними через звіти та прес-релізи.

Соціальні медіа:

Платформи на зразок Twitter, Facebook або Instagram часто є джерелами інформації, коли очевидці діляться фотографіями та відео аварій або незвичайних подій.

Використання OSINT

Використання OSINT для потреб в напрямку кібербезпеки в цивільній авіації та авіаційній галузі загалом:

- Безпека: Моніторинг безпеки польотів, виявлення можливих ризиків, спостереження за підозрілими рухами літаків.
- Розслідування інцидентів: Збір інформації про авіаційні інциденти або катастрофи.
- Економічний аналіз: Оцінка тенденцій авіакомпаній, аеропортів і ринків.
- Підтримка авіаційної розвідки: Використання для військових або урядових розвідок.

Напрями OSINT у кібербезпеці цивільної авіації

Можна виділити основні напрями OSINT у кібербезпеці цивільної авіації:

Виявлення вразливостей у системах авіації:

OSINT може використовуватися для вивчення публічно доступної інформації про програмне забезпечення та апаратні системи, які використовуються авіакомпаніями, аеропортами та виробниками літаків. Це може включати пошук відомих вразливостей (наприклад, через бази даних CVE — Common Vulnerabilities and Exposures) або відстеження оновлень для систем навігації, управління польотами тощо.

Моніторинг кіберзагроз та атак:

Використовуючи дані з відкритих джерел, таких як форуми хакерів, соціальні медіа та новини про кіберінциденти, можна отримувати інформацію про потенційні загрози або атаки на авіаційну інфраструктуру. Це допомагає авіакомпаніям та організаціям вчасно реагувати на нові атаки або вразливості. OSINT може виявляти загальнодоступні дані про критичну авіаційну інфраструктуру, такі як відкриті порти, слабкі сервери або застарілі програмні рішення, які можуть стати ціллю для хакерів.

Відстеження атак на інфраструктуру аеропортів:

Системи аеропортів, такі як служби бронювання, реєстрації, управління рейсами та навігація, є потенційними мішенями для кібератак. Використовуючи OSINT, можна ідентифікувати зловмисні дії, такі як фішингові атаки, DDoS-атаки, або злом систем управління.

Розслідування інцидентів у кіберпросторі:

Коли відбувається кібератака на авіаційну компанію або інфраструктуру, OSINT може допомогти зібрати інформацію про хакерські угруповання, методи атак та інші технічні деталі для розслідування інцидентів. Це може включати збір даних із темних веб-ресурсів, де хакери обговорюють свої цілі чи діляться

інструментами для атак. То ж після того як кіберінцидент стався, OSINT допомагає розслідувати джерела атаки, методи та потенційних зловмисників.

Оцінка репутації авіакомпаній та аеропортів:

Моніторинг думок клієнтів: Аналізуючи публічні обговорення у соціальних мережах, форумах, новинних ресурсах і блогах, OSINT може допомогти виявити негативні відгуки або можливі інформаційні кампанії, спрямовані на підрив репутації авіакомпаній.

Відстеження шахрайства: OSINT також може використовуватися для виявлення шахрайських дій щодо продажу квитків або підроблених вебсайтів, що можуть завдати шкоди як репутації, так і кібербезпеці компанії.

Моніторинг регуляторних змін:

Регуляторні вимоги: За допомогою OSINT можна відстежувати зміни в нормативно-правових актах та вимогах щодо кібербезпеки в авіаційній галузі, що допоможе забезпечити дотримання нових стандартів (наприклад, GDPR, FAA регуляції тощо).

Нові стандарти та рекомендації: Постійний моніторинг міжнародних рекомендацій з безпеки, таких як стандарти ICAO або IATA щодо авіаційної безпеки.

Інформація про інциденти з кібербезпеки:

Спеціалізовані платформи, такі як Recorded Future, Shodan, Censys або VirusTotal, дозволяють отримувати інформацію про інциденти з кібербезпеки в реальному часі. Наприклад, за допомогою Shodan можна знаходити відкриті мережеві пристрої, пов'язані з авіаційною інфраструктурою, які можуть бути вразливими до атак.

Фізична і кібернавігація:

Навігаційні системи літака, такі як ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) та ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System), часто передають незашифровані дані, які можуть бути перехоплені зловмисниками для кібератак або підроблення сигналів.

Приклади кіберзагроз у цивільній авіації

DDoS-атаки: Атаки на вебсайти авіакомпаній або аеропортів можуть призвести до затримок рейсів, скасування польотів або порушень у роботі систем бронювання.

Злом навігаційних систем: Маніпуляція даними ADS-B або ACARS може дозволити зловмисникам змінювати інформацію про місцезнаходження літаків, що ставить під загрозу безпеку польотів.

Атаки на системи управління повітряним рухом: Кібератаки на інфраструктуру управління повітряним рухом можуть впливати на здатність контролерів керувати літаками, що призводить до небезпечних ситуацій.

Висновки

Активне впровадження цифрових технологій для покращення ефективності та конкурентоспроможності своєї роботи у авіаційній галузі призводить до збільшення кількості цифрових пристроїв, точок доступу та ін., які потенційно можуть бути використані для кібератак. Один із напрямків у контексті кіберзахисту є OSINT (Open Source Intelligence), який стає важливим інструментом у попередженні та мінімізації кіберзагроз у цивільній авіації,

дозволяючи оперативно виявляти та реагувати на загрози, попереджати атаки та підвищувати безпеку інфраструктури.

References

1. Dmytro Lande, Ellina Shnurko-Tabakova. OSINT as a part of cyber defense system. Theoretical and Applied Cybersecurity, 2019. – Iss. 1. – pp. 103-108.
2. D. Lande, O. Puchkov, I. Subach, M. Boliukh, D. Nahornyi OSINT investigation to detect and prevent cyber attacks and cyber security incidents // Information Technology and Security, 2021. Vol 9 (2). – pp. 209-218.
3. ATP 2-22.9. Army Techniques Publication No. 2-22.9 (FMI 2-22.9). Open-Source Intelligence. Headquarters Department of the Army Washington, DC, 10 July 2012
4. Yong-WoonHwang,Im-Yeong Lee, Hwankuk Kim, Hyejung Lee, and Donghyun Kim. Current Status and Security Trend of OSINT. Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2022, Article ID 1290129, 14 pages, 2022

UDC 656.7.07

O.A. Mezhenko
(National Aviation University, Ukraine)

Impact of time management on flight safety: psychological and professional aspects

This article examines the importance of time regulation development in pilot training to ensure aviation safety. The study emphasizes the role of time management in decision-making under stress and its connection to safety culture. The article also discusses strategies to improve time regulation skills and reduce risks associated with human factors.

Relevance of the Topic Ensuring safety in the aviation industry is one of the most important tasks of modern society. Aviation incidents caused by human factors are often linked to insufficient pilot training in effective time management, especially in stressful situations. Recent studies show that the development of time regulation skills significantly improves decision-making quality in critical conditions, reducing the risk of errors that could lead to catastrophic consequences. Therefore, enhancing this skill in future pilots becomes an essential aspect of their training. Connection with Safety Culture Aviation safety culture encompasses a wide range of measures aimed at minimizing risks and preventing aviation incidents. One of the key components of this culture is the development of self-control and time management abilities. Time regulation enables pilots to respond promptly to changing flight conditions while maintaining a high level of concentration and making the right decisions. Thus, the development of this skill is an important factor in improving the level of safety culture in the aviation industry.

Key Aspects of Time Regulation Time Regulation as a Key Factor Time regulation is a complex process that includes planning, monitoring, and adjusting pilots' activities within time constraints. This allows pilots not only to perform their duties effectively but also to maintain a high level of readiness for unpredictable situations. For instance, in situations requiring quick decisions about changing course or altitude, well-developed time regulation skills help reduce the likelihood of errors and ensure flight safety. Psychological Aspects A pilot's psychological state significantly affects their ability to regulate time. Under conditions of stress, fatigue, or heightened responsibility, pilots may lose the ability to adequately assess time frames and allocate attention across different tasks. This can lead to increased risks associated with shortcomings in performing professional duties. Therefore, it is important to include psychological support elements and stress management training in pilot preparation, which will help them maintain an optimal level of time regulation even in challenging conditions. Training and Preparation One of the key aspects of preparing future pilots is developing their time regulation skills through specialized training. These could include simulation training, modeling various critical flight situations where pilots must make quick decisions and manage their time effectively. Additionally, training programs may involve multitasking exercises and concentration skills development. These approaches help prepare pilots for efficient work under time constraints and high levels of responsibility.

Risk Management Risk Identification Effective time regulation is an important tool for timely identification of potential risks during flight. Pilots who can clearly organize their working time and distribute their attention are quicker to recognize threatening situations and take appropriate preventive measures. For example, promptly detecting equipment issues or changes in weather conditions helps avoid serious consequences and maintain flight safety. Risk Management Strategies Risk management in aviation requires pilots to clearly understand and follow procedures while also being able to quickly adapt to changing conditions. Strategies aimed at improving time regulation skills may include using modern technologies to monitor flight parameters, regular simulation training, and analyzing mistakes made during training or real flights. Additionally, the development of teamwork, where each crew member understands their role and responsibility in ensuring flight safety, is crucial. Practical Recommendations To enhance pilots' time regulation skills, comprehensive training programs should be implemented, combining theoretical lessons and practical exercises. For example, developing specialized courses on time and stress management, along with regular simulation training to practice response skills in critical situations, would be beneficial. Such measures will help pilots manage their time more effectively and reduce risks associated with human factors.

Safety Culture in the Context of Time Regulation Interconnection The development of time regulation skills is an important component of the overall safety culture in aviation. This skill helps pilots avoid situations that could lead to accidents or incidents while maintaining high concentration on key tasks. The connection between time regulation and safety culture lies in the fact that well-trained pilots, who can effectively manage their time, contribute to the overall improvement of aviation safety. Principles and Approaches The basic principles of safety culture include continuous skill improvement, adherence to standards and procedures, and prompt response to changing conditions. Integrating these principles into the time regulation development process enhances pilots' training and reduces risks associated with human factors. A significant approach is incorporating time regulation training into the overall pilot training system, making this skill an integral part of professional competence.

Thus, developing time regulation skills in future pilots is a key element in ensuring a high level of safety culture in aviation. Effective time regulation contributes to timely risk identification and management, reduces the likelihood of human error, and improves overall flight safety. Prospects Further research could focus on developing new training methods that incorporate modern technologies and approaches to time regulation development. Additionally, it is important to evaluate the effectiveness of existing pilot training programs to determine which elements need improvement to increase the overall level of aviation safety.

References

1. Reason, J. Human Error. – Cambridge: Cambridge University Press, 1990. – 320 p.
2. Kanki, B. G., Helmreich, R. L., Anca, J. M. Crew Resource Management. – San Diego: Academic Press, 2010. – 608 p.

3. Salas, E., Maurino, D. E. Human Factors in Aviation. – San Diego: Academic Press, 2010. – 744 p.
4. Bailey, L. L., Petersen, D. E. Aviation Psychology in Practice. – Farnham: Ashgate, 2008. – 272 p.
5. Hawkins, F. H. Human Factors in Flight. – Aldershot: Ashgate Publishing, 1993. – 466 p.

UDC 351.814.2(045)

M.V. Safarov
K.O. Miroshnyk, D.R. Naumenko
(National Aviation University, Ukraine)

Crew resource management in aviation safety

Based on the research that was conducted at the Department of Aerodynamics and Aircraft Flight Safety in National Aviation University, and flight practice in organizations that have their own safety management system.

Contribution of the crew resource management to aviation safety

Crew resource management was developed in response to new understandings of aircraft accident causes that emerged with the introduction of flight recorders and cockpit voice recorders in modern jet aircraft. Data from these devices revealed that many accidents do not stem from technical malfunctions of the aircraft or its systems, nor from deficiencies in aircraft handling skills or technical knowledge among the crew. Instead, these incidents were often attributed to crews' inadequate responses to the situations they encounter during flight operations.

Generally, critical phases of fight, which are take-off, initial climb, final approach and landing, take approximately 6% of total flight time. According to research made by Boeing in 2023, during these phases 64% of all fatal accidents took place (fig. 1), among those accidents 80% were caused by human error (fig. 2). That means most of the fatal accidents that happened had a solution, and the crew either did not know about the solution, or did not make it, or made a mistake. That's the main goal of the CRM system — to deal with routine and abnormal operations and help crew make safe and correct decisions in critical situations.

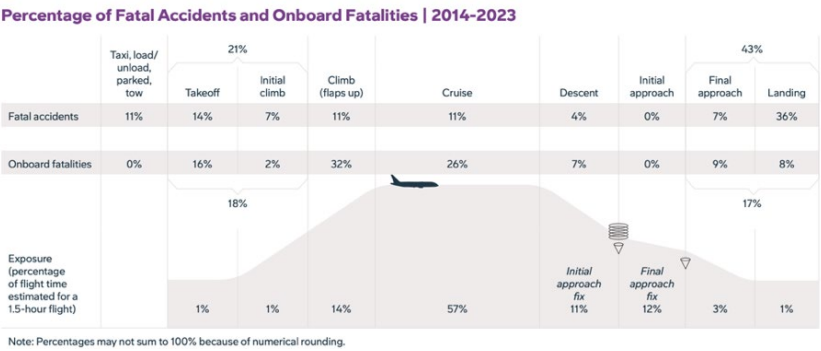


Fig. 1. Percentage of fatal accidents, 2014 – 2023

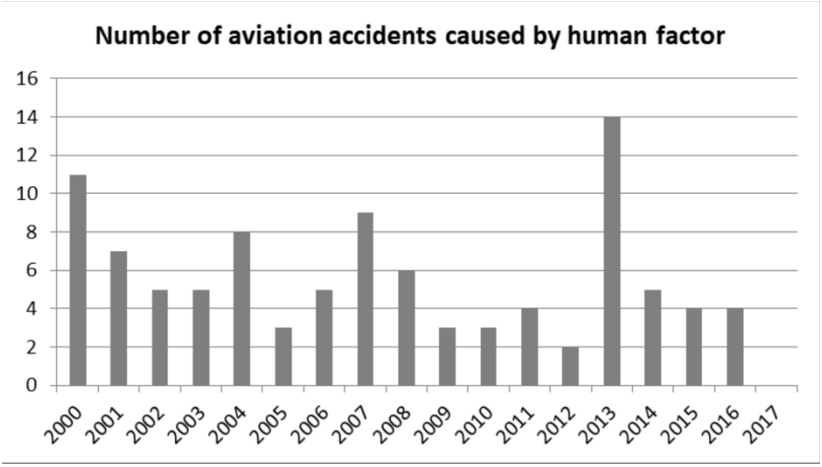


Fig. 2. Number of aviation accidents caused by human factor

The elements which comprise CRM are not new but have been recognized in one form or another since aviation began, usually under more general names as «Airmanship» or «Crew Cooperation». Crew resource management includes a wide range of knowledge, skills and attitudes including, situational awareness, decision making, problem solving, communications, and teamwork (figure 3).

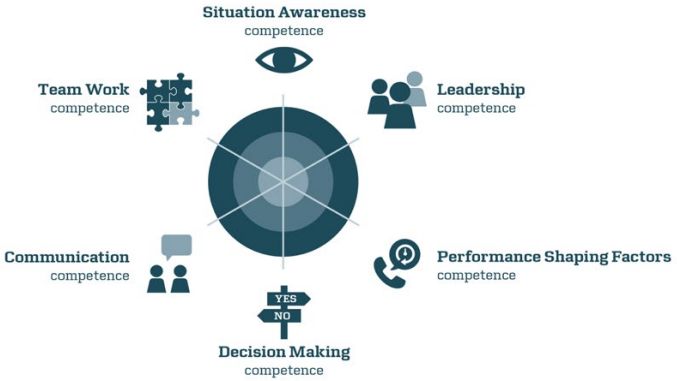


Figure 3. Crew resource management components

Situational awareness entails the conscious recognition of all factors that influence the safe operation of an aircraft — operational, technical, and human. For

pilots, a significant portion of the information that informs situational awareness is derived from flight instruments and onboard navigational systems. However, the construction of an accurate mental representation of the aircraft's position in space, it's condition, and the status of the crew can be compromised by factors such as inattention, distraction, low arousal, stress, boredom, and fatigue. In such circumstances, validating the accuracy of these mental models through communication with other crew members by sharing information, perceptions, and intentions, becomes critically important for the safe and effective management of the flight.

Proper flight planning, and preparation enables individual crew members to contribute effectively to in-flight decision-making. It is crucial for the captain to regularly inform the crew about any changes to the original plan as the flight progresses, ensuring that all members maintain situational awareness. This is especially critical during abnormal operations or emergency situations, where conditions impacting the flight's progress and aircraft safety can change rapidly. In such scenarios, frequent updates on the flight status help each crew member stay adequately informed, allowing them to contribute most effectively to the decision-making process.

Effective communication among crew members is a critical component of successful CRM. It aids in the development of a shared mental model among the crew regarding the issues that need to be addressed during the flight, thereby enhancing situational awareness. Most importantly, communication shapes the interpersonal dynamics between crew members, playing a key role in establishing the overall tone and climate for the management of the flight.

Successful teamwork occurs when the collective output of the team exceeds what could be achieved by the sum of individual crew members working independently. It arises from the interactions among crew members, where each individual is empowered and encouraged to contribute effectively to the team's overall objectives. However, this interaction is unlikely to happen unless each team member fully understands their role within the group and how that role may shift depending on the situation in which decisions are made and actions are taken. So, effective communication within the team, a high level of situational awareness, and a thorough understanding of the decision-making process by all members are essential for creating synergy and ensuring the team's optimal performance. Given that crew members often work with new teams on each flight, it is crucial for the organization's culture to support and nurture an environment conducive to strong teamwork. A healthy organizational culture that actively promotes CRM will naturally foster effective teamwork, as CRM and teamwork are closely interconnected within the framework of successful flight management.

We can conclude that integration of Crew Resource Management (CRM) into aviation safety culture has proven instrumental in enhancing threat and risk management across the industry. CRM focuses on optimizing the use of all available resources to manage threats and mitigate risks, thereby reducing the likelihood of errors that can lead to incidents and accidents. In modern aviation it's clear that crew resource management includes a lot of components that crew members must be familiar with, as it plays a vital role in cultivating a resilient safety culture that prioritizes threat anticipation, risk assessment, and collaborative problem-solving to ensure safer skies.

References

1. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, worldwide Operations 1959-2023. Boeing Company. URL: https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf
2. Aviation Safety Database. Aviation Safety Network. Flight Safety Foundation. 2018. URL: https://aviation-safety.net/
3. Culture in the cockpit - CRM in multicultural world, an article by Michael Engle, NASA. URL: https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2503.pdf
4. CAP 720, Flight Crew Training: Cockpit Resource Management (CRM). URL: https://www.caa.co.uk/publication/download/12363
5. EASA Safety Promotion material on CRM Training Implementation, 2018. URL: https://www.easa.europa.eu/en/document-library/general-publications/crm-training-implementation

УДК 629.7:355.422(043.2)

В.С. Авраменко, Є.Ю. Бєлоусова, канд. тех. наук, О.М. Трюхан
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Вплив впровадження компетентнісного підходу до навчання бортпровідників на загальну задоволеність пасажирів.

Досліджено ефективність впровадження нового методу підготовки бортпровідників на основі компетентісного підходу. Проаналізовано вплив такого навчання на загальну задоволеність пасажирів обслуговуванням на борту повітряного судна.

За останні десятиліття авіація зазнала значних трансформацій, а значний технологічний прогрес змінив дизайн, експлуатацію та виробництво комерційних літаків. Галузь дедалі більше визнає важливість покращення роботи бортпровідників для підвищення загального рівня задоволеності та безпеки пасажирів. У світлі постійного розвитку авіаперевезень вкрай важливо, щоб навички та компетенції членів екіпажу розвивалися паралельно.

Міжнародна організація цивільної авіації запровадила нову методологію підготовки на основі компетентнісного підходу. Цей інноваційний метод покликаний розширити можливості авіаційних фахівців, озброївши їх навичками і знаннями, необхідними для того, щоб орієнтуватися в складнощах сучасних повітряних суден і забезпечувати оптимальне виконання своїх обов'язків [4].

В основі компетентнісного підходу лежить використання двох базових понять: компетенція і компетентність, які логічно та змістовно пов’язані між собою. Під поняттям «компетентність» розуміється: динамічна комбінація знань, вмінь, практичних навичок, професійних, морально- етичних та інших цінностей, яка визначає здатність особи здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність; здатність людини ефек- тивно виконувати певну діяльність, у тому числі професійну[1, с. 196]. Виходячи із цього визначення компетентність є інтегративною характеристикою, що включає не тільки технічні знання та навички, але й соціальні, етичні та когнітивні аспекти діяльності. Вона дозволяє авіаційним фахівцям адекватно реагувати на непередбачувані ситуації, приймати обґрунтовані рішення і діяти в рамках сучасних вимог безпеки авіації.

Поняття «компетенція», в свою чергу, охоплює сукупність конкретних завдань і функцій, які працівник здатен виконувати на високому рівні. Це більш конкретне і предметне визначення, яке фокусується на конкретних результатах діяльності та чіткому виконанні професійних обов'язків.

Таким чином, компетентнісний підхід у підготовці авіаційних фахівців полягає у тому, щоб не лише забезпечити їх знаннями та вміннями, але й розвивати здатність застосовувати ці знання в реальних робочих умовах. Процес навчання спрощується, загальний час навчання скорочується, а ефективність підвищується. Вимога до слухачів виконувати завдання в умовах, наближених до робочих, гарантує, що набуті навички безпосередньо застосовуються до реальних сценаріїв. Самостійний характер цього методу навчання дозволяє надавати індивідуальний навчальний досвід, тим самим задовольняючи різноманітні

потреби авіаційних фахівців. Найважливіше, що при цьому підході, увага зосереджується на розвитку компетенцій, які можна спостерігати, вимірювати і передавати, забезпечуючи тим самим чітку основу для оцінки і підвищення ефективності роботи в динамічному авіаційному середовищі.

Акцент на компетентнісно-орієнтованому навчанні бортпровідників ґрунтується на визнанні того, що належним чином підготовлені члени екіпажу мають вирішальне значення для забезпечення комфорту, безпеки та задоволення пасажирів від польотів.

Порівняння традиційного навчання та навчання на основі компетенцій та оцінки демонструє суттєві відмінності між підходами до освіти. Традиційне навчання побудоване на фіксованій навчальній програмі, де кадри просуваються на наступний рівень незалежно від того, чи повністю засвоїли попередні концепції та навички. Основна увага приділяється академічним знанням, запам'ятовуванню інформації та виконанню підсумкових завдань, які проводяться на заздалегідь визначених етапах курсу. Оцінювання є одноманітним для всіх, а оцінки використовуються для ранжування і створення рейтингу.

У навчанні ж на основі компетенцій ключовим аспектом є забезпечення того, що бортпровідники повністю засвоїли навички та знання перед просуванням далі. Тут враховується індивідуальний розвиток учня, його попередні знання та досвід, що дозволяє створити персоналізований навчальний шлях. Оцінювання є гнучким і інтегрованим у весь навчальний процес, включаючи можливість показати знання через виконання реальних завдань. Основний акцент робиться на практичному застосуванні знань та досягненні компетенцій, а не лише на запам'ятовуванні [2, с. 7]

Для того, щоб оцінити ефективність навчання на основі компетентнісного підходу в авіаційній галузі, було розроблено комплексну навчальну програму для бортпровідників. Навчальна програма включала семінари, на яких розглядалися фундаментальні компетенції, в тому числі процедури безпеки, обслуговування клієнтів та операційні завдання. Бортпровідники брали участь у практичних заняттях, використовуючи імітацію повітряних суден, обладнаних приладами безпеки, та сценарії з пасажирами. Для того, щоб простежити набуття необхідних навичок, учасники пройшли суворий процес оцінювання. Він складався з письмового іспиту для оцінки теоретичних знань та практичного оцінювання, що включав змодельовані сценарії на робочому майданчику та рольові вправи. Щоб гарантувати неупередженість і дотримання суворих стандартів, для нагляду за цими оцінюваннями були залучені зовнішні експерти.

Практичні тести дозволили бортпровідникам продемонструвати свої компетенції в реалістичному контексті, імітуючи виклики, з якими вони можуть зіткнутися під час реальних польотів. Щоб з'ясувати вплив методу на задоволеність пасажирів, студенти університету Оклахоми (США) провели опитування до і після впровадження навчальної програми. Такий підхід дозволив дослідникам порівняти відгуки пасажирів і визначити, чи призвів новий спосіб тренувань до помітного покращення якості роботи бортпровідників і загального рівня задоволеності клієнтів. Всі 109 залучених бортпровідників успішно завершили програму тим самим продемонструвавши свою здатність відповідати необхідним стандартам компетентності. Після завершення навчання за новим

методом спостерігалося помітне підвищення рівня задоволеності пасажирів, оскільки вони відчувають, що члени екіпажу є більш досвідченими і впевненими в собі. Цей позитивний зсув у сприйнятті клієнтів свідчить про те, що підвищення компетентності бортпровідників безпосередньо призвело до покращення надання послуг та більш приємного досвіду польотів для пасажирів [3].

Отже, такий вид підготовки кабінного екіпажу має потенціал для підвищення ефективності роботи на робочому місці, кваліфікації обслуговування та навичок працевлаштування, одночасно забезпечуючи належний баланс між обслуговуванням салону та обов'язками, пов'язаними з безпекою польотів, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення рівня задоволеності пасажирів. Подальші дослідження можуть ґрунтуватися на цих висновках, вивчаючи довгостроковий вплив тренінгів на ефективність роботи бортпровідників у різних авіакомпаніях, досліджуючи потенційні культурні відмінності в ефективності тренінгів, а також вивчаючи, як можна оптимізувати тренінги для різних аспектів авіаційних послуг, окрім бортпровідників.

Підсумовуючи, впровадження навчання на основі компетентнісного підходу є перспективним шляхом для підвищення ефективності роботи бортпровідників і задоволення потреб пасажирів.

Список літератури

1. Шаров С. Компетентнісний підхід: переваги, структура та особливості. Науковий вісник МНУ імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки. 2018. Т. 4, № 63. С. 196–198. URL: http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/4847/1/sharov_2019_194.pdf.
2. Competency-based training and assessment for flight crew. URL: https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.casa.gov.au/competency-based-training-and-assessment-flight-crew&ved=2ahUKEwiS8ubXocWIAxUcVfEDHVmaBlAQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw1eASFWE9qFlS7KZRRA66Bu.
3. Gibbs L., Slevitch L., Washburn I. Competency-Based training in aviation: the impact on flight attendant performance and passenger satisfaction. Journal of aviation/aerospace education and research. 2017. URL: https://doi.org/10.15394/jaaer.2017.1716 (дата звернення: 15.09.2024).
4. Martin M. ICAO’s competency-based approach to cabin crew safety training. Cabin safety seminar, м. Сингапур, 19–21 листоп. 2013 р. Сингапур, 2012. URL: https://www.icao.int/APAC/Meetings/2013%20Cabin_SAF/16.%20Martin%20Maurino%20-%20ICAO’s%20Competency-based%20Approach%20to%20Cabin%20Crew%20Safety%20Training.pdf.

UDC 159.923:616-051 (043.2)

R.B. Adamanov, Postgraduate
(National Aviation University, Ukraine)

The Role of Situational Awareness in the Decision-Making Process of Air Traffic Controllers in Critical Conditions

This article explores the role of situational awareness (SA) in air traffic controllers' decision-making during critical situations. It examines how SA influences risk management, the impact of stress and workload on SA, and strategies to enhance SA through training, communication, and technology integration.

Situational awareness (SA) plays a crucial role in the decision-making process of air traffic controllers (ATCs), particularly in critical situations where quick and accurate decisions are vital for safety. The dynamic nature of the aviation environment, combined with the high level of responsibility ATCs bear, requires an acute understanding of constantly changing conditions. This article explores the role of situational awareness in ATC decision-making during emergencies, shedding light on how it affects the capacity to manage complex scenarios, reduce risks, and maintain safety in the aviation system.

Situational awareness refers to an individual's perception and comprehension of environmental elements and the projection of their status in the near future. In aviation, ATCs are responsible for processing vast amounts of information, including aircraft positions, weather conditions, airspace restrictions, and traffic flow. High SA enables them to make informed decisions by assessing the current situation and predicting the outcomes of potential actions.

Mica Endsley's three-level model of situational awareness is widely recognized in the field. It involves:

1. Perception of the environment: ATCs must accurately perceive all relevant data, such as aircraft positions, weather changes, and communication from pilots [1].
2. Comprehension of the situation: ATCs interpret the perceived data to form a mental model of the current state of the airspace [2].
3. Projection of future status: ATCs use the mental model to predict how the situation will evolve, which is critical in emergency decision-making [3].

In critical situations, such as mechanical failures, adverse weather conditions, or sudden airspace intrusions, ATCs must rely on their SA to quickly assess the gravity of the situation and respond accordingly. High situational awareness helps controllers remain aware of emerging risks and respond effectively to evolving conditions. Failure to maintain SA can lead to delayed or inappropriate decisions, which in turn may result in accidents or near misses [4].

During emergencies, the level of stress experienced by ATCs typically increases. Stress can negatively impact situational awareness by narrowing the individual's focus, leading to tunnel vision where only a limited portion of the environment is considered [5]. In such high-stress situations, the ability to maintain SA is essential for making decisions that mitigate risks [6].

Several factors influence an air traffic controller's ability to maintain situational awareness, especially under pressure. These include:

- Workload: Heavy workloads can overload an ATC's cognitive resources, making it difficult to process all necessary information. In critical situations, the workload often increases rapidly, and without adequate support or tools, situational awareness can degrade [7].
- Experience and Training: Experienced ATCs are more likely to maintain high SA in emergencies because they have developed mental models through years of handling complex scenarios [8]. Training, including simulation of critical situations, is key to building these models and preparing controllers for real-world emergencies [9].
- Communication: Clear and efficient communication between ATCs and pilots, as well as between team members, is vital for maintaining situational awareness. Miscommunication or incomplete information can disrupt SA, leading to incorrect assessments of the situation [10].
- Technology and Automation: Automation in modern air traffic control systems can assist in maintaining situational awareness by providing timely data and alerts. However, over-reliance on technology may result in complacency, where controllers lose track of the overall picture, particularly if the system fails or provides incorrect information [11].

Decision-making in critical situations requires ATCs to quickly evaluate multiple factors, such as aircraft separation, fuel levels, and potential flight paths, while predicting the outcome of different actions. The ability to make sound decisions in these moments is closely tied to the controller's level of situational awareness [12]. High SA allows ATCs to understand the full scope of the emergency, weigh their options effectively, and implement the best course of action to maintain safety [4].

To further illustrate the significance of situational awareness in decision-making, consider the following case studies:

- The 1986 Cerritos mid-air collision: A collision between a commercial airliner and a private aircraft occurred over Cerritos, California, due to a breakdown in communication and lack of situational awareness on the part of both the pilots and air traffic controllers. The controllers were overwhelmed by the traffic load, leading to a failure in perceiving and predicting the private aircraft's path [12]. This case highlights how a lapse in situational awareness can have catastrophic results.
- The 2009 Hudson River emergency landing: In this famous incident, Captain Chesley "Sully" Sullenberger successfully landed a US Airways plane on the Hudson River after both engines were disabled by a bird strike. Although the ATCs were not directly responsible for the outcome, their situational awareness allowed them to understand the nature of the emergency, communicate efficiently with the pilots, and clear the surrounding airspace [12]. This case underscores the importance of SA in managing critical situations even when the primary responsibility lies with the pilot.

Given the importance of situational awareness in managing emergencies, enhancing SA should be a priority in air traffic control systems. The following strategies can help improve SA among ATCs:

1. Continuous Training: Regular training sessions, including realistic simulations of critical situations, can help ATCs develop and refine their situational awareness. Repetitive exposure to high-pressure scenarios builds the mental models necessary for effective decision-making in real-world crises [9].
2. Stress Management Techniques: Since stress can degrade SA, incorporating stress management techniques into ATC training can enhance performance during emergencies. Techniques such as mindfulness and controlled breathing can help ATCs maintain a broad perspective on the situation, even under pressure [5].
3. Improved Communication Protocols: Establishing clear communication protocols, especially in emergencies, can reduce the risk of information gaps. Ensuring that all parties involved have access to the same data helps ATCs maintain a complete understanding of the situation [10].
4. Utilizing Advanced Technology: Technology should be leveraged to assist ATCs in maintaining situational awareness, but it must be balanced with manual oversight. Tools such as predictive software and radar systems can enhance perception and projection, but ATCs should remain vigilant and avoid over-reliance on automation [11].

In addition to these strategies, various psychological methods have proven effective in further strengthening situational awareness and decision-making abilities under critical conditions:

1. Cognitive Training and Simulation: one of the most effective psychological methods to enhance situational awareness is cognitive training through simulations. High-fidelity simulation exercises that mimic real-world emergencies allow controllers to experience critical conditions in a controlled environment. These simulations improve their ability to quickly assess complex situations, develop mental models, and respond effectively. Repetition of simulated high-stress situations helps ATCs build cognitive resilience, enhancing their ability to process information rapidly and accurately under pressure. Research has shown that simulation-based training significantly improves decision-making and situational awareness during critical events [1].
2. Mindfulness and Stress-Reduction Techniques (MBSR) techniques are increasingly being recognized as effective tools for improving performance in high-stress occupations such as air traffic control. Mindfulness practices, including breathing exercises and meditation, help ATCs remain focused, reduce anxiety, and mitigate the cognitive distortions caused by stress. By encouraging the ability to stay present and aware of one's environment, mindfulness can enhance situational awareness, especially in unpredictable or emergency scenarios [5]. Mindfulness training programs, combined with regular stress management techniques such as progressive muscle relaxation and controlled breathing, allow ATCs to maintain clarity of thought and decision-making even during the most intense situations [6].
3. Mental Rehearsal and Visualization: mental rehearsal, also known as visualization, is a psychological method where ATCs mentally simulate

specific scenarios, allowing them to practice decision-making and responses to critical situations without physical involvement. By mentally rehearsing responses to emergencies, controllers can strengthen their ability to rapidly process information and foresee the consequences of different decisions. This method has been shown to improve both confidence and reaction times in high-stakes environments. Visualization is particularly beneficial in enhancing the projection aspect of situational awareness, helping controllers anticipate how evolving situations might unfold and enabling faster, more effective responses [7].

4. Fatigue Management and Cognitive Recovery Techniques: cognitive fatigue is a significant factor in the decline of situational awareness, especially in air traffic controllers who work long shifts or overnight schedules. Psychological strategies to manage fatigue include structured rest breaks, napping techniques, and cognitive recovery exercises that help refresh mental focus. Implementing fatigue management programs that integrate brief cognitive exercises, such as attention restoration tasks, helps mitigate the cognitive decline that can result from prolonged periods of intense concentration. These methods have been proven to reduce error rates and improve situational awareness in critical conditions [9].

Summing up, situational awareness is a fundamental component of the decision-making process for air traffic controllers, especially in critical conditions where swift and accurate decisions are paramount. The ability to perceive, comprehend, and project the current state of the airspace allows ATCs to manage risks, ensure safety, and mitigate the consequences of emergencies. As air traffic continues to grow and become more complex, maintaining and enhancing situational awareness will remain a key focus for ensuring the safety and efficiency of the aviation industry.

References

1. Endsley, M.R. (2018). Situational Awareness: Misconceptions and Misunderstandings. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 12(1), 21-25.
2. Wickens, C.D. (2020). Situation Awareness: Review of Mica Endsley's 1995 Articles on the Theoretical Underpinnings of SA. Human Factors, 62(1), 151-157.
3. Parasuraman, R., Sheridan, T.B., & Wickens, C.D. (2020). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, 30(3), 286-297.
4. Li, W.C., Harris, D., & Yu, C.S. (2019). Routes to Failure: Analysis of 41 Civil Aviation Accidents from the Republic of China Using the Human Factors Analysis and Classification System. Accident Analysis & Prevention, 123, 295-301.
5. McLean, N., & Wilson, R. (2017). The Effect of Stress and Fatigue on Air Traffic Controllers' Decision-Making. Journal of Aviation Psychology and Applied Human Factors, 7(1), 34-47.
6. Salmon, P.M., Stanton, N.A., Walker, G.H., & Jenkins, D.P. (2017). Distributed Situation Awareness: Theory, Measurement and Application to Teamwork. CRC Press.

7. Stanton, N.A., & Walker, G.H. (2018). Human Factors in Air Traffic Control. CRC Press.
8. Hopkin, V.D. (2019). Human Factors in Air Traffic Control. Routledge.
9. Stokes, A.F., & Kite, K. (2020). Flight Stress: Stress, Fatigue, and Performance in Aviation. CRC Press.
10. Thomas, M.J.W., & Hancock, P.A. (2019). The Relationship Between Stress and Performance in Air Traffic Controllers: Implications for Automation. Human Factors, 61(3), 432-445.
11. Zohar, H., & Donchin, Y. (2016). Situational Awareness in High-Risk Environments: Lessons from Aviation. Journal of Safety Research, 58, 27-33.
12. Sullenberger, C.B. (2009). Highest Duty: My Search for What Really Matters. HarperCollins.

UDC 656.7:044.22:044:42

V.F. Suraiev, PhD, S.O. Kudrenko, PhD, A.L. Stoliar
(National Aviation University, Ukraine)

Calculation of priority requests to IT Helpdesk of the airline

A model of flexible management of priorities in requests for IT services of airline employees based on the use of set theory operations to build data processing algorithms [1]. The model is adapted for implementation in the Helpdesk system implemented in the airline's corporate network on the MS SQL Server database server platform.

Prioritization of IT services

When prioritizing IT service requests, various factors come into play. An object-oriented approach allows to assign a priority indicator to each system object. Depending on the object's origin, its priority can be either independent or dependent. Simple objects that do not rely on others have their own priority, while dependent objects have a priority that can be calculated based on the priorities of the objects they depend on.

To classify the IT service system's objects lets divide them into two classes: simple (independent) and complex (dependent on other objects). Let's simplify the cases where an object has both a calculated priority and an additional priority component.

The simplest way to calculate the dependent priority of an object is to multiply the priorities of its subordinate objects. If priorities are represented by natural numbers, the lowest value, such as 1, is considered the highest priority, with higher values following in reverse order.

Let's examine specific types of objects within the IT service system for airline employees. Starting by looking at independent objects, which can influence the priority of dependent objects. The order of defining independent objects does not affect their impact on the priorities of dependent objects, as their priorities serve as simple multipliers in the calculation process.

Airline departments. Different departments within an airline may have varying priorities for IT service requests. For instance, the smooth functioning of the flight crew and controllers in the flight department is crucial for flight safety. Therefore, requests from aircraft maintenance units should be prioritized over requests from the financial department. The specific priority values are determined through expert evaluations.

The ratio of subdivisions is defined based on their D_ID codes, D_NAME names, and D_R priority values:

$$D = \{d \mid d \in (D_ID \times D_NAME \times D_R)\},$$

with corresponding elements:

$$d = (d_id, d_name, d_r).$$

User roles. The priority of user requests depends on their role in ensuring the continuous and reliable operation of departments. For example, a technician maintaining an aircraft at an airfield during the interflight period will have a higher

priority than an engineer in the same division who is planning the aircraft maintenance program for the next month.

The relationship between positions, division codes (D_ID), position codes in the corresponding divisions (P_D_ID), their names (P_D_NAME), and priority values (P_D_R) is structured as follows:

$$P = \{p \mid p \in (D_ID \times P_D_ID \times P_D_NAME \times P_D_R)\},$$

with corresponding elements:

$$p = (d_id, p_d_id, p_d_name, p_d_r).$$

The presence of the "d_id" value in each "p" element indicates that the actual priority of the position depends on the priority of the department in which the position is located. When calculating the priority of an IT service request, let's consider the priority of the department by multiplication, which is also part of the request's complex object.

IT request location. The IT department's employees handle all requests received in the Helpdesk system. Processing conditions may vary. Some requests can be completed remotely, while others may require the presence of an IT employee at the airline's main office or at a location within the base airport. Fulfilling requests from employees in foreign offices sometimes requires a business trip. These circumstances affect request timing and can be adjusted by assigning different priority values.

The relationship between locations on sets of subdivision codes ("D_ID") and the location codes for corresponding subdivisions ("L_D_ID"), their names ("L_D_NAME"), and priority values ("L_D_R") is as follows:

$$L = \{l \mid l \in (D_ID \times L_D_ID \times L_D_NAME \times L_D_R)\},$$

with corresponding elements:

$$l = (d_id, l_d_id, l_d_name, l_d_r).$$

Services, jobs and plans for fulfilling requests. The IT service for employees of any enterprise is structured around a catalogue of IT services, and airlines are no exception to this. For instance, the catalogue of IT services of the airline company "International Airlines of Ukraine" is organized into three levels: services, works included in the services, and plans for the execution of these works.

The catalogue comprises over a hundred items relating to airline services. Some services are used by all employees, such as network support, while departments like flight operations, aircraft maintenance, and sales play crucial roles within the airline. Each IT department supports complex software and technical systems used by hundreds of users. There are also services that are required by a few or even just one employee. The priority for each service is determined through expert evaluations.

The priorities of service support work may vary. Routine tasks, like installing the system on a new user's computer or granting/changing access rights, are automated and completed remotely with minimal time requirements. On the other hand, tasks like developing a new report may take several days. A quick task might take precedence over a lengthier one.

Additionally, work plans and their priorities are influenced by various factors such as time, day of the week, and location. Assuming that additional information about services, works, and plans does not impact the determination of their priorities, will simplify the management of the priority model.

We can define the catalogue of services as a set of relations for service objects, work objects, and execution plan objects. Each of these objects can have its own priority:

$$S = \{s \mid s \in (S_ID \times S_NAME \times S_R)\},$$
$$T = \{t \mid t \in (S_ID \times T_S_ID \times T_S_NAME \times T_S_R)\},$$
$$E = \{e \mid e \in (T_S_ID \times E_T_S_ID \times E_T_S_NAME \times E_T_S_R)\}$$

with corresponding elements:

$$s = (s_id, s_name, s_r),$$
$$t = (s_id, t_s_id, t_s_name, t_s_r),$$
$$e = (t_s_id, e_t_s_id, e_t_s_name, e_t_s_r).$$

In cases where positions, locations, work codes (t_id), and service codes (s_id) are involved, the direct reliance of execution plans on work codes and works on service codes provides an opportunity to delay the calculation of actual work priorities and their execution plans until the calculation of request priorities.

Requests for IT services are interdependent. Hence, their priorities are not isolated but are contingent on the components and need to be calculated accordingly. The representation of these requests (denoted as Q) is constructed based on sets of airline divisions (D), positions (P), locations (L), services (S), works (T), execution plans (E), and other components, such as sets of company employees, IT service performers, and time standards for execution. It can be assumed that these other components do not influence the prioritization of requests and do not complicate the model:

$$Q = \{q \mid q \in (D \times P \times L \times S \times T \times E \times R)\},$$

The set R contains the calculated priorities of requests:

$$R = \{r \mid r = d_r * p_d_r * l_d_r * s_r * t_s_r * e_t_s_r,$$
$$d_r \in D_R, d_id \in D_ID,$$
$$p_d_r \in P_D_R, p_d_id \in P_D_ID, p_d_id=d_id,$$
$$l_d_r \in L_D_R, l_d_id \in L_D_ID, l_d_id=d_id,$$
$$s_r \in S_R, s_id \in S_ID,$$
$$t_s_r \in T_S_R, t_s_id \in T_S_ID, t_s_id=s_id,$$
$$e_t_s_r \in E_T_S_R,$$
$$e_t_s_id \in E_T_S_ID)$$
$$e_t_s_id=t_s_id\}.$$

Calculating the priorities for user requests for IT services can be done by running the SQL procedure stored on the airline database server using the technologies available in the airline [2]. After identifying all the elements in the request that influence its priority, it is necessary to make changes in the structures of the relevant database tables and the software of the Helpdesk system site to save and edit expert assessments of the priorities of independent objects. This will allow the calculated priorities of requests to be used for sorting and display.

In conclusion, the proposed mathematical model for managing the priorities of IT service requests meets the intended goal. This model has been implemented in the

Helpdesk system at the airline "Ukraine International Airlines" and has been put into operation along with means of organizing user access [3].

References

1. Сураєв В.Ф., Мазур В.І., Фоміна Н.Б. Організація потоків даних в системі формування завдань на технічне обслуговування літаків. Комп'ютерні системи та мережні технології (CSNT-2024): XV міжнар. наук. – прак. конф., 25–26 квітня 2024 р.: тези доп. – К., 2024. – С. 158-159.
2. Suraiev V., Mazur V., Ivankevsch O. Effective approach to minimization of the cost of airline's intersystem interfaces creation. The Ninth World Congress "AVIATION IN THE XXI-st CENTURY". – Kyiv, September 22-24, 2020
3. Сураєв В.Ф., Мазур В.І. Оптимізація сукупної вартості міжсистемних інтерфейсів. - Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2019. – Вип. 1 (61). – С. 7-10.

УДК 159.942+612.176] 629.73

А.П. Ковальова
(Національний авіаційний університет, Україна)

Стресостійкість як чинник подолання професійного стресу у фахівців сфери цивільної авіації

У статті розглянуто наукові підходи до розуміння сутності «стресу», «професійного стресу» та «стресостійкості». Схарактеризовано особливості впливу стрес-факторів на фахівців сфери цивільної авіації. Визначено доцільність розвитку стресостійкості у фахівців сфери цивільної авіації як важливої особистісної якості та психологічного чинника у подоланні ними стресових ситуацій.

Сьогодні сучасний світ переживає надзвичайно важкі часи, пов'язані з постійними глобальними викликами, що постають перед світовим співтовариством. Загострення екологічної кризи та кліматичні зміни, ескалація збройних конфліктів, загроза виникнення Третьої світової війни – все це страшні реалії сьогоденні, які залишають невиправний відбиток на долях та здоров'ї молодого покоління, зокрема майбутніх фахівців сфери цивільної авіації.

Однією з ключових сфер функціонування будь-якої держави світу в умовах сьогодення є авіаційна галузь, і Україна не є виключенням. Так, в умовах суспільної турбулентності української держави на порядок денний вітчизняної галузі цивільної авіації виступає сукупність кардинально нових вимог до професійної підготовки майбутніх фахівців окресленого сектору економіки. Професійна підготовка є важливим етапом професійного формування авіафахівця, що буде майбутнього, вона також передбачає формування та розвиток цілої низки особистісних характеристик та якостей, серед яких можна відзначити здатність працювати в умовах ліміту та дефіциту часу, вміння оперативного прийняття рішень, концентрацію уваги, швидкість реакції на нестандартні ситуації, психологічну та фізичну готовність фахівця долати стан напруги та вміння долати стресові ситуації тощо.

Проблематика професійної підготовки майбутніх фахівців сфери цивільної авіації розглядалася у наукових розробках Д. Гандера, О. Москаленка, Т. Плачинди, В. Ягупова та інших учених.

Різним аспектам питання зниження рівня стресу та формування основ стресостійкості особистості було присвячено наукові дослідження українських та зарубіжних учених у сфері психології та психотерапії (Н. Банбурак, М. Білова, О. Вишневський, М. Гуцман, В. Корольчук, О. Личко, С. Максименко, Л. Наугольник, О. Овчаренко, Л. Прядко, З. Романець, Л. Смольська, J. Brown, E. Fromm, S. Folkman, R. Lazarus, H. Selye, J. Siegel, H. Wolff та ін.). Натомість проблемі необхідності формування стресостійкості у фахівців цивільної авіації як важливої властивості психіки людини та фактору подолання професійного стресу приділено недостатньо уваги.

На сьогодні серед багатьох негативних психічних станів, формування яких обумовлено деструктивним впливом екстремальних умов професійної

діяльності на фахівців сфери цивільної авіації (пілоти або командири повітряних суден; диспетчери служби руху; персонал з технічного обслуговування повітряних суден (інженери, техніки та ін.); члени випробувального екіпажу; бортові супровідники; диспетчери із забезпечення польотів), чільне місце посідає стрес.

У сучасній психолого-педагогічній літературі термін «стрес» (англ. *stress* – «напруження», «тиск», «зусилля», «зовнішній вплив») трактується по-різному.

Відповідно до Сучасного психологічного словника В. Шапара «стрес» є сукупністю фізіологічних реакцій захисного характеру, що настають в організмі тварини або людини як відповідь на вплив стресорів (несприятливих факторів) [6, с. 511].

У Фармацевтичній енциклопедії під поняттям «стрес» слід розуміти стан напруги фізіологічного або психологічного характеру, зумовлений сукупністю несприятливих чинників (розумових, емоційних, зовнішніх або внутрішніх), що спрямовані на порушення функцій організму, яких організм природно намагається уникнути [5].

Одним із різновидів стресу, зокрема характерних для авіації, є професійний стрес (англ. *professional stress*), оскільки як пілоти, так і інші фахівці, несуть відповідальність людські життя. Також він має свою специфіку, яка включає в себе різні стрес-фактори середовища трудової діяльності.

Вітчизняний дослідник О. Дранко виокремлює низку стрес-факторів у процесі здійснення фахівцями галузі цивільної авіації своєї професійної діяльності:

1. Висока нервово-емоційна напруга.

2. Наявність незвичайного просторового орієнтування, порушення якого є причиною 22-30% аварійних ситуацій;

3. Нав’язаний темп роботи та дефіцит часу.

4. Наявність незвичайних професійних умов діяльності (шум; вібрації; прискорення під час виконання маневрів тощо).

5. Перевага розумової праці над фізичною, присутність гіпокінезії та гіподинамії [3, с. 178].

Знаходження в ситуації, коли щось йде не відповідно до регламенту (дрібні несправності, вихід з графіка по незалежним від пілота причин, стомлення), викликає почуття дискомфорту, когнітивного дисонансу, що поступово перероджується у другий елемент класичного конструкту burnout – редукцію професійних досягнень [7, с. 118]. Вона проявляється в зниженні почуття власної компетентності, невдоволенні собою, зменшенні якості діяльності, негативному самосприйнятті в професійному плані в цілому.

Далі настає емоційне виснаження, яке проявляється у відчуттях емоційного перенапруги і в почутті спустошеності, вичерпаності власних емоційних ресурсів. Людина відчуває, що може віддаватися роботі, як раніше.

Виникає відчуття «приглушеності», «притупленості» емоцій, в особливо тяжких проявах можливі емоційні зриви [6, с. 8].

У цьому контексті актуалізується питання формування психологічної готовності фахівців сфери цивільної авіації до стресу – стресостійкості (англ. *stress resistance*) як важливого чинника у подоланні професійних стресових

ситуацій, обумовлених несподіваними ускладненнями обстановки, вірогідністю небезпеки для життя тощо.

Деякі автори ототожнюють феномен стресостійкості з «емоційною стійкістю» (М. Корольчук, В. Кремінь, Ю. Тептюк), «стресорезистентністю» (О. Шумейко), «психологічною стійкістю до стресу» (Г. Величко, Н. Сергієнко), «фрустраційною толерантністю» (Л. Іванцев, Н. Чижиченко) та ін.

За М. Кудіновою, стресостійкість є особливою властивістю особистості, яка спрямована на забезпечення гармонійного зв'язку між усіма компонентами психічної діяльності людини в емоціогенній ситуації, сприяючи її успішному здійсненню [2, с. 26].

На думку М. Корольчук, В. Крайнюк та Ю. Теплюк, стресостійкість (емоційна стійкість) є здатністю індивіда переборювати стан надмірного емоційного збудження в процесі виконання складних видів рухової діяльності [4, с. 45].

Аналіз сучасних психологічних досліджень дає змогу виокремити дворівневу структуру механізму стресостійкості, зокрема фахівців у сфері цивільної авіації:

1) І рівень – «Біологічний» - представлений такими компонентами, як: емоційний тонус; точність та функціональність рухів; надійність; конституційно-генетичні, фізіологічні, ендокринні та інші системи забезпечення адекватного та стабільного функціонування організму людини в умовах стресогенного характеру; характерні та специфічні риси основних нервових процесів людини та рівень їх активації.

2) ІІ рівень – «Особистісний» - являє собою результат впливу на особистість соціуму, попередньо здобутого життєвого досвіду та здобутих знань, умінь та навичок [2; 4; 6].

Попри те, що біологічний рівень у процесі формування стресостійкості має базовий характер, вирішальну роль тут відіграє саме особистісний рівень із сукупністю соціальних та поведінкових компонентів.

Узагальнюючи різні наукові підходи до розуміння сутності феномену «стресостійкість», можна сформулювати таку дефініцію аналізованій категорії: це інтегративна якість особистості, що характеризується взаємодією сукупності емоційно-вольових, інтелектуальних та мотиваційних компонентів психічної діяльності людини, які спрямовані на забезпечення оптимального успішного досягнення поставленої мети в певному виді діяльності у складній емотивній атмосфері (обстановці).

Т. Плачинда стверджує, що однією з професійно важливих якостей є емоційна стійкість. Діяльність фахівців у сфері цивільної авіації супроводжується нервово-емоційною напругою, зумовленою пілотажним навантаженням, функцією очікування інформаційного сигналу, подоланням монотонних факторів шуму, вібрації, сталістю зорових образів під час спостереження за хмарним небом, польоту у складних метеоумовах тощо [3].

Професійну стресостійкість вчена Г. Дубчак описує як якість людини, яка визначає ступінь ефективності подолання стресової ситуації у професійній діяльності. Вона є багатокомпонентним явищем, тісно пов'язаним із копінг-стратегіями і залежить від цілої сукупності індивідуально-типологічних

особливостей особистості (локус контролю, типу темпераменту, емоційної стійкості та ін.) [1, с. 6].

Емоційна стійкість має поєднуватися з гнучким управлінням емоційним станом – здатністю людини створювати довільний необхідний настрій, змінювати рівень емоційного збудження. Коригуючи емоції, можна робити їх адекватними у конкретній ситуації. Це дозволяє, з одного боку, заощадити нервову енергію, з іншого – використовувати емоційну самостимуляцію (цілеспрямоване підвищення рівня емоційного збудження збільшення працездатності) для повного використання своїх потенційних можливостей.

Завданням психологічної підготовки майбутніх фахівців у сфері цивільної авіації є підвищення стійкості психіки за умов стресу (підвищення «надійності людини»).

Вироблення психічної стійкості до стресу має бути спрямоване на зміцнення найслабшої ланки та вестись за двома напрямками:

– підготовка заздалегідь, ще землі, необхідних рішень та відпрацювання необхідних дій у разі всіх можливих ускладнень;

– спеціальне тренування мислення пілотів у прийнятті рішень у разі раптової зміни ситуації, тобто створення в них звички до незвичного [3].

Таким чином, на основі аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури у сфері авіаційної психології було доведено актуальність проблеми пристосування фахівців у сфері цивільної авіації до професійного середовища супроводжуваної впливом на них стресорів різної природи та напруженості.

Виявлено, що знання причин виникнення стресу дає змогу забезпечити правильну організацію роботи з психологічного супроводу процесу професіоналізації різних фахівців сфери цивільної авіації, що, у свою чергу, з одного боку, результуватиме як підвищення їх продуктивності праці та забезпечення оптимальних показників надійності під час виконання польотів, а з іншого боку, збереження психічного та фізичного здоров’я авіаційних фахівців, а в окремих випадках і життя, а сформована стресостійкість забезпечує якісне виконання ними своїх професійних обов’язків навіть у випадку впливу на них стрес-факторів.

Список літератури

1. Дубчак Г. М. Психологія становлення професійної стресостійкості майбутніх фахівців соціономічних професій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. псих. наук: 19.00.07. Київ, 2018, 36 с

2. Кудінова М. С. Порівняльний аналіз понять «стресостійкість» та «емоційна стійкість». *Теорія і практика сучасної психології.* 2016. № 1. С. 22–28.

3. Плачинда Т. С. Формування професійно важливих якостей у майбутніх фахівців екстремальних професій, як складова підвищення ефективності їх фахової підготовки. Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Кропивницький: ЛА НАУ, 2018. Випуск 4. С. 176-184.

4. Тептюк Ю. В. Психологічні умови розвитку стресостійкості особистості у дорослому віці. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*. 2018. Вип. 1. С. 44–47.

5. Фармацевтична енциклопедія. 2023. URL: https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/671/stres (дата звернення: 10.09.2024).

6. Demerouti E. Burnout among pilots: psychosocial factors related to happiness and performance at simulator training. *Ergonomics and Human Factors in Aviation*. 2019. Vol. 62. № 2. P. 233-245.

7. You-De D. Work engagement and job burn out? Roles of regulatory foci, supervisors' organizational embodiment and psychological ownership. *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 2021. Vol. 46. P. 114-122.

УДК 623.09 +358.238

Т.Г. Шоріна, к.філос.н., М.А. Абисова, к.філос.н.,
Т.А. Пода, к.філос.н., Н.А. Ченбай, к.філос.н.,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Дрони як технологія Індустрії 4.0: переваги та потенційні ризики

Розглянуті особливості Індустрії 4.0 в контексті історії промислових революцій. Втілення кіберфізичного принципу роботи зазначено на прикладі технології дронів. Проаналізовані переваги дронів в Індустрії 4.0, а також ризики їх застосування, пов'язані з безпекою польотів, кіберзагрозами, етичними та соціальними наслідками.

Від початку нового тисячоліття люди стають свідками зародження четвертої промислової революції. Нова індустрія, або Індустрія 4.0., що з'являється, історично підготовлена всіма попередніми етапами індустріального розвитку й спирається на їх ключові здобутки та інновації.

Досягненнями першої промислової революції (кінець XVIII – початок XIX століття) були механізація виробництва із використанням води та пари. Завдяки цьому етапу було створено машинобудування та впроваджено механічні верстати.

Друга промислова революція (кінець XIX - початок XX століття) була пов'язана з масовим виробництвом, конвеєрними лініями та використанням електрики. Така індустрія значно прискорила темпи виробництва, з'явилася хімічна та електротехнічна промисловості.

Третя промислова революція припадає на другу половину XX століття і характеризується впровадженням електроніки, інформаційних технологій та автоматизацією виробництва. Застосування комп'ютерних систем та роботизації кардинально змінило процеси управління виробництвом.

Власне, поточний етап розвитку технологій інтегрує досягнення всіх попередніх етапів, додаючи нові технологічні можливості і змінюючи саму природу виробництва та економічної взаємодії. Концепція четвертої промислової революції (Індустрія 4.0) була вперше представлена на Ганноверському ярмарку у 2011 році групою німецьких вчених, інженерів та економістів. Основну роль у її розробці грали експерти з німецьких промислових і наукових кіл, насамперед, Академії інженерних наук Німеччини та інші великі організації. Але ключовий внесок у популяризацію та поширення цієї концепції належить Клаусу Швабу, засновнику та голові Світового економічного форуму. У своїй книзі «Четверта промислова революція» він підкреслює масштабні зміни, які чекають на світову економіку та суспільство загалом. Зазначимо ключові трансформації.

На відміну від третьої промислової революції, що базувалася на комп'ютерних технологіях та автоматизації, основна особливість Індустрії 4.0 – це інтеграція кіберфізичних систем. Ці системи пов'язують фізичні об'єкти з цифровими мережами, що дозволяє об'єктам взаємодіяти з довкіллям, обмінюватися даними та працювати автономно. Прикладом може бути розумне

виробництво, де машини та роботи не просто запрограмовані, а можуть приймати рішення на основі даних у реальному часі.

Ще одним важливим аспектом є Інтернет речей, який забезпечує зв'язок всіх пристроїв та систем в єдину мережу, що дозволяє збирати та аналізувати великі обсяги даних для оптимізації процесів та прогнозування. У третій революції цифрові технології були розрізненими, тоді як у Індустрії 4.0 вони глибоко інтегровані.

Важлива роль в Індустрії 4.0 належить і роботі з великими даними та використанням штучного інтелекту (ШІ) для прогнозування, оптимізації та автоматизації процесів. Це дозволяє значно підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та забезпечити адаптацію до швидких змін у реальному часі.

Трансформації зазнає і роль роботів. Хоча вони використовувалися і в третій промисловій революції, в Індустрії 4.0 вони набувають нових можливостей завдяки машинному навчанню та штучному інтелекту. Тепер роботи можуть навчатися, приймати рішення та взаємодіяти з іншими машинами та людьми на вищому рівні.

Ще однією унікальною технологією Індустрії 4.0 є концепція цифрових двійників – точних віртуальних моделей фізичних об'єктів. Вони використовуються для моніторингу, прогнозування та оптимізації роботи обладнання та систем.

Отже, Індустрія 4.0 є наступним кроком, де відбувається повна інтеграція фізичного та цифрового світів через кіберфізичні системи, ШІ та Інтернет речей.

Дрони є однією з революційних технологій Індустрії 4.0. Це безпілотні літальні апарати (БПЛА), які втілюють окреслені принципи Індустрії 4.0., такі як автономні системи, кіберфізичні системи, штучний інтелект (ІІ) та Інтернет речей (IoT) для виконання різних завдань.

Так, дрони в рамках Індустрії 4.0 не просто управляються вручну, а часто працюють повністю автономно, використовуючи системи ШІ для аналізу навколишнього середовища, прийняття рішень та виконання завдань без втручання людини. Наприклад, дрони можуть використовувати ШІ для маршрутизації, уникнення перешкод і самостійного виконання місій, таких як моніторинг або доставка.

Дрони можуть бути частиною більшої мережі розумних пристроїв. Завдяки Інтернету речей дрони можуть взаємодіяти з іншими машинами, сенсорами та хмарними системами. Це дозволяє обмінюватися даними в режимі реального часу, відстежувати їх дії, отримувати інформацію про стан середовища та виконувати завдання з високою точністю.

Як частина кіберфізичних систем дрони взаємодіють із фізичним середовищем через датчики та камери. Вони збирають дані про температуру, вологість, місцезнаходження, рух та інші показники. Ці дані обробляються та аналізуються в реальному часі з використанням алгоритмів машинного навчання, що дозволяє їм коригувати свою роботу на основі навколишніх умов.

Велика кількість даних, що збирається дронами, може бути оброблена за допомогою технологій великих даних. Це допомагає покращити прогнози та

оптимізувати процеси. Наприклад, у сільському господарстві дрони аналізують стан полів, що дозволяє фермерам точніше оцінювати потреби у зрошенні чи добривах.

Завдяки своїм технічним та фізичним характеристикам дрони можуть бути використані у різних промислових секторах (військовому секторі, енергетиці, транспорті, сільському господарстві, секторі охорони та безпеки та ін.), так і галузях, що недоступні для задіяння роботи людей. Вони відкривають нові горизонти для підвищення ефективності та безпеки у різних галузях.

Водночас використання дронів пов'язане з низкою потенційних небезпек та ризиків. Ці ризики включають як технологічні, соціальні, так і правові та етичні аспекти. Зазначимо деякі з них.

Одним із основних ризиків є небезпека зіткнень дронів з іншими об'єктами – літаками, гелікоптерами, будинками, транспортними засобами чи людьми. Особливо це важливо у міському середовищі та при використанні дронів у публічних місцях. Неправильне керування дроном або збій у системі може призвести до аварії, травм людей або пошкодження інфраструктури.

Дрони можуть стати метою кібератак, оскільки вони часто підключені до Інтернету та інших мереж через Інтернет речей (IoT). Злом дронів може призвести до крадіжки даних, зміни їх маршруту або використання шкідливих дій. Наприклад, зловмисники можуть перехопити керування дроном для здійснення шпигунства, саботажу або навіть атак на критичні об'єкти.

Використання дронів може створювати ризики порушення конфіденційності, особливо при використанні дронів у густонаселених районах або в комерційних цілях, оскільки можуть збирати величезні обсяги даних через камери, мікрофони та сенсори. Наприклад, дрони можуть бути використані для незаконного спостереження за приватними територіями або об'єктами, що викликає побоювання щодо захисту персональних даних та права на приватне життя.

Одним із серйозних ризиків є використання дронів у незаконних та злочинних цілях, таких як контрабанда, доставка наркотиків, вибухових речовин або заборонених предметів. Дрони можуть бути застосовані для атак на стратегічно важливі об'єкти, включаючи державні установи, промислові об'єкти та громадські заходи.

Ризики правового плану пов’язані з тим, що правила використання дронів часто не встигають за їх швидким технологічним розвитком. Виникають проблеми з регулюванням польотів дронів, їх реєстрацією, а також із забезпеченням безпеки та дотриманням правових норм. Нестача чіткого правового регулювання може призвести до виникнення правових колізій, коли користувачі або компанії не нестимуть відповідальності за завдану шкоду або порушення прав інших осіб.

Застосування дронів викликає і безліч етичних питань. Наприклад, використання дронів для спостереження або моніторингу людей без їхньої згоди може порушувати їхні права. Існує також ризик, що автоматизація процесів, пов'язана із застосуванням дронів, призведе до скорочення робочих місць у таких галузях, як логістика чи сільське господарство, що може спричинити соціальні протести та напруженість.

Наявні і , власне, ризики технічного характеру, пов’язані з вірогідністю технічних збоїв та помилок у програмному забезпеченні. Оскільки дрони

залежать від складних систем навігації, датчиків та програмного забезпечення, то Технічні збої або помилки в цих системах можуть призвести до збою польоту, аварій та поломок. Це особливо небезпечно, якщо дрон використовується для критично важливих завдань, наприклад у сфері охорони здоров'я або в рятувальних операціях.

Так само, незважаючи на те, що дрони в рамках Індустрії 4.0 мають високий рівень автономності, поточні технології не завжди забезпечують повну надійність у складних ситуаціях. Наприклад, дрон може неадекватно реагувати на непередбачувані погодні умови або раптові зміни у навколишньому середовищі.

Отже, технологія дронів у межах індустрії 4.0, дійсно, відкриває нові можливості, але і несе ризики для безпеки та захисту як людей, так і інфраструктури. З метою підвищення культури безпеки використання технології дронів необхідно впроваджувати комплекс заходів, що включають правові, технічні, освітні та організаційні питання. Ці заходи мають бути спрямовані на запобігання інцидентам, мінімізацію ризиків та забезпечення відповідального використання дронів у різних сферах. Це тим більше важливо, коли йдеться про військові цілі використання дронів. Військові операції із застосуванням дронів повинні суворо дотримуватися норм міжнародного гуманітарного права, що включає захист цивільного населення, запобігання заподіянню шкоди мирним жителям, інфраструктурі та навколишньому середовищу. Важливо розробити суворі протоколи для оцінки цілей, мінімізації побічної шкоди та запобігання випадковим атакам на цивільні об'єкти.

Для регулювання застосування дронів у військових цілях так само потрібні міжнародні угоди, які встановлюють чіткі правила їх використання.

Одним із ключових питань у використанні дронів у мілітаристських цілях є ступінь їхньої автономності. Важливо зберегти людський контроль над бойовими дронами, особливо у питаннях прийняття рішень про завдання ударів.

Повністю автономні дрони, які можуть самостійно вибирати цілі, викликають серйозні етичні та правові побоювання, оскільки вони можуть приймати невірні рішення в умовах невизначеності чи нестачі даних. Тому важливим кроком є впровадження систем, де рішення завжди приймає людина-оператор, ґрунтуючись на даних дрону.

Отже, підвищення культури безпеки використання дронів в будь-якій сфері потребує комплексного підходу, що включає суворі правові норми, технічні стандарти, обов'язкове навчання операторів та інформування громадськості. Всі ці заходи в сукупності створюють умови для відповідального та безпечного використання дронів як у цивільних, так і у комерційних та військових цілях.

Список літератури

1. Schwab Klaus. The Fourth Industrial Revolution. Publisher World Economic Forum. – 2016. – 184 p.
2. Quattrociocchi B., Calabrese M., Iandolo F., Mercuri F. Industry Dynamics and Industry 4.0: Drones for Remote Sensing Applications. 1st Edition. Routledge. – 2024. – 142 p.

UDC 159.9:658.6

A.D. Romanova, Graduate Student
(National Aviation University, Ukraine)

Psychological aspects of using profiling in recruitment

This article explores the psychological aspects of using profiling in recruitment, highlighting the importance of psychometric assessments, behavioural evaluations, structured interviews, and visual psychodiagnostics. Profiling provides recruiters with a tool to better predict candidate success and minimize risks associated with hiring. The study also discusses the challenges related to impression management during interviews, non-verbal communication, and the significance of contextualizing candidate assessments. Additionally, profiling, as an evolving science, offers structured methods to analyse verbal and non-verbal behaviour, significantly enhancing the efficiency of decision-making processes.

The recruitment process has become increasingly complex due to changing labor market demands and the need for better alignment between candidates' competencies and organizational goals. Profiling has emerged as a critical tool in this context, enabling recruiters to assess both professional and personal characteristics. Profiling not only identifies candidates' professional skills but also evaluates their psychological, emotional, and behavioural traits, allowing for more informed hiring decisions. In this article, we will explore the psychological features of profiling in recruitment, its benefits, and the challenges involved in its application, drawing insights from behavioural profiling methods outlined by Romanova (2023) [1].

Profiling has become an essential tool in HR practices, offering deeper insights into candidates' personal qualities beyond their technical skills. According to N. Hordiienko et al. (2022), profiling helps assess not only professional competencies but also psychotypes, emotional stability, and motivational drivers [8]. A key benefit of profiling is that it helps employers better understand a candidate's potential adaptability to the social and psychological environment of the organization.

Behavioural profiling, as noted by Romanova (2023), focuses on analyzing patterns of behaviour, providing valuable insights into the psychological characteristics of individuals. This methodology systematically collects and interprets verbal and non-verbal signals to build comprehensive profiles of candidates. Profiling is based on principles of objectivity, systematic data collection, and analytical approaches that ensure a high degree of accuracy in assessing an individual's tendencies [1].

Additionally, the rise of online recruitment has led to the increased use of visual psychodiagnostics, a technique that enables HR professionals to assess candidates based on non-verbal cues such as body language, facial expressions, and gestures. Chuhaieva (2022) highlights that this method is particularly useful in evaluating the authenticity of candidates' responses during interviews and assessing their level of emotional intelligence [2].

Psychometric tests have become a cornerstone of profiling due to their ability to provide objective measurements of candidates' cognitive abilities, emotional stability, and stress tolerance. As demonstrated in the article "Psychometric Properties of a Contextualized, Actuarially Informed Assessment for Law Enforcement Personnel Selection", psychometric assessments are invaluable in high-stakes fields such as law enforcement, where cognitive and emotional resilience are critical to success [4]. These tests offer HR professionals a structured approach to evaluating mental and emotional preparedness, reducing the subjective nature of traditional hiring processes.

Moreover, psychometric tests, combined with behavioural observation, offer a holistic approach to candidate evaluation.

Romanova (2023) notes that the combination of psychological assessments and real-time behavioural analysis allows recruiters to build accurate profiles that predict future performance and compatibility with team dynamics [1].

Behavioural assessments are equally important in the recruitment process as they provide insight into how candidates respond to real-world work situations. Behavioural profiling is particularly effective in assessing soft skills, such as teamwork, leadership, and conflict resolution, which are crucial in many professional settings. As Stolyarenko (2024) emphasizes in "Psychology of Personality", behavioural profiling allows recruiters to assess deep-seated emotional responses and motivations that may not be apparent in traditional interviews [3].

Additionally, research by Fabio Glielmi et al. (2011) highlights the impact of non-verbal communication during recruitment interviews. Their study examined the influence of non-verbal behaviours such as posture, eye contact, hand gestures, and facial expressions on the outcome of interviews. They found that candidates with more positive non-verbal cues, including confident posture and direct eye contact, were more likely to be considered for follow-up interviews [6]. This emphasizes the importance of integrating non-verbal communication assessments into the profiling process to gain a more comprehensive understanding of a candidate's behaviour.

In combination with visual psychodiagnostics, behavioural assessments offer a comprehensive view of a candidate's suitability. During online interviews, non-verbal cues such as body language, eye contact, and posture can provide additional insights into a candidate's confidence, stress levels, and sincerity. Keszei et al. (2011) note that non-verbal communication plays a significant role in candidate evaluation, particularly when assessing leadership potential and emotional intelligence [7].

Interviews remain a crucial stage of recruitment, but they are often subject to biases that can lead to poor hiring decisions. Structured interviews, as part of the profiling process, help mitigate these biases by ensuring that each candidate is asked the same set of questions, which are designed to assess specific competencies. This method contrasts with unstructured interviews, where candidates may be evaluated based on the interviewer’s subjective impressions.

Conclusion. Structured interviews, when combined with profiling tools, provide a deeper understanding of how candidates manage impression tactics—

strategies used to influence the interviewer's perception. Studies have shown that candidates often use impression management to control how they are perceived, which can obscure their true abilities [5]. Profiling, through a combination of psychometric tests and structured questions, helps HR professionals differentiate between candidates who are genuinely suited to the role and those who are skilled at managing impressions.

Additionally, the integration of visual psychodiagnostics in structured interviews, particularly in virtual settings, enhances the ability to assess candidates' non-verbal behaviours. For example, a candidate's facial expressions and hand gestures can provide clues about their confidence level or anxiety, helping interviewers make more informed judgments.

References

1. Романова А. Теоретичні засади профілювання поведінки особистості у сучасній науковій парадигмі. In XIII International Scientific and Practical Conference «Aviation and extreme psychology in the context of technological achievements» : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Київ, 7 квіт. 2024 р. Мукачево, 2024. С. 241–245.

2. Чугаєва Н., Рудова А. Візуальна психодіагностика в роботі менеджера по персоналу. Technologies of intellect development. 2024. Т. 8. № 1. URL: https://doi.org/10.31108/3.2024.8.1.9 (дата звернення: 17.09.2024).

3. Лисов М. Психологія особистості. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/378862325 (дата звернення: 16.09.2024).

4. Ellingwood M., et al. Psychometric Properties of a Contextualized, Actuarially Informed Assessment for Law Enforcement Personnel Selection: The M-PULSE Inventory / H. Ellingwood та ін. Journal of Police and Criminal Psychology. 2018. Т. 35. № 2. С. 191–206. URL: https://doi.org/10.1007/s11896-018-9290-0 (дата звернення: 17.09.2024).

5. Ellis A. P. J. et al. The use of impression management tactics in structured interviews: A function of question type? / Journal of Applied Psychology. 2002. Т. 87. № 6. С. 1200–1208. URL: https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.6.1200 (дата звернення: 17.09.2024).

6. Glielmi, F., Caggiano, V., & García, J. C. S. (2011). Non verbal communication: Focus on recruitment interview. International Journal of Developmental and Educational Psychology: INFAD. Revista de Psicología, 5(1), 311-319.

7. Keszei B. et al. Job interviews: An environmental psychology approach - Az állásinterjúk környezetpszichológiája. / https://www.researchgate.net. URL:https://www.researchgate.net/publication/315481768_Job_interviews_An_environmental_psychology_approach_-_Az_allasinterjuk_kornyezetpszichologiaja (дата звернення: 17.09.2024).

8. Smutchak Z. et al. The Importance of Using Profiling Tools in Personnel Management / Springer Nature Switzerland AG. 2022. Financial Technology (FinTech), Entrepreneurship, and Business Development, Lecture Notes in Networks and Systems. P. 486. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-08087-6_37 (дата звернення: 16.09.2024).

УДК 658.7

М. С. Ігнатуша,
І.М. Суворова, к.е.н. доцент,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Актуальність управління якістю логістичних послуг з використанням повітряного транспорту

Розкрито поняття логістичні послуги та якість, а також функції логістичних послуг та фактори які є важливими для управління якістю логістичних послуг. Запропоновано показники для ефективного управління якістю логістичних послуг з використанням повітряного транспорту .

Логістичні послуги – це комплекс нематеріальних операцій, які забезпечують управління логістичними потоками з метою задоволення попиту споживачів при оптимальних витратах. Вони охоплюють різноманітні етапи, такі як: транспортування, зберігання, обробка замовлень, управління запасами та інші аспекти, що пов'язані з переміщенням товарів від виробника до споживача.

У сучасних умовах питання якості є важливим для всіх організацій, оскільки воно визначає їх успішність, стійкість та конкурентоспроможність. Якість виступає ключовим фактором не лише для підвищення ефективності роботи окремих компаній, але й для активного розвитку економіки в цілому. Вона визначається відповідністю авіаційних послуг очікуваним або встановленим стандартам. Таким чином, реальні форми стандартів та їх зміст слугують критерієм якості обслуговування пасажирів під час авіаційних перевезень [1].

Дослідження ринку логістичних послуг є ключовим елементом успішної логістичної діяльності, оскільки воно спрямоване на виявлення основних характеристик логістичного середовища та формулювання конкретних цілей для бізнесу. Ефективність управлінських рішень, пов'язаних з аналізом логістичного середовища, має значний вплив на загальну результативність логістичних процесів підприємства [2].

Управління якістю логістичних операцій прагне до того, щоб логістичні послуги відповідали очікуванням клієнтів щодо:



Рис. 1. Очікування клієнтів щодо логістичних послуг

Основні функції логістичних послуг включають:

- Приймання товарів від постачальників або виробників;
- Зберігання товарів у спеціально обладнаних складах;
- Управління запасами, що включає моніторинг і контроль наявності товарів;
- Комплектування та пакування товарів для доставки;
- Доставка товарів до кінцевого споживача;
- Управління поверненнями товарів, що не відповідають вимогам;

Управління якістю логістичних послуг є критично важливим аспектом сучасної логістики, оскільки воно безпосередньо впливає на ефективність бізнес-процесів і задоволеність споживачів. Актуальність цього управління зумовлена кількома факторами.

Перший фактор, визначення якості в логістиці. Якість логістичних послуг визначається як сукупність характеристик, що забезпечують максимальне задоволення попиту споживачів при оптимальних витратах. Це включає в себе не лише фізичні аспекти доставки товарів, але й нематеріальні елементи, такі як сервіс та інформаційна підтримка.

Другий фактор, інтеграція системи управління якістю. Сучасні підходи до управління якістю в логістиці передбачають інтеграцію з іншими системами управління, такими як екологічний менеджмент. Це дозволяє підприємствам досягати високих показників ефективності та результативності, зокрема через оперативне планування та організацію бізнес-процесів.

Третій фактор, використання інформаційних технологій. Впровадження інформаційних технологій є ключовим фактором у підвищенні якості логістичних послуг. Системи автоматизації та аналітики дозволяють знижувати витрати і покращувати контроль за виконанням логістичних процесів.

Четвертий фактор, конкурентні переваги. Якість логістичних послуг безпосередньо впливає на конкурентоспроможність підприємств. Висока якість обслуговування сприяє формуванню позитивного іміджу компанії і підвищує її привабливість для споживачів, що є важливим чинником у сучасному бізнес-середовищі.

Постачальники авіаційних послуг – це суб’єкти авіаційної діяльності, які надають послуги з наземного обслуговування повітряних суден, пасажирів, багажу, вантажу та пошти в аеропортах. Вони повинні відповідати вимогам Авіаційних правил України щодо сертифікації постачальників таких послуг.

Постачальники авіаційних послуг можуть провадити свою діяльність за напрямами, по яких не введено обмеження доступу на ринок. Вони також мають відповідати вимогам до провайдерів аеронавігаційного обслуговування, провайдерів послуг дизайну процедур польотів та провайдерів метеорологічного обслуговування.

Постачальник логістичних послуг – це бізнес, якому компанії можуть делегувати свої логістичні обов'язки. Провайдер у цій сфері займається управлінням ланцюгами постачання, виступаючи посередником між клієнтом і кінцевим споживачем. Логістичні послуги включають доставку, складування, дистрибуцію та багато інших аспектів [3, 4].

Щоб визначити найкращого постачальника авіаційних послуг потрібно врахувати такі ключові показники ефективності: надійного постачальника, вартість одної т. км., вчасність рейсів, втрата багажу, відсоток скасування рейсів. витрати на логістику, рівень задоволеності клієнтів.

Всі ці показники допомагають оцінити ефективність роботи авіаційних підприємств з різних аспектів таких як: операційна ефективність, якість обслуговування клієнтів та економічна ефективність. Регулярний моніторинг і аналіз цих КПЕ дозволяє компанії вчасно виявляти проблеми та покращувати свою діяльність.

Для ефективного управління якістю логістичних послуг на підприємстві потрібно враховувати наступні показники:



Рис. 2. Показники для ефективного управління якістю логістичних послуг з використанням повітряного транспорту

Всі ці показники в сукупності дозволять компаніям, ефективно управляти якістю логістичних послуг на підприємстві авіаційної галузі.

Управління якістю логістичних послуг є ключовим аспектом для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності підприємств. Висока якість логістичних послуг сприяє задоволенню потреб споживачів, зменшенню витрат і підвищенню загальної продуктивності. Отже, управління якістю логістичних послуг з використанням повітряного

транспорту є невід'ємною частиною стратегічного управління підприємствами. Інтеграція принципів управління якістю в логістичні процеси дозволяє забезпечити не лише задоволеність клієнтів, але й стійкий розвиток бізнесу в умовах конкурентного ринку [5].

Список літератури

1. Короленко Н.В. Управління якістю логістичних процесів на підприємстві: інтегральна парадигма. Ефективна економіка № 11, 2013. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2494
2. Руденка Г. Р. Аналіз ринку логістичних послуг в Україні. URL: http://repository.hneu.edu.ua/bitstream/123456789/4240/1/Аналіз%20ринку%20логістичних%20послуг%20в%20Україні.pdf
3. Гордон Ю. Постачальники логістичних послуг: поняття, функції та класифікація, 2022. URL: https://fulfillment-box.com/uk/postachalnyk-lohistychnykh-posluh-poniattia-funktsii-klasyfikatsiia/
4. Овчаренко А. Г. Управління якістю логістичних бізнес-процесів автотранспортних підприємств. – Харків, 2023. – 232 С. URL: https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/3058c523-9e22-485a-a579-3d95a77519f1/content
5. Решетнікова І. Логістична послуга як об'єкт маркетингової діяльності. URL: https://core.ac.uk/reader/197228090

UDC 629.735.017.1:629.735.054.07(042.3)

O. Skipalska, Senior teacher
(National Aviation University, Ukraine)

Team Interaction Air Traffic Controllers during the Performance of Duties in Extreme Situations

Peculiarities of air traffic controllers' work are analyzed, main components of readiness to interact in teams and criteria of effectiveness to work correctly under extreme circumstances are represented.

Air traffic controllers process a large amount of information, often under limited and time-poor conditions, while simultaneously performing many professional tasks: receiving information, encoding and decoding data, and distributing and received information. The preparation factor in the performance of professional duties is important for reducing errors, so it is necessary to analyze the issue of readiness to perform duties of air traffic controllers. So, it is about the readiness of a group of people for complex operational activity, which complicated by extreme situations, where the decision is usually made quickly and must be correct because people's lives depend on the ability to act in an extraordinary situation and a constructive decision.

In the most general form, an extreme situation is defined as a complication of living conditions and activity that has acquired special significance for a person or a group of people. Every situation has a subject, so any extreme situation demonstrates the unity of the objective and subjective. The objective includes extremely complex external conditions and activity processes, while the subjective includes the psychological state, attitudes and ways of acting in dramatically changed circumstances. A subject-object relationship exists when a person performs a task in an extreme situation. This task reflects the objectively difficult conditions of the subject's activity.

It is necessary to distinguish between the concepts of "extreme situation" and "extreme behavior". The development of complex individual characteristics necessary to withstand professional stress in the extreme situations, and is the reason for resistance to stressful impact. The researchers single out the professional qualities necessary for effective team interaction: energy, decisiveness, high self-control, the ability to make quick decisions, ability to make quick decisions, the ability to act in a non-standard environment that changes quickly, simultaneously performing various activities, the ability to predict changes in situations and the expected result of actions, endurance, courage, initiative, high stress resistance, high adaption skills. These qualities are formed in the process of performing professional duties.

Based on the approaches of many researchers to the structure of readiness to overcome extreme situations three main components of readiness of team members to act in the event of emergency are identified [1]:

1) the motivational-volitional component is the main component of any activity that includes a system of motives, the ability to regulate and control mental states that determines the nature of a person's further activity when performing professional tasks;
2) cognitive component consists of a system of knowledge regarding action algorithms in the event of extreme situations, subjective perceptions and connections with the performance of professional tasks in extreme situations;
3) activity component refers to the practical implementation of official tasks in difficult operational circumstances, particularly during decision-making, organizing the activities both individually and in groups.

Let us consider what is meant by "team interaction". The relevance of the issue is explained by the following circumstances:

- in all spheres of human activity there are more and more situations and tasks that require high efficiency, professionalism, clarity of thinking of not only one specialist but several ones especially in aviation sphere;
- the issue of team professionalism is becoming more and more urgent especially in the field of aviation.

The concept of "team interaction" refers to joint, interconnected, coordinated and directed activities of various subjects to achieve common goals and solve problems arising in joint activities. Also, team interaction should be understood as responsible cooperation that is built in the unity of dialogues and communication of team members, constructive discussion of problems and their possible solutions, the process of influencing each other, personal mutual enrichment and development of team members when they get social experience from communication.

There is a need for a special type of relationship namely acceptance of each other, a high level of motivation, common group values and versatile cooperation. Thus, it can be noted that the concept of interaction in a team contains indispensable characteristics: "common goal", "interaction in activity", "common result". Therefore, team interaction is a special type of relationship based on personal acceptance of each other, mutual respect and recognition, a high level of motivation, common group values and versatile business cooperation characteristic of team members.

Scientists who studied team interaction (V. Zhuravlyov, A. Malysheva, V. Okuneva, K. Shakhmaeva and others) identified the following skills that contribute to effective teamwork: cooperation with other team members, planning and execution of teamwork, mastering methods of joint activity, the ability to work in team dynamics and the ability to perform duties of group members successfully and on time.

The conducted analysis of the definitions and concepts of team interaction makes it possible to determine the main criteria for the effectiveness of such work in extreme situations:

- professionalism of each team member
- positive constructive interaction
- focus on team success

- the ability to take concerted actions aimed at a positive result

Some researchers in this field name the following criteria: value-motivational unity; high level of personal initiative and responsibility of each team member; concertation of team members on productive activities; presence of a positive psychological atmosphere where mutual respect, trust and recognition of the competence of each team member prevail. Unlike normal group, teams that cooperate in extreme conditions must demonstrate psychological stability, which includes the level of team spirit, the motivational background of the team, the level of adaptability to real operating conditions, the level of effectiveness of team communication, and the level of well-being and stability of team members. In addition, the members of the team that operates in extreme situations have high stress resistance and high adaptation skills that corresponds to the characteristics of the working conditions of air traffic operators.

According to the International Civil Aviation Organisation (ICAO) [2], more than 80% of all plane crashes are related to people. And if we are talking about accidents where the reason is the language factor, the main reason is the psychological component of the human factor [3]. As the passenger capacity of airplanes increases, the risk of human disasters increases. More than 800 people died in three-scale aviation disasters in history [4], – cases where the use of language has led to tragedies.

Air traffic operator training obviously includes fundamental training in English communication. Meanwhile, the inability to maintain radio communication in emergencies where normal phraseology is not suitable is often an issue to be considered when training future air traffic operators, especially when English is not their first language.

As the analysis of aviation disasters has shown, the main reason is not simply the low level of English language proficiency of air traffic operators but the inability to use their skills and knowledge during emotionally stressful circumstances. The task of language is the correct transmission of information and its proper interpretation. Ambiguous, misleading or poorly constructed communication in combination with expectations are considered elements of many accidents [5], as well as psychological unpreparedness to use a foreign language in non-standard circumstances [5].

When studying ICAO documentation, accident reports and scientific publications, typical problems of radio exchange and communication in general are revealed, especially when there is a need to use plain English. A number of researchers, such as T. Tarnavska, L. Baranovska, N. Glushanytsia, S. Yagodzinsky, list the following problems:

- misinterpretation of transmitted messages (for example, due to the expectation of additional information)
- ineffective aviation language radio communication between non-English speakers causing “code switching”

The awareness that it is necessary to speak a foreign language in extreme situations reduces the motivation to perform complex tasks and increases the already high level of stress which reduces memory, attention and prevents quality

performance of work, it also prevents the effective implementation of basic duties related to the profession. Thus, the ability to accurately control air traffic, especially in emergency situations, directly depends on how reliable radio communication is, which in turn depends not only on the technical knowledge of the future air traffic controller but also on his ability to communicate professionally with all participants in the service space.

Conclusion. Considering all peculiarities about the air traffic controllers work we focus on the following competencies of air traffic controllers:

- understanding of different types of human behavior when working in a team;
- understanding the style of behavior that is the characteristic of leaders and group interaction in a team;
- prevent mistakes (functional and personal skills);
- guarantee safety and efficiency of functioning;
- offer and receive help;
- be aware of your strengths and weaknesses;
- take advantage of new opportunities for self-expression; respond to proposals made by team members.

It is worth noting that the work of air traffic controllers requires long-term concentration, observation and attention, therefore, the above qualities and competencies are very important for the correct operation of the air traffic controller. In the process of professional activity, the qualities of an air traffic controller are transformed into a system of professional qualities that ensure the successful formation of professional skills necessary for the performance of duties in extreme situations.

References

1. Кокун О.М., Мороз В.М., Пішко І.О., Лозінська Н.С. Формування психологічної готовності військовослужбовців військової служби за контрактом до виконання завдань за призначенням під час бойового злагодження: метод. посіб. К.: 2021.- 7БЦ С.170

. ICAO Accident Statistics International Civil Aviation Organization, https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/Accident-Statistics.aspx

. G. Matthews, C. Neubauer, J. Saxby, W. Wohleber, J. Lin, Accident Analysis & Prevention 126, 85-94 (2018) https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.04.004

3. Doc 9835-AN/453. Manual on the Implementation of the ICAO Language Proficiency Requirements (2004)

Human Factors Training Manual Doc. 9683 (International Civil Aviation Organization, Montreal Canada)

UDC 159.941.4:629.73-057.87 (043.2)

N.V. Glushanytsia, PhD
(National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine, Ukraine)
H.M. Bilokon, senior lecturer
(National Aviation University, Ukraine)

Safety culture in aviation

The study results provide a theoretical framework for safety culture in the aviation industry. The results suggest that professional experience influences safety culture. Enhancing safety culture in aviation is essential for ensuring high safety standards and reducing the risk of accidents.

The study aims to reveal the concept of "safety culture" and define the components that affect it. We consider a strong safety culture in aviation effective communication, accountable leadership, and constant improvement. However, the level of safety culture is not sufficient. Cultural aspects impact flight safety management. In the 1930th, the "Five-Dominos Theory" of accidents was developed [1]. According to the theory, the priority domino is an unsafe social environment. Safety culture is provided only if there is an efficient interaction of all levels of an organization whose activity focuses on safety.

The existence of a balance between productivity and safety complicates the efficient realization of a safety culture.

Mínguez Barroso, C., and Muñoz-Marrón, D. provide a descriptive analyzes of air disaster investigation to identify the beginning of a global safety culture which started with the evolution of operational safety [2]. The study results prove that professional experience impacts the classification of safety factors [3].

"The effectiveness of safety management depends on the organization having a positive safety culture, or the shared values, actions, and behaviors that demonstrate a commitment to safety over competing goals and demands" [4].

"The outcomes of aviation safety may sometimes be related to occupational or workplace safety. The organization should ensure that any relevant aspects of occupational/workplace safety are integrated into SMS where appropriate" [5].

Safety culture is important for ground handling. The scientists conduct a holistic assessment of the ground handling safety culture, to avoid accidents at the workplace. They suggest the multiple perspective assessment model to integrate two mixed methods designed with data triangulation [6].

The European Union Aviation Safety Agency (EASA) ensures the safety of European air transport and environmental protection. The International Civil Aviation Organization (ICAO) is responsible for standardizing and prioritizing aviation safety and practices worldwide. These aviation organizations require introducing a safety culture in aviation. In Annex 19 the safety management key components are defined:

- safety management fundamentals;
- safety intelligence development;
- safety management implementation.

Aviation is a key component of the transportation sector. Accidents in this sector should be reduced to ensure timely delivery, sustainable production, and life and property safety. Human error causes 70–90% of all aviation accidents. These errors can be minimized by enhancing the safety culture for individuals [7].

It should be mentioned that the norms of aviation legislation are also crucial for ensuring a strong safety culture since they greatly contribute the flight safety. An effective recruitment process must be developed and implemented. It ensures that recruits possess the required skills, qualifications, and training and will perform their responsibilities properly to provide aviation safety [8].

Safety culture is incorporated into pilots' training to avoid air accidents. It helps ensure that safety principles become a core part of their professional mindset and decision-making. It enhances pilots' safety behaviors and strengthens the overall safety culture within the aviation organization, reducing the risk of accidents and improving operational outcomes.

Conclusion.

Safety culture is a key element of aviation safety management systems (SMS). Incorporating it into pilot training ensures that pilots adhere to industry best practices and meet regulatory safety standards. Pilots trained in safety culture understand their role in maintaining safety and following procedures. They take responsibility for their actions and realize their impact on safety.

Improving safety culture in aviation is essential for ensuring high safety standards and reducing the risk of accidents. A strong safety culture includes values followed by the individuals regarding safety within the organization.

By implementing these approaches, aviation companies can build a resilient and lasting safety culture, resulting in fewer incidents, better operational performance, and increased confidence among both staff and passengers. A positive safety culture in aviation considers safety as not just a set of regulations. It is a fundamental part of everyday operations which promotes accountability across the organization.

Safety culture affects air accidents. A strong safety culture can significantly reduce the likelihood of accidents, while a weak safety culture can increase the risk of air accidents.

A strong safety culture mitigates the risk of air accidents by promoting hazard identification, reinforcing safety-focused decision-making, and encouraging continuous improvement. A weak safety culture can foster unsafe behaviors, poor communication, and operational shortcuts, increasing the chances of accidents.

References

1. Heinrich, H. W. et al. Industrial accident prevention. a scientific approach. Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach., (Second Edition), 1941.

2. Mínguez Barroso, C., & Muñoz-Marrón, D. (2023). Major air disasters: accident investigation as a tool for defining eras in commercial aviation safety culture. Aviation, 27(2), 104–118. https://doi.org/10.3846/aviation.2023.19244

3. Chan, W. T. K., & Li, W. C. (2023). Development of effective human factors interventions for aviation safety management. Frontiers in public health, 11, 1144921.

4. Key, K., Hu, P., Choi, I., & Schroeder, D. (2023). Safety culture assessment and continuous improvement in aviation: A literature review. Aviation Safety Office of Aerospace Medicine, report DOT/FAA/AM-23/13.

5. International Civil Aviation Organization. A United Nations Specialized Agency. Access: /http://surl.li/iwawne

6. Musa, M., & Isha, ASN (2021). Holistic view of safety culture in aircraft ground handling: Integrating qualitative and quantitative methods with data triangulation. *Journal of Air Transport Management* , *92* , 102019.

7. Altinpinar, I., & Basar, E. (2018). Comparison of the safety cultures of Turkish aviation and maritime transportation workers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, *26*(3), 459–468. https://doi.org/10.1080/10803548.2018.1491717

8. Husar, O.A. Safety culture in the field of civil aviation: administrative and legal aspect. *Scientific works of National Aviation University. Series: Law Journal "Air and Space Law"*, *2* (51), 17-23.

УДК 628.4.04:629.78:130.2

Л.Г. Дротянко, д-р філос. н., С.С. Орденов, канд. філос. н.,
О.М. Сідоркіна, канд філос. н., І.П. Скиба, канд. філос. н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Гуманітарні аспекти технічних проблем освоєння космосу

Досліджується гуманітарні аспекти технічних проблем освоєння космосу в контексті людського виміру авіакосмічної діяльності. Стверджується, що сучасна авіакосмічна діяльність значною мірою зорієнтована на задоволення суспільних потреб, що певною мірою актуалізує дослідження місця людини у космосі та зумовлює пошук реалізації нових шляхів освоєння космічного простору.

Актуалізація дослідження гуманітарних аспектів технічних проблем освоєння космосу значною мірою пов'язана з тим, що розвиток техногенної цивілізації привів до виникнення екологічних проблем. Наряду з іншими до найзагальнішої причини їхнього виникнення можна віднести зневагу суспільними інтересами і потребами на тлі зростання економічної доцільності в сфері суспільних відносин. Наслідком стала надмірна експлуатація природних і людських ресурсів [1]. У цьому контексті І. Валлерстайн справедливо наголошував, що людство нині знову стоїть перед історичною дилемою, на кінцевий результат якої може реально вплинути наш особистий і колективний вибір. Натомість сьогоднішній вибір відрізняється від попередніх в одному ключовому аспекті, а саме – це перший вибір, до якого залучається увесь світ. Це пов'язано з тим, що історична система, в якій ми живемо, вперше охоплює всю планету [2]. Додамо, що на цей вибір суттєво впливає, також, сучасна наука, а особливо – високі технології, що втілені у результати наукових досліджень.

Більшою чи меншою мірою проблема осмислення антропологічного виміру наукового космізму та його впливу на соціальні та культурні виміри сучасного соціуму знайшла відбиток у філософських і наукових дослідженнях Е. Агацци («Моральний вимір науки і техніки»), І. Валлерстайна («Кінець знайомого світу: Соціологія XXI століття»), І. І. Мочалова та В. І. Онопрієнка («В. И. Вернадський: Наука. Філософія. Людина»), Е. Ласло («Нове розуміння еволюції: Вступ у світову еру»), Х. Лейсі («Чи вільна наука від цінностей? Цінності та наукове розуміння»), І. Пригожина та І. Стенгерс («Порядок із хаосу: Новий діалог людини з природою»; «Час, хаос, квант»), Ю. Хабермаса («Майбутнє людської природи»), Г. Хакена («Синергетика: Ієрархії нестійкостей в системах, що самоорганізуються, і пристроях») тощо. Отримані зазначеними та іншими науковцями й філософами висновки будуть осмислені в ході обговорення гуманітарних аспектів технічних проблем освоєння космосу в контексті розвитку науки та авіа-космічної діяльності.

Проблематика розвитку техногенної цивілізації у її антропологічному аспекті була розвинута філософією космізму. Хоча цей науковий напрямок у філософії був започаткований і розвинений природознавцями на рубежі XX-

XXI століть їхні антропоцентричні ідеї підхопили дослідники з інших галузей постнекласичної науки, завдяки чому вони набули нових рис передусім у сучасних міждисциплінарних науках. Споконвічна боротьба людини за верховенство в стосунках із природою тривалий час не дозволяла їй зрозуміти свою причетність до світу природи та збагнути своє місце в Універсумі. Але вже на початку XX століття вчені-природознавці здійснили спроби дослідити світ як нерозривну єдність людини і Космосу.

Традиція комізму заснована на холістичному світогляді. Цей світогляд телеологічно ґрунтується на певній еволюції Всесвіту. З прадавніх часів морально-етичний вимір космізму ґрунтувався на певній відповідності внутрішнього світу людини (мікрокосмос) із оточуючим її світом (космос). Гармонія мікрокосмосу та космосу постає як вища етичну цінність космізму. Це проявляється передусім у необхідності пізнання навколишнього світу з метою самопізнання та саморозвитку людини. Власне тому космізм пов'язаний із пошуком місця людини у Космосі, з усвідомленням загальної взаємозумовленості та визнанням пропорційності мікрокосму (людини) і макрокосму (Всесвіту), всеєдності та взаємозв'язку космічних і земних процесів, необхідністю співвідносити людську діяльність з раціональними принципами цілісності і єдності всього світу тощо.

П. Тейяр де Шарден – видатний швейцарський вчений-палеонтолог – досліджуючи феномен людини звернув увагу на те, що «через якість і біологічні властивості мислення ми виявляємося в унікальній точці, у вузлі, який панує над цілою ділянкою космосу, відкритою зараз для нашого досвіду. Центр перспективи – людина, одночасно центр конструювання Універсуму. Тому до нього слід у кінцевому рахунку зводити всю науку. І це є настільки ж необхідним, наскільки й вигідним. Якщо воістину бачити – це існувати повніше, то давайте розглядати людину – й ми будемо жити повніше» [3]. Хоча вчений не був філософом-космістом, натомість його антропологічно-ноосферні ідеї, на наш погляд, цілком вписуються в концепцію філософії космізму у його науковому напрямі.

Відлуння антропологічних ідей наукового напрямку у вітчизняній філософії космізму, а також наукових теоріях і світоглядних висновках із них постнекласичної науки кінця XX – початку XXI століть можна назвати діалогом, що відбувся майже через століття. Міждисциплінарну науку синергетику, яка виникла наприкінці XX століття, можна вважати однією з тих, що на новому рівні розглянула нелінійну проблему розвитку техногенної цивілізації. У роботі «Порядок із хаосу: Новий діалог людини з природою» засновник теорії нерівноважної термодинаміки І. Пригожин (за яку він отримав Нобелівську премію) та його співавторка, дослідниця з Брюсельської фізико-хімічної наукової школи І. Стенгерс, зазначають, що «у біологічних процесів є минуле. Молекули, що їх утворюють, – підсумок попередньої еволюції; вони були відібрані для участі в автокаталітичних механізмах, покликаних породити досить специфічні форми процесів організації» [4]. У такий спосіб сучасна постнекласична наука пояснює механізми зародження живого з неживого і далі – вищих форм організації живої матерії у Всесвіті через виникнення нестійкості в надзвичайно нерівноважних умовах, які

зумовили «ланцюги метаболічних реакцій, що приводять до розщеплення глюкози і синтезу адезинтрифосфату (АТФ) – універсального акумулятора енергії, спільного для всіх живих клітин» [4].

Зазначені вчені у своїй наступній своїй праці «The End of Certainty» обґрунтовують роль хаосу в процесах виникнення Всесвіту, пов'язаного з фазовими переходами від одного стану до іншого. Зокрема автори зазначають, що «хаос змушує нас переглянути сам сенс законів природи… Навіть Всесвіт не є замкненою системою. Він занурений у квантовий вакуум. Його народження слідує не детерміністичному закону, а реалізує деяку «можливість». Нізвідки не слідує, що інші реалізації не були б сумісними із законами квантової гравітації у перші миті після Великого Вибуху. В аналогічний спосіб, усі закони фізики в решті решт мають стосунок до можливостей. Очевидно, що реалізація світу, яким ми його знаємо, з генетичним кодом і людським мозком, є результатом цих можливостей» [5]. В такий спосіб, ми живемо у світі процесів, непередбачуваних можливостей, здійснення яких теж не можна передбачити наперед. Отже, на переконання цитованих учених, майбутнє перестає бути заданим, оскільки воно не закладене в теперішньому часі. Проблема незворотності коріниться в проблемі нестійкості, що впливає на усі процеси у світі, враховуючи й соціальне буття [6].

Зважаючи на викладене можна стверджувати, що освоєння людьми на основі розвитку сучасних науки і матеріального виробництва космічного простору відбувається за рахунок розширення техносфери, яка розуміється як система, що саморозвивається і саморегулюється. З одного боку техносфера завжди мала своїми завданнями «підкорити» природу, створити для людини комфортні умови життєдіяльності та сформувати штучне середовище, яке повинне задовольняти бажання людей на відміну від непередбачуваної стихійності природи. Проте, як виявилося, сама техносфера розвивається не лише за людським задумами, але й за своїми власними закономірностями, що з часом веде до антропологічної кризи, яка є свого роду підготовкою до наступної трансформації соціокультурного середовища.

Справджуються пророчі слова П. Тейяра де Шардена про те, що наука кінець кінцем повернеться обличчям до людини, адже свого часу класична наука зверхньо ставилася як до природи, так і до людини, не усвідомлюючи складних та не однозначних зв'язків між ними. І справді, метою сучасної постнекласичної науки є не стільки когнітивна цінність знання про зовнішній стосовно людини світ, скільки визначення пріоритетів економічного і соціально-культурного характеру. Така зміна орієнтацій науки приводить до того, що об'єктивно істинне пояснення й описування стосовно «людино вимірних» об'єктів не лише допускає, але й передбачає залучення аксіологічних факторів до складу пояснюючих положень, посилюється етизація науки, її спрямованість на загальногуманістичні ідеали й цінності людства.

Висновки

Дослідження гуманітарних аспектів технічних проблем освоєння космосу в контексті людського виміру авіакосмічної діяльності пов'язане, насамперед, з науковим напрямком у філософії космізму. Сучасна авіа-

космічна діяльність значною мірою зорієнтована як на дослідження місця людини у космосі, так і на пошук і реалізацію шляхів освоєння космічного простору для задоволення суспільних потреб. Провідна ідея антропокосмізму полягає в тому, щоб розкрити гуманітарні аспекти технічних проблем освоєння космосу, зрозуміти людину як складову частину Космосу, визначити її роль і місце в еволюційних процесах, які відбуваються у Всесвіті. Ці відкриття актуалізують проблеми подальшого дослідження й освоєння Всесвіту в інтересах світової спільноти. Але при цьому важливого значення набуває попередження негативних впливів освоєння людством космосу на космічні і земні процеси. Освоєння людьми на основі розвитку сучасних науки і матеріального виробництва космічного простору відбувається за рахунок розширення техносфери, яка розуміється як система, що саморозвивається і саморегулюється за своїми власними закономірностями. Це з часом веде до антропологічної кризи, яка є свого роду підготовкою до наступної трансформації соціокультурного середовища.

Список літератури

1. Gudmanian A, Drotianko L, Shostak O, Kleshnia H and Ordenov S 2020 Transformation of ecological consciousness in the process of solving global ecological problems *E3S Web of Conferences* **175** 14017
2. Immanuel Wallerstein The End of the World As We Know It: Social Science for the Twenty-First Century, 2001 Univ Of Minnesota Press; 288 p.
3. Pierre Teilhard De Chardin. Phenomenon of Man. Harper Perennial Modern Thought, 2008, 320 p.
4. Ilya Prigogine, Isabelle Stengers. Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature (Radical Thinkers) Verso, 2018. 384 p
5. Ilya Prigogine, Isabelle Stengers. The End of Certainty. Simon and Schuster, 1997. 228 p.
6. Kharchenko J, Kharchenko S, Sidorkina O, Fabrika A and Rusul O 2021 Sustainanability of Social Being as an Effect of Transforming Nonrandom Events Into Constructive Energy (Synergetic and Transcendent Approaches) *E3S Web of Conferences* **258** 07049

УДК 656.11 :711.73

О.В. Степанчук, д.т.н., проф., С.І. Денисюк
(Національний авіаційний університет, Україна)

Принципи забезпечення умов ефективного функціонування вулично-дорожньої мережі міст

У статті розглянуто підходи та рекомендації щодо забезпечення умов ефективного функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міст. Визначено ключові фактори, що впливають на транспортну доступність та пропускну спроможність ВДМ. Проаналізовано методи оптимізації управління транспортними потоками та запропоновано заходи для підвищення ефективності використання транспортної інфраструктури.

Стабільна робота та зручність транспортної інфраструктури великих міст відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Забезпечення ефективного функціонування ВДМ є одним із найважливіших аспектів управління міським транспортом, оскільки від нього залежить не лише швидкість переміщення мешканців та вантажів, але й загальний рівень комфорту життя в міських умовах. Забезпечення транспортної доступності по всій території міста є надзвичайно важливим фактором для розвитку економіки, соціальної активності та підвищення якості життя населення.

Оцінка якості роботи ВДМ здійснюється шляхом аналізу її здатності забезпечувати швидке та безперешкодне пересування транспортних засобів та пішоходів з мінімальними витратами часу й ресурсів. Це призводить до економії як пального та зменшення витрат на обслуговування транспорту, так і зниження рівня забруднення повітря, що є особливо актуальним для сучасних міст.

Для оптимізації функціонування ВДМ крупних і найкрупніших міст України розглядаються шляхи, які включають створення системи управління транспортними потоками, реконструкцію та будівництво нових транспортних розв’язок та проїзної частини вулиць та доріг.

Результатом ефективного управління транспортними потоками є забезпечення максимального результату за мінімальних витрат в умовах обмеженості ресурсів. А це передбачає оперативне реагування на зміни в завантаженні вуличної мережі. Рівень оперативності та ефективності управлінських рішень залежить від швидкості отримання і обробки даних моніторингу та прийняття рішень на їх основі [1]. Важливою умовою є врахування в динаміці інтенсивності руху, організації руху на перехрестях, а також ситуацій утворення заторів на вулицях міст.

Управління транспортними потоками є складним і багатогранним процесом, що вимагає інтеграції різноманітних технологій та підходів. Основні задачі управління транспортними потоками можна згрупувати в декілька ключових категорій: оптимізація руху транспортних засобів, моніторинг та аналіз транспортних потоків, прогнозування транспортних потоків, управління аварійними ситуаціями, забезпечення екологічної стійкості [2].

Таким чином, управління транспортними потоками вимагає комплексного підходу, що включає технічні, аналітичні та екологічні аспекти. Сучасні технології та підходи дозволяють суттєво покращити ефективність транспортних систем, забезпечуючи комфортний та безпечний рух транспортних засобів у міських вулицях та дорогах [3]. Для вирішення цих питань необхідно застосувати методи локальної та глобальної оптимізації транспортних потоків, які передбачають розробку моделі розподілу транспортних потоків для забезпечення ефективного функціонування ВДМ, яка б враховувала всі ускладнення в русі транспортних потоків у відповідному районі та на конкретній вулиці або перехресті, фактичне транспортне завантаження перегонів, транспортних розв'язок та наявність і розташування «вузьких місць». Локальна оптимізація шляхів руху дозволяє приймати рішення щодо розподілу або з'єднання транспортних потоків у конкретних транспортних вузлах та міських вулицях.

Оптимізація транспортних потоків є ключовим аспектом у підвищенні ефективності та безпеки дорожнього руху. Для цього застосовуються різні методи, які можна поділити на дві основні категорії: локальна та глобальна оптимізація.

Локальна оптимізація транспортних потоків зосереджується на покращенні умов руху на окремих ділянках дороги, перехрестях або в межах певних районів. Основні методи локальної оптимізації включають: оптимізацію роботи світлофорів, упровадження пріоритету для громадського транспорту, зміна організації руху, оптимізація місць для паркування.

Глобальна оптимізація спрямована на покращення транспортних потоків у масштабах міста. Вона включає більш комплексні підходи, що охоплюють широкі території та тривалі періоди часу. Основні методи глобальної оптимізації включають: планування та моделювання транспортних систем, розробка інтегрованих транспортних систем, впровадження інтелектуальних транспортних систем (ІТС), запровадження політики управління попитом на транспорт.

Таким чином, локальна та глобальна оптимізація транспортних потоків є взаємодоповнюючими підходами, що дозволяють ефективно керувати рухом на різних рівнях складності. Поєднання цих методів забезпечує оптимальний рух транспортних засобів, покращує безпеку та зменшує негативний вплив транспорту на довкілля.

Реконструкція вулично-дорожньої мережі (ВДМ) є ключовим елементом у зменшенні транспортних затримок та підвищенні ефективності руху в містах та на міжміських трасах. Вона включає комплекс заходів, спрямованих на модернізацію існуючих вулиць та доріг, поліпшення їхньої інфраструктури та забезпечення відповідності сучасним транспортним вимогам.

Реконструкція та будівництво елементів ВДМ передбачає впровадження сучасних рішень для оптимізації роботи перехресть, таких як розв'язки з кільцевим рухом, розширення під'їзних смуг або впровадження багаторівневих розв'язок. Ці заходи допомагають зменшити час затримок на перехрестях та підвищити загальну швидкість руху.

Окрім покращення умов для автомобільного транспорту реконструкція ВДМ також повинна передбачати створення інфраструктури для громадського транспорту та альтернативних видів транспорту, а також влаштування велосипедних доріжок та пішохідних зон. Це допоможе зменшити кількість автомобілів на дорогах, що зокрема призведе до зниження заторів та підвищення ефективності транспортної системи в цілому.

Реконструкція вулично-дорожньої мережі є критично важливою для забезпечення плавного та безперервного руху транспорту. Вона сприяє значному зменшенню транспортних затримок, підвищенню безпеки на дорогах та загальному поліпшенню якості життя в містах. Використання сучасних технологій та підходів у реконструкції ВДМ забезпечує ефективне управління транспортними потоками та відповідає вимогам сучасного урбаністичного розвитку.

На сьогодні одним із актуальних питань у підвищенні ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міст є впровадження інтелектуальних систем управління транспортними потоками. Така система базується на оперативному отриманні достовірної інформації про рух транспортних засобів, швидкому прийнятті рішень щодо оптимального розподілу транспортних потоків та доведенні цих рішень до водіїв через багатопозиційні дорожні знаки, інформаційні електронні табло та системи GPS-навігації. Інтелектуальні системи стають все більш необхідними в умовах зростаючої урбанізації та збільшення кількості транспортних засобів на дорогах.

Висновок

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що ефективне функціонування вулично-дорожньої мережі є ключовим елементом забезпечення якісної транспортної інфраструктури в сучасних містах. Оптимізація управління транспортними потоками, реконструкція доріг та впровадження інтелектуальних транспортних систем дозволяють не лише підвищити швидкість пересування, а й знизити негативний вплив транспорту на довкілля, покращити безпеку дорожнього руху та загальний комфорт життя мешканців. Комплексний підхід до оптимізації ВДМ, з урахуванням як локальних, так і глобальних аспектів, є необхідною умовою для сталого розвитку міської інфраструктури в Україні.

Список літератури

1. Степанчук О.В. Принципи створення транспортно-екологічного моніторингу // Містобудування та територіальне планування., 2001. №9.-С. 275.
2. Степанчук О.В. Ефективні методи розподілення транспортних потоків на вулично-дорожній мережі в сучасних умовах // Вісник Інженерної академії України. 2013. №.3-4.- с. 171-174.
3. Степанчук О.В. Сутність ефективності функціонування вулично-дорожньої мережі міст // Проблеми розвитку міського середовища. 2016. №. 1(15). - с. 133-143.

УДК 624.042

Н.О. Махінько, д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Розрахункові підходи до оцінки технологічних навантажень на конструкції сталевих силосних ємностей

Виконане дослідження стосується оцінки навантажень від сипучих матеріалів на сталеві силосні ємності та виявлення чинників неузгодженості з цього питання в нормативних та європейських стандартах.

За даними [1] на червень 2023 року на території України загальна потужність одночасного зберігання елеваторів становить 49 257 тис. т. При цьому в більшості випадків для зберігання зерна застосовуються циліндричні ємності зберігання. Ці споруди є найбільш економічними в своєму класі за рахунок оптимальної форми та конструктивних параметрів. Проте в останні роки проблематика дослідження ємностей зберігання набула особливої актуальності в світлі введення в дію нових державних будівельних норм [2], що стосуються конструкцій сталевих силосів з гофрованою стінкою для зберігання зерна, у яких всі посилання на методи і методики розрахунку відповідають європейським стандартам (EN). Таким чином постало питання наскільки критичною є різниця в розрахункових підходах до оцінки технологічних навантажень на дані споруди, а також можливості подальшої безпечної експлуатації величезного парку існуючих споруд.

З метою вирішення даної задачі було виконано порівняння значень навантажень, відповідно до вітчизняного [3] та європейського [2] підходів, від різних продуктів зберігання, що діють на основні частини ємності зберігання (плоске днище, стінку та ребра жорсткості), а також здійснено аналіз методик розрахунку, які покладені в їх основу, з метою виявлення основних чинників неузгодженості.

Перша відмінність полягала у кількісних значеннях механічних характеристик сипучого матеріалу. Відповідно [2] пропонується варіативний підхід (верхня та нижня оцінка), а за [1] лише одне стале значення практично для всіх величин (таблиця 1).

Друга відмінність стосується різних функціональних залежностей для середнього значення коефіцієнта бокового тиску відповідно вітчизняного підходу та його сталого значення в EN або нормах [2]. Для порівняння, в таблиці 1 наведені характерні значення для деяких сипких матеріалів.

У вітчизняних нормах проєктування при розрахунку діючих навантажень на вертикальну стінку та днище силоса передбачається роздільне визначення горизонтального і вертикального тиску. Нерівномірний характер горизонтального тиску за висотою стінки і периметру поперечного перерізу враховується додатковим кільцевим тиском сипкого матеріалу, локальним тиском та смуговим горизонтальним тиском (лише для полігональних ємностей зберігання).

Таблиця 1.

Характеристики сипкого матеріалу

Сипкі матеріали	Питома вага, кг/см^3		Кут природнього укосу, °		Кут внутрішнього тертя, °		Коефіцієнт бічного тиску		Коефіц. тертя (по металу)	
	EN	ДБН	EN	ДБН	EN	ДБН	EN	ДБН	EN (D4)	ДБН
Пшениця	7.5/ 9.0	7.85	34	25	30	25	0.54	0.406	0.24/ 0.38	0.4
Ячмінь	7.0/ 8.0	7.85	31	25	28	25	0.59	0.406	0.24/ 0.33	0.4
Борошно	6.5/ 7.0	6.5	45	40	42	40	0.36	0.217	0.24/ 0.33	0.5
Кукурудза	7.0/ 8.0	7.85	35	25	31	25	0.53	0.406	0.22/ 0.36	0.4
Соя	7.0/ 8.0	7.85	29	25	25	25	0.63	0.406	0.24/ 0.38	0.4

При розрахунках за EN реалізовані інші функціональні залежності [2, 4]. Зрештою порівняння чисельних значень (таблиця 2) показало, що різниця в значеннях горизонтального тиску на вертикальну стінку силоса отриманих за процедурою нормування EN набагато вищі, ніж відповідні характеристики за ДБН (до 30 %).

Для дотичного тиску на вертикальну стінку силосу було виявлено практично подвійне зростання навантажень при нормуванні за EN, а для вертикального тиску на днище спостерігається різниця в 5...15% залежно від висоти споруди. Найменша відмінність стосується вертикальних сил на вертикальні ребра жорсткості – в межах 1...5%.

Таблиця 2.

Порівняння навантажень на силос

Матеріал	Ярус	Горизонтальний тиск, кПа		Дотичний тиск, кПа	
		ДБН	EN	ДБН	EN
Борошно	5	11.8	20.5/19.9	5.7	18.7/18.3
	10	18.8	29.7/28.8	9.1	27.1/26.6
Пшениця	5	20.4	34.6/33.1	9.2	21.6/20.9
	10	32.9	51.3/49.1	14.9	32.0/31.0

Продовження таблиці 2

Матеріал	Ярус	Вертикальний тиск, кПа		Тиск на вертикальні ребра жорсткості, кН	
		ДБН	EN	ДБН	EN
Борошно	5	52.8	53.0	52.8	53.0
	10	83.8	73.7	83.8	73.7
Пшениця	5	48.8	60.6	48.8	60.6
	10	78.7	89.7	78.7	89.7

Аналіз процедури нормування навантаження від сипучого матеріалу на сталеві силоси відповідно двох діючих стандартів виявив принципові відмінності обох підходів, зокрема в значеннях механічних характеристик сипучих матеріалів та теоретичних розрахункових залежностях.

Список літератури

1. https://elevatorist.com/
2. ДБН В.2.6-221:2021. Конструкції силосів з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення. – К.: Мінрегіон, 2022. – 7 с.
3. ДБН В.2.2-8-98 Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна. – К.: Держбуд України, 1998. – 41 с.
4. Махінько А.В., Махінько Н.О. Сталеві ємносі для зберігання зерна. – К.: Сталь, 2021. – 365 с.

УДК 656.713.072.2(043.2)

Пустовойт Р.О., аспірант, Хлюпін О.А., ст. викл. Степанчук О.В., д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Функціональне зонування території транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах

Мета роботи полягає в аналізі й визначенні функціонального зонування території транспортно-пересадочних вузлів в аеропортах з метою встановлення загальних показників площ відповідних зон, що дозволить удосконалити процеси пішохідного та транспортного руху на території аеровокзальних комплексів.

Вступ

Більшість сучасних транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ) в аеропортах формуються на території аеровокзальних комплексів, а саме на привокзальній площі, де організовується пішохідний та транспортний рух. У сучасних умовах основою формування ТПВ в аеропортах з пасажиропотоком більш як два мільйони пасажирів є залізничний транспорт, який забезпечує потужний пасажиропотік безпосередньо із міста в аеропорт та навпаки. ТПВ може виступати також станція метрополітену, автобусна станція, зупиночні пункти, де сполучаються лінії маршрутів наземного пасажирського транспорту, між якими здійснюється пересадка. Транспортно-пересадочний вузол - це комплекс структурних елементів, які можна розподілити за відповідними зонами: транспортно-пішохідна, зона архітектурних споруд та об'єктів соціального призначення (за наявності) та резервна зона (за наявності) (рис. 1).

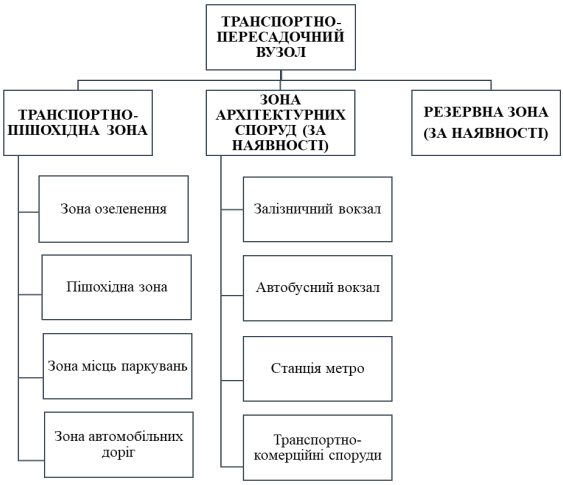


Рис.1. Структура ТПВ на території аеропорту

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аспекти організації пасажирських перевезень, технології роботи ТПВ із залізничними вокзальними комплексами, станціями метрополітену, аналізу схем і технології роботи пасажирських станцій, їх розміщення в межах ТПВ, взаємодії з іншими видами транспорту викладені в працях М. Б. Касіма [1], Г.О. Самчук [2].

Виклад основного матеріалу

Транспортно-пішохідна зона є основною одиницею аеропортового ТПВ, де розміщуються зупиночні пункти різних видів транспорту та транспортно-пішохідні шляхи, що об'єднують пункти пересадки пасажирів. Транспортно-пішохідна зона розташовується на привокзальній площі, де здійснюються міжмаршрутні пересадки пасажирів перед аеровокзалом. Тому така територія складається із таких підзон: зони озеленення та благоустрою, пішохідної території, зони місць паркувань і проїжджих частин та зони автомобільних доріг.

Зона озеленення та благоустрою складається з місць відпочинку пасажирів та зелених насаджень.

Пішохідна зона включає доріжки й пішохідну площу перед аеровокзалом, а також зупинки громадського та приватного транспорту. Оскільки зупинки транспорту складаються з ділянки скупчення пасажирів перед пересадкою та місцем зупинки транспорту, то їх можна включити до складу пішохідної зони. А зупинки громадського транспорту класифікуються на автобусні, трамвайні та залізничні пункти висадки та посадки пасажирів. До приватного транспорту відносяться зупинки таксі та індивідуальних транспортних засобів.

Зона місць паркувань та проїжджих частин складається з паркувальних майданчиків, які можна класифікувати за такими типами:

1. Короткострокові автостоянки для приватного транспорту.
2. Довгострокові автостоянки, що обслуговують приватний транспорт на добу і більше.
3. Стоянки для громадського транспорту (автобусів, трамваїв та таксі).
4. Автостоянки закритого типу (будівлі багаторівневих паркінгів).
5. Стоянка для велосипедів (зазвичай для співробітників аеропорту).
6. Стоянка для співробітників – зарезервована для осіб, які працюють в аеропорту.
7. Паркувальні місця для зони оренди автомобілів – використовуються для зберігання автомобілів, а також для їхнього обслуговування (заправка, мийка та інше).

Зона автомобільних доріг містить транспортні сполучення, які розподіляються за такими типами:

1. Службові дороги аеропорту – громадські та приватні дороги всередині аеровокзального комплексу, що забезпечують доступ до аеровокзалів, паркувальних місць, інших споруд аеропорту й регіональних, магістральних автомобільних доріг/шосе.
2. Під'їзні дороги – забезпечують рух транспорту між мережею доріг області, магістральних доріг та зоною аеровокзального комплексу.

3. Проїзні смуги перед аеровокзалом – це дороги, які розташовані поруч із площами прибуття та відправлення пасажирів і призначені для висадки та посадки пасажирів перед аеровокзалом.

4. Рециркуляційні дороги – це транспортні шляхи, які призначені для приватного та громадського транспорту, для висадки та посадки пасажирів у межах зупиночних пунктів та на територіях паркувальних майданчиків.

Зона архітектурних споруд (за наявності). Під час формування ТПВ на основі вокзалу, станції громадського транспорту чи транспортно-комерційної споруди на території аеровокзального комплексу до структури ТПВ додається зона архітектурних споруд та об'єктів соціального призначення. До її складу може входити: залізничний чи автобусний вокзал, станція метро та інші транспортно-комерційні споруди. А кожна така будівля містить зокрема й основні приміщення, серед яких є: адміністрація, зали очікування, квиткові каси. Для надання додаткових послуг можуть виділятися комерційні площі: торгівельні, культурно-розважальні, харчувальні тощо, що підвищує інвестиційну привабливість ТПВ.

Резервна зона (за наявності). Розширення та розбудова ТПВ можливе шляхом використання резервної території в разі збільшення пасажиропотоку аеропорту, його попиту та інтенсивності прибуття транспортних засобів або, в разі її відсутності, — влаштування багаторівневого вузла з відокремленими площами прибуття та відправлення пасажирів.

Висновки

Підсумовуючи все вище зазначене, можна зробити висновок, що структура ТПВ на території аеропортів може складатися із трьох зон: транспортно-пішохідної, зони архітектурних споруд (за наявності) та резервної зони (за наявності). *Транспортно-пішохідна зона* є основною територією ТПВ, яка забезпечує організацію транспортних та пішохідних потоків. *Зона архітектурних споруд* зазвичай наявна в аеропортах з пасажиропотоком понад два мільйони пасажирів із впровадженим залізничним транспортом. *Резервна зона* в більшості аеропортів відсутня. Вона може бути задіяна з додаткової території для розширення та розбудови ТПВ у разі збільшення пасажиропотоку аеропорту.

Список літератури

1. Касім М. Б. Принципи архітектурно-планувальної організації терміналів аеропортів (на прикладі аеропортів Іраку. дис. канд. арх.: 18.00.02. КНУБА. Київ, 2019.– 255 с.

2. Самчук Г.О. Підвищення ефективності функціонування транспортно-пересадочних вузлів наземного міського пасажирського транспорту: дис. канд. техніч. наук: 05.22.01 / Самчук Ганна Олександрівна. – Харків, 2018. – 206 с.

УДК 72.05

О.С. Чернишова, к.т.н., доц., Степанчук О.В., д.т.н., проф.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Раціональні параметри пішохідних зон на території аеропортів та залізничних вокзалів з урахуванням вимог безбар'єрності

Проведено експериментальні дослідження та моделювання руху пішохідних потоків з метою визначення комфортного простору для маломобільних груп населення. Отримано рекомендовані параметри пішохідних зон в будівлях аеропортів та залізничних вокзалів.

Виклад матеріалу.

В сучасному світі питанню безбар'єрності в усіх сферах життя присвячується особлива увага, адже концепція доступності, що ґрунтується на принципах соціальної справедливості, забезпечує рівні можливості для всіх у використанні навколишнього середовища. Також в основу безбар'єрності закладено економічні показники, які базуються на припущеннях, що доступність забезпечить більшу кількість споживачів у різних галузях. Окрім того, рішення зі створення безпечного та комфортного середовища для маломобільних груп населення суттєво підвищує якість життя.

Сучасні аеропорти та залізничні вокзали світу облаштовують простір таким чином, щоб забезпечити зручну навігацію, спеціальний транспорт для перевезення територією комплексів пасажирів з інвалідністю, а також сервіси з надання допомоги маломобільним групам (особи з дітьми, люди похилого віку, люди з ураженням опорно-рухового апарату, люди з вадами зору чи слуху та ін.). В Україні при розробці рішень щодо створення безбар'єрного простору в цілому та на вокзалах, зокрема, слід керуватися вимогами, що регламентуються нормами та рекомендаціями [1–3], їх основна суть полягає в наступному. Привокзальні площі повинні бути обладнані паркувальними місцями для людей з інвалідністю. Траєкторія руху повинна бути вільною від різноманітних перешкод: гострих кутів, виступів, порогів і т. ін. Параметри проходів та дверних отворів за своєю шириною повинні дозволяти вільно переміщуватися дитячим та інвалідним візкам. Ширина проходів та дверних отворів має дозволяти безперешкодний рух дитячих та інвалідних візків. Будівлі доцільно обладнувати пандусами і ліфтами відповідно для подолання нерівностей та доступу до всіх поверхів будівлі, а також для швидкої евакуації маломобільних груп населення. Санвузли повинні бути обладнані спеціальними поручнями, кнопками виклику допомоги та мати достатньо простору для маневрування інвалідного візка. Для орієнтації людей з вадами зору та слуху приміщення мають бути оснащені тактильною плиткою, спеціальними системами оповіщення та табличками зі шрифтом Брайля. Важливу роль також відіграє висота розташування інформаційних табло та доступ до кас і обслуговуючих сервісів, щоб не створювати перешкод для людей на інвалідних візках.

Критично важливим параметром, який забезпечує безпеку, комфортність та пропускну спроможність аеро- та залізничних вокзалів є ширина пішохідної зони. При обслуговуванні маломобільних груп населення вимоги до форм та

площ приміщень, а також пішохідних зон можуть відрізнятися. Для визначення оптимальних параметрів потрібно керуватися діючими нормативними документами, міжнародними вимогами і рекомендаціями виробників спеціального обладнання (дитячих візків, інвалідних візків, милиць, ходунків і т. ін.).

Ширина простору пішохідної зони безпосередньо впливає на безпеку переміщення пасажирів, особливо з дітьми, на інвалідних візках, з великогабаритними валізами, а також знижує імовірність зіткнення пасажирів під час руху, забезпечує більш вільний та комфортний рух. В «пікові» години пішохідний простір достатньої ширини забезпечує потрібну пропускну спроможність, дозволяє уникати затримки та скупчень. За умови обмеженого простору для пересування пішохідні потоки обмежені найповільнішими учасниками руху, за рахунок чого й утворюються натовпи та створюється загальний дискомфорт. А у випадку надзвичайної ситуації, яка вимагає негайної евакуації відвідувачів з території закладу, й створює підвищену небезпеку для життя та здоров'я людей. Відвідувачі з дитячими візочками, діти, літні люди, пасажири з тимчасовими обмеженнями руху потребують більшого простору для маневрів, а наявність достатньої ширини пішохідних зон дозволяє кожному відвідувачу обирати комфортну для себе швидкість переміщення, не затримуючи інших учасників руху.

Під час аналізу наукових праць окрему увагу приділено працям [4-5]. В роботі [4] розроблено рекомендації щодо встановлення мінімальної ширини пішохідних зон для аеровокзальних комплексів, виходячи з площі, яку займає пасажир з різними габаритами вантажу, зокрема, в найскладнішому випадку з двома великогабаритними валізами. Але при цьому простір, який може займати пасажир з маломобільної групи населення, не розглядався. В сучасному світі питання рівних можливостей набуває особливої гостроти, тому процес проєктування, реконструкції чи переоблаштування споруд різноманітного призначення з дотриманням вимог організації безбар'єрного простору є необхідною складовою будь-яких проєктів. В Україні повномасштабне вторгнення спричинило отримання багатьох травм, тому поранені мирні мешканці та ветерани війни повинні отримувати гідні та рівні умови життя, невід'ємною частиною яких є вільний доступ до інфраструктури. В поточній роботі зроблено спробу врахувати зазначену проблему.

Під час вивчення матеріалу особливий інтерес представила наукова праця [5], присвячена аналізу результатів експерименту щодо встановлення площі, яку займає користувач інвалідного візка на платформі метрополітену, скільки простору потрібно для безпечного маневрування або здійснення розвороту. Отримані в зазначеній роботі результати використано при розрахунку мінімальної ширини пішохідної зони.

З метою обґрунтування раціональних параметрів пішохідних зон авторами даної роботи окрім врахування досвіду вітчизняних та закордонних вчених, проведено ряд експериментальних досліджень щодо простору, який займають пасажири з дитячими візочками різних технічних конфігурацій. До того ж експеримент враховував натурні дослідження щодо встановлення середніх швидкостей руху відвідувачів, максимального потоку пасажирів в різних зонах території залізничного вокзалу в "пікові" години: біля кас та довідкових центрів, в проходах залів очікування, кафе та закладах торгівлі, при виході до платформ. Визначення аналогічних показників для території аеропортів прийнято з досліджень

[4] через відсутність фізичної можливості проведення замірів у зв'язку з тимчасово закритим повітряним простором в країні. Також виконано просторове моделювання різноманітних траєкторій руху пасажирів на території вокзалів, ймовірних перетинань потоків та особливостей руху маломобільних груп. Отримані результати вказують на те, що простір, потрібний для безпечного переміщення осіб з проблемами опорно-рухового апарату, вадами зору та слуху, в 1,2…2 рази може перевищувати аналогічний простір для нормотипової людини. Що стосується пасажирів з дітьми, дитячими візочками та на інвалідних візках, то збільшення потрібного простору зафіксовано у діапазоні від 1,6…5,5, залежно від віку дітей, габаритних розмірів дитячих візочків та інвалідних візків. З урахуванням наведених результатів експерименту визначалися щільності людських потоків, їх взаємозв'язок зі швидкістю, а також просторові параметри потоків пасажирів, що надало змогу встановити раціональні параметри пішохідних зон.

Виконані авторами дослідження дозволяють стверджувати, що для комфортного перебування на території аеропортів та залізничних вокзалів рекомендована ширина пішохідної зони становить 1,90 м в одному напрямку та не менше 3,80 в двох напрямках. Дані показники обумовлені габаритами інвалідних візків та дитячих візочків з суттєвими габаритними розмірами та обчислені виходячи з вимог безпеки і показників комфорту у разі не лише руху по наміченій траєкторії, але й потребі в маневруванні та зміні напрямку руху.

Висновки

Виконані натурні експерименти, а також проведені моделювання, які імітували рух людей з дитячими візочками та на інвалідних візках в пішохідних потоках різної щільності, дозволили дійти висновку, що ширина пішохідної зони на території аеро- та залізничних вокзалів в обох напрямках повинна становити 3,80 м, а однієї смуги руху – 1,90 м. Рекомендовані параметри пішохідної зони забезпечать безпеку та комфортність пересування в будівлях вокзалів пасажирів та відвідувачів, зокрема, тих, що відносяться до маломобільних груп населення.

Список літератури

1. ДБН В.2.2-40:2018: Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Вид. офіц. К.: Мінрегіон України, 2018. 70 с.
2. Альбом безбар'єрних рішень. [URL: https://bcl.com.ua/albomrozdil1/].
3. Організація та реалізація процесу надання фізичного супроводу та допомоги на транспорті пасажирам з інвалідністю: методичні рекомендації для працівників транспортної інфраструктури / за заг. ред. Ю.В Патлань. К.: «Ресурсний центр «Безбар'єрна Україна», 2021. 134 с.
4. Пустовойт Р.О., Степанчук О.В. Визначення оптимальної ширини пішохідної зони на території аеровокзальних комплексів / Airport Planning, Construction and Maintenance Journal. 2024. № 1 (3). К.: Видавничий дім «Гельветика». – С. 40–46.
5. Valdivieso J., Seriani S. Study of the Space Occupied by a Wheelchair User at Metro de Santiago Platforms by Laboratory Experiments / Journal of Advanced Transportation. 2021. Article 1789241. [URL: https://doi.org/10.1155/2021/1789241].

УДК 004:624

О.В. Родченко, к.т.н., В.І. Довгоп`ятий, Д.І. Довгоп`ята,
І.Б. Євдокімова, І.М. Носуля
(Національний авіаційний університет, Україна)

Теоретичні та практичні основи визначення класифікаційного параметра жорсткого аеродромного покриття PCR з використанням штучного інтелекту

За допомогою штучного інтелекту визначено емпіричні формули для розрахунку величини PCR жорсткого аеродромного покриття на основі значення категорійного нормативного навантаження.

Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) прийняла метод, який замінить застарілу систему Aircraft Classification Number / Pavement Classification Number (ACN/PCN). Новий метод, що отримав назву Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating (ACR/PCR), включений до Поправки 15 до Додатку 14 ICAO, Том 1 (ICAO, 2020), і детально описаний в оновленні до Посібника з проєктування аеродромів ICAO (ADM), Частина 3 (ICAO, 2022). Метод ACR/PCR набув чинності в липні 2020 року і, як очікується, повністю замінить ACN/PCN 28 листопада 2024 року. Протягом перехідного періоду обидва методи залишатимуться доступними [1].

ACR (класифікаційний параметр літака) визначається як подвоєне значення допустимого навантаження на колеса (DSWL), виражене у сотнях кілограмів, замість тисяч кілограмів, як це було в визначенні ACN. Ця зміна у визначенні призводить до того, що значення ACR (і відповідного PCR) приблизно в десять разів більше за величиною, ніж значення ACN (і відповідного PCN). Це лише питання визначення; це не означає, що можна перетворити ACN в ACR (або PCN в PCR), просто помноживши на десять. Причиною цієї зміни було уникнення можливої плутанини під час звітування (наприклад, випадкове порівняння ACR з PCN), особливо в перехідний період, коли обидві системи використовуються [1].

PCR (класифікаційний параметр аеродромного покриття) визначається як ACR «критичного» або еталонного повітряного судна при його максимальній допустимій злітній масі (MAGW). Таким чином, основна функція методу PCR полягає в ідентифікації критичного повітряного судна та визначенні його MAGW. Після цього можна розрахувати ACR, використовуючи стандартну процедуру ICAO, і призначити його для PCR [1].

У науковій праці [2] на прикладі з аеропорту Південно-Східної Азії обговорено аномалії між проєктною несучою здатністю покриття за методом розрахунку товщини покриття PTD та методом ACN/PCN. Встановлено, що метод ACR/PCR може надавати результати структурної оцінки покриття, які відповідають результатам за методом PTD [2].

У зв’язку із введенням у дію нового методу ICAO ACR/PCR виникла необхідність в адоптації вітчизняної методики визначення PCN до нових

вимог. Суть вітчизняної методики визначення класифікаційного числа аеродромного покриття PCN полягає у визначенні значення максимального категорійного нормативного навантаження, що діє на аеродромне покриття, та встановленні за графіком величини PCN.

За допомогою комп'ютерної програми ICAO ACR визначено класифікаційний параметр ACR для різних значень категорійного нормативного навантаження на чотириколісну опору F_n (табл. 1) для кодів міцності ґрунтової основи (A – висока міцність, B – середня, C – низька, D – дуже низька).

Таблиця 1.

Класифікаційний параметр ACR категорійного нормативного навантаження для коду міцності ґрунтової основи A

F_n, кН	ACR	F_n, кН	ACR	F_n, кН	ACR	F_n, кН	ACR
300	140,32	500	273,87	700	459,52	900	686,85
310	145,87	510	281,87	710	470,00	910	699,09
320	151,52	520	290,08	720	480,58	920	711,41
330	157,28	530	298,45	730	491,08	930	723,80
340	163,15	540	306,98	740	502,04	940	736,26
350	169,13	550	315,68	750	512,94	950	748,79
360	175,23	560	324,49	760	523,93	960	761,40
370	181,44	570	333,22	770	535,27	970	774,07
380	187,77	580	342,24	780	546,37	980	786,80
390	194,21	590	351,38	790	557,55	990	799,60
400	200,79	600	360,64	800	568,80	1000	812,47
410	207,49	610	370,02	810	580,18	1010	825,40
420	214,31	620	379,52	820	591,70	1020	838,39
430	221,27	630	389,13	830	603,31	1030	851,45
440	228,37	640	398,86	840	615,00	1040	864,57
450	235,61	650	408,70	850	626,77	1050	877,47
460	242,99	660	418,65	860	638,63	1060	891,21
470	250,51	670	428,71	870	650,57	1070	904,30
480	258,15	680	438,88	880	662,58	1080	917,67
490	265,92	690	449,15	890	674,68	1090	931,10

За допомогою штучного інтелекту визначено емпіричні формули (для кожного коду міцності ґрунтової основи) для розрахунку величини PCR на основі значення категорійного нормативного навантаження.

Штучний інтелект – це галузь комп'ютерних наук, що займається створенням машин і програм, що здатні виконувати завдання, які можуть включати розпізнавання мови, прийняття рішень, вирішення проблем, планування тощо [3,4].

Однією зі сфер, де ШІ має глибокий вплив, є регресійний аналіз. Розглянемо поліноміальну модель регресії. Припустимо, що маємо результати n пар незалежних спостережень. Суть задачі полягає у визначенні згладжувальної

кривої, що „найкращим" чином проходить через задану множину точок. Найпоширенішим методом при розв'язанні подібних задач є метод найменших квадратів, що відноситься до числових методів [5].

Визначимо невідомі параметри поліноміальної моделі регресії $PCR=a\cdot F_n^2+b\cdot F_n+c$ для даних у табл. 1. Для вирішення цієї задачі використано ChatGPT. ChatGPT – це мовна модель, розроблена компанією OpenAI на основі архітектури Generative Pre-trained Transformer. ChatGPT надав відповідь у вигляді програмного коду мовою Python. Для запуску програмного коду та отримання відповіді було використано онлайн ресурс replit.com.

Модель поліноміальної регресії із визначеними параметрами для коду міцності ґрунтової основи А має вигляд:

$$PCR_A=0{,}0005\cdot F_n^2+0{,}285\cdot F_n+3{,}0699. \quad (1)$$

За аналогією було отримано емпіричні формули для інших кодів міцності ґрунтової основи:

- для коду В

$$PCR_B=0{,}0004\cdot F_n^2+0{,}5764\cdot F_n-61{,}8983; \quad (2)$$

- для коду С

$$PCR_C=0{,}00037\cdot F_n^2+0{,}75123\cdot F_n-87{,}3057; \quad (3)$$

- для коду D

$$PCR_D=0.00032\cdot F_n^2+0.897\cdot F_n-97{,}23. \quad (4)$$

Висновки

Отримано емпіричні формули для визначення класифікаційного параметра жорсткого аеродромного покриття PCR для чотирьох кодів міцності ґрунтової основи за допомогою розробленої ChatGPT програми.

При визначенні величини PCR за отриманими емпіричними формулами розбіжність із результатами, отриманими у комп'ютерній програмі ICAO ACR, знаходиться у межах від 3 до 5% (для коду міцності ґрунтової основи *A*), 3–7% (для коду міцності ґрунтової основи *B*), 1–3% (для коду міцності ґрунтової основи *C*), 1–3% (для коду міцності ґрунтової основи *D*).

Список літератури

1. Federal Aviation Administration (FAA), Standardized Method Of Reporting Airport Pavement Strength-PCR, *Advisory Circular No 150/5335-D*, U.S. Department of Transportation, 2022.
2. Sun, J., Oh, E., Chai, G., Ma, Z., & Bell, P. (2024). Comparison between ACN–PCN and ACR–PCR for rigid airport pavement with case study. *Road Materials and Pavement Design*, 1–13.
3. Abambres, M., & Ferreira, A. (2017). Application of ANN in Pavement Engineering: State-of-Art. Mechanical Engineering eJournal.
4. Abed, A., Thom, N.H., Campos-Guereta, I., & Airey, G. (2022). Improved Multi-layer Analysis of Pavement Response Using Neural Networks to Optimize Numerical Integration. International Journal of Pavement Research and Technology.
5. John Wolberg (2006). Data Analysis Using the Method of Least Squares. Springer, Berlin, Heidelberg. 250 p. https://doi.org/10.1007/3-540-31720-1_2

UDC 691:624.01

O.H. Horb, PhD, N.O. Bidna
(National Aviation University, Ukraine)

Testing methods for bioconcrete products with organic filler

The paper presents wall elements made of bioconcrete, in which agricultural waste is used as a filler. The methodology of experimental studies of bioconcrete elements and the main parameters of the initial materials are presented.

The main task in the development of the construction materials industry is to widely use local raw materials and develop the production of efficient materials (Fig. 1), which reduce the weight of structures and reduce construction costs. Thermal insulation materials are of particular importance.

In the economics of modern regional construction, lightweight aggregates, especially those based on local raw materials, play an important role in the production of thermal insulation materials [1-3].

Large volumes of capital construction in the regions are made possible by increasing the level of industrialization and mechanization of construction.

The main direction of construction industrialization is the construction of prefabricated universal frame-panel buildings with various types of thermal insulation.

In most regions, they are particularly scarce. Their shortage is one of the reasons for the poor development of prefabricated construction.

a) **b)**



Fig. 1. Types of bioconcrete blocks: a) symmetrical; b) asymmetrical

Organic raw materials used as aggregates for lightweight concrete have their own characteristics that distinguish them from mineral aggregates. The properties of lightweight concrete were studied using different types of mineral and organic binders. The research was conducted on cements (quick-setting, Portland, slag-Portland), caustic magnesite powder, gypsum and bituminous binders. Petrolatum and Kukersol shale varnish were used to make thermal insulation fills.

Six twin specimens were prepared for each type of test. The study of the properties of concrete with different types of binders was carried out on cubes

measuring 10x10x10 cm; prisms 10x10x30 cm and slabs 100x50x103, 100x50x8, 80x50x8, 80x50x6 cm.

For the experimental work, corn cob stalks in the form of "crushed stone" were used as aggregate.

Mixing of the crushed corn cob cores with mineral binders was carried out in a laboratory stirrer of forced action for 4-5 minutes.

The samples were compacted on a hydraulic press under a pressure of 0.03-0.05 MPa. Hardening and drying of the samples was carried out in artificial and natural conditions. Under natural conditions, the samples were cured on racks in a room with an air temperature of 18-20° and a relative humidity of 60-65%. The specimens were cured in humid conditions on racks above water in a bath with a hydraulic gate at a relative humidity close to 100%.

Samples on gypsum binders were dried in an oven at a temperature of 50-60°C.

Bulk weight, compressive strength, water absorption, and hygroscopicity were determined on the cube samples. Compression tests were performed on a 5-ton press of the P-5 type, and bending tests were performed on a 6-ton hydraulic press.

The hygroscopicity was determined daily for 60 days at t = 15-20° and relative humidity in the exciter equal 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 45%, which was created by different concentrations of sulfuric acid solution, which was determined by an areometer in accordance with Table 1.

The decay resistance of the bituminous binder samples was determined directly by testing samples that were placed in the ground to a depth of 50 cm and kept there for a year.

The thermal characteristics of various concrete and backfills were determined using the regular mode method.

As a rule, three samples were tested for each composition.

This method of determining the thermal coefficients of building materials under non-stationary thermal conditions is based on the use of its regularities, which are generally described by the Fourier differential equation:

$$dt/dz=a(d2t/dx2+ d2t/dy2+ d2t/dz2) \quad (1)$$

where $a=\lambda/c\gamma$ - thermal conductivity coefficient of the material. Observations have established that there are two stages in the process of heating or cooling any body placed in an environment with a constant temperature that differs from the body's temperature at the initial time.

In the first stage, which usually lasts for a short time, the temperatures of individual points on the body fluctuate unevenly, in waves that gradually decay.

As the temperature fluctuations level off, the second stage of the process, called regular, occurs, characterized by a uniform change in temperature over time.

If the data of measurements of changes in temperature differences at any point of the body during its heating or cooling and the ambient temperature $\upsilon=\tau t-\tau$ are plotted on a semi-logarithmic grid, where the abscissa axis is the time Z and the ordinate axis is the natural logarithm of the temperature difference $lg\upsilon$.

The wavy part of the curve represents the first stage of the process, and the straight part represents the second stage. The angle of inclination of the straight section to the horizon β characterizes the cooling rate of the body. The tangent of the angle of

inclination m=tgβ (3 is related by a functional relationship to the value of the thermal conductivity coefficient a.

The direct test consisted in measuring the cooling rate of a material sample placed in a tightly closed vessel called an acalorimeter, which was immersed in a liquid medium with a constant temperature (water-ice bath) lower than the initial temperature of the device. The thermal conductivity coefficient (a) was calculated based on the cooling rate and the device constant obtained from experience.

Table 1.

Concentration of solutions

relative air humidity in the exciter, %	sulfuric acid concentration, H_2SO_4, %	specific weight of the solution
100	0	1,0
90	17,66	1,125
80	26,30	1,192
70	32,80	1,245
60	38,00	1,360
50	43,00	1,425
45	45,30	1,455

The thermal conductivity coefficient (λ) was calculated from the obtained value of the thermal conductivity coefficient and the tabulated value of the specific heat capacity of the material according to the formula:

$$\lambda = a \bullet c \bullet \gamma 0 \qquad (2)$$

The X-ray diffraction and gravimetric analyses were performed in the problematic soil silicates laboratory.

X-ray structural analysis of neoplasms in lightweight concrete on construction gypsum from corn cob rods was performed by ionization registration of X-ray intensity using the URS-50 IM unit. The survey was performed on CuKα radiation. Kβ radiation was filtered by a manganese or nickel filter. Interplanar distances were calculated using the Wolfe-Bragg formula. The interpretation was performed by comparing X-ray diffraction patterns for pure gypsum stone mixed with water and gypsum stone mixed with corn cob extract, as well as for samples of both types that had been previously aged for one hour at typical temperatures of 120 and 180°C.

The preparations were prepared as follows: the studied mixtures were subjected to thorough grinding until they passed through sieve No. 0053. 0.5 g of this mixture was mixed with Ramsay's putty and placed in a special cuvette for taking polycrystalline samples, which was fixed on an URS-50 slide. The speed of movement of the counter and the sample was 2° per minute.

Thermographic studies of neoplasms in the gypsum stone of concrete samples on corn cob rods were performed on an automatic photo-registration pyrometer FPK-55 using simple and differential recording according to the method.

The heating rate was 10-12° per minute.

Platinum-platinum-rhodium thermocouple.

Gravimetric analysis was used in conjunction with thermographic analysis to gain insight into the kinetics of the reactions. The research was performed on a setup consisting of two devices - a damper balance and an AC bridge. The analysis was based on the thermobalance method of determining the change in mass of a substance. The setup uses the principle of a compensating chain. The gravimetric analysis made it possible to determine the temperature range for the removal of chemically unbound and chemically bound water, as well as the intensity of the processes.

Petrographic analysis was performed by viewing grinds under a MIN-8 microscope (magnification up to 500) and immersion preparations of lightweight concrete on construction gypsum and corn cob rods.

References

1. Mahmoud Abu-Saleem, Joseph M. Gattas, Eccentric compression behaviour of hybrid timber-cardboard sandwich columns, Construction and Building Materials, Volume 440, 2024, 137365, ISSN 0950-0618, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137365.

2. Cosentino L., Fernandes J., Mateus R. Fast-Growing Bio-Based Construction Materials as an Approach to Accelerate United Nations Sustainable Development Goals, (2024) Applied Sciences (Switzerland), 14 (11), DOI: 10.3390/app14114850.

3. Sutkowska M., Stefańska A., Vaverkova M.D., Dixit S., Thakur A. Recent advances in prefabrication techniques for biobased materials towards a low-carbon future: From modules to sustainability, (2024) Journal of Building Engineering, 91, DOI: 10.1016/j.jobe.2024.109558.

УДК 692

С.М. Скребнєва, кандидат технічних наук, доцент
А.С. Візір
(Національний авіаційний університет, Україна)

Переваги застосування модульних будівель при реконструкції та розширенні аеропортів

Проаналізовано головні переваги модульного проєктування та будівництва в порівнянні з традиційним методом зведення будівель в аеропортах. На практичному досвіді різних країн, вивчено ефективність роботи аеропорту під час встановлення модульних будівель та окреслено можливі експлуатаційні наслідки.

Будівництво та проєктування аеропортів відбувається відповідно до генерального плану, на основі якого визначають кошторисну вартість будівництва або реконструкції аеропорту і розробляють проєкт організації будівництва. При проєктуванні та реалізації планів розширення та реконструкції аеропортів використовують новітні будівельні технології, техніку та архітектурно-конструктивні рішення.

Модульне будівництво - це інноваційне рішення, яке поєднує гнучкість, масштабованість і адаптивність у транспортній галузі. Воно особливо цінне у сфері розширення аеропортів, де першочерговими вимогами є швидке завершення будівництва, мінімальні перебої у роботі, висока якість результатів та безпека пасажирів і працівників, що допомагає підтримувати аеропорт якомога ближче до повної працездатності та здатності швидко задовольняти зростаючі потреби в пропускній здатності.

В аеропортах модульні будівлі можуть використовуватися як для тимчасових, так і для постійних рішень. В якості тимчасових, модульні будівлі можна встановити як офісний простір при проєктах реконструкції. Як основні, модульні будівлі можна встановити в місцях видачі багажу (особливо актуально для невеликих аеропортів з обмеженою кількістю таких місць), в зонах очікування (для створення більшого простору очікування), в якості нового терміналу, в ангарах (щоб мати оптимальний простір для ремонту та технічного обслуговування), а також як адміністративний офіс або офіс служби безпеки.

Переваги модульних будівель:

1. *Встановлення модульних будівель швидше за традиційне будівництво*. Через зростання пасажиропотоку аеропорти потребують додаткового простору. Традиційні будівельні проєкти вимагають місяці на проєктування та роки на саме будівництво. А завдяки модульному зведенні термін будівництва скорочується на 40-50%. Це ключова перевага, яка зменшує небезпеку для пасажирів, оскільки більша частина робіт виконується за межами будівельного майданчика в контрольованому складському середовищі. Доставка, встановлення панелей або блоків та їх підключення до інженерних мереж завершується швидко, що дозволяє якнайшвидше повернутися до нормального режиму роботи.

2. *Модульні будівлі можуть бути індивідуальними.* «Модульний» не обов'язково означає сірий і нудний. Модульні будівлі можна налаштувати відповідно до вимог дизайну або брендингу. Успіх із модульним дизайном і конструкцією досягається завдяки правильному плануванню простору, розумінню розміру модуля та відповідності до зовнішнього вигляду оточуючих будівель.

3.*Модульні будівлі підвищують мобільність.* При традиційному будівництві сусідні будівлі можуть бути зупинені або закриті на час будівництва. При модульному будівництві сусідні будівлі можуть залишатися відкритим. Модульні будівлі можна легко розмістити, не порушуючи решту території. Крім того, модульні будівлі можна переміщати за потреби, що є важливим під час проєкту розширення, коли потреби можуть змінюватися. Така гнучкість дозволяє аеропортам продовжувати роботу без перерв або з обмеженими перервами під час процесу розширення.

4.*Економічна ефективність.* Модульне будівництво є економічно вигідним рішенням, оскільки воно мінімізує потребу в значній кількості робочої сили на об'єкті і зменшує кількість відходів.

На традиційних будівельних об'єктах модульного офісного вагончика було б достатньо для забезпечення офісного простору проєкту. Проєкти в аеропортах часто більші за масштабом, а це означає, що потрібно більше місця для розміщення підрядників і робітників. Багатоповерхова модульна будівля або великий модульний комплекс, який можна переміщати по ходу будівництва, є оптимальним рішенням. Будівельні офіси в проєктах аеропортів часто доводиться розташовувати в нетрадиційних місцях. Наприклад, комплекс модульних будівель Wilmot в міжнародному аеропорту Даллеса (рис.1). Цей комплекс використовувався як офіс для проєкту розширення, а потім був перенесений поруч зі злітно-посадковою смугою і дообладнаний спринклерною системою для використання в якості станції антиобледеніння.



Рис. 1. Комплекс модульних будівель Wilmot в міжнародному аеропорту Даллеса (фото з сайту https://www.wilmotmodular.com)

Розташування будівлі має значний вплив на те, яких правил необхідно дотримуватися. Наприклад, міжнародний аеропорт Балтимор/Вашингтон разом з

компанією Wilmot Modular Structures працювали над встановленням модульної будівлі за межами злітно-посадкової смуги терміналу. В результаті компанія Wilmot використовувала прокладки з АБС (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) і систему пірсів, тоді як будівля поруч зі злітно-посадковою смугою в проєкті аеропорту Даллеса вимагала дорогих структурних фундаментів зі сталевими і зварними плитами. Крім того, завдяки використанню модульної конструкції вдалося мінімізувати кількість робітників на будівельному майданчику та скоротити час перерв у їхній роботі.

Ще одним яскравим прикладом є розширення залу D міжнародного аеропорту Хартсфілд-Джексон в Атланті, яке розпочалося наприкінці квітня цього року і стало кульмінацією двох років ретельної підготовки з використанням менш руйнівного підходу до вдосконалення найзавантаженішого аеропорту світу. Проєкт поєднує в собі модульне і традиційне будівництво та має на меті збільшити площу терміналу D, розширивши його з 18 до 30 метрів і збільшивши його загальну довжину на 87 метрів. Багатоетапний графік будівництва передбачає розміщення 19 попередньо сконструйованих модулів (рис. 2) у залі D, здійснюючи подорож довжиною милю в один і той же день щотижня між 1-4 ранку.

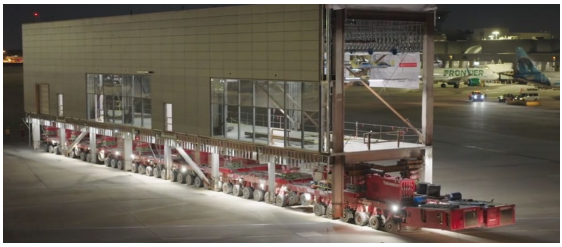


Рис. 2. Перевезення одного з модулів до зали D (фото з сайту https://www.wsp.com)

Цей метод дозволить тримати якомога більше воріт відкритими під час будівництва. Проєктування було розпочато в квітні 2022 року, а підземні роботи по підключенню комунікацій розпочалися в листопаді 2023 року. Робота над модулями почалася в січні 2024 року.

Реалізація чеського проєкту в Сенегалі (Західна Африка) наглядно продемонструвала як принцип модульного будівництва може вирішити проблеми та ризики пов'язані з життям місцевої громади. Реконструкція аеропорту в Сен-Луїсі вимагала перенесення місцевого цвинтаря, розташованого на місці розширеної злітно-посадкової смуги, що майже неможливо уявити в ісламському світі. Це також призвело до переривання міграційних шляхів місцевих скотарів, які звикли переганяти свою худобу через територію аеропорту. Це лише кілька очевидних речей, які місцева громада оголосила на обіцянку робочих місць під час будівництва аеропорту та в результаті його майбутньої роботи. Майбутні можливості включають, зокрема, розвиток туризму (у місті, яке є об'єктом всесвітньої спадщини ЮНЕСКО), розвиток матеріально-технічної бази для видобутку природного газу (з атлантичних вод Сенегалу), а також покращення

зв'язку з метрополією Дакар та інші частини країни. Тому чеська команда поставила в пріоритеті залишитися в гарних стосунках із місцевою громадою .У результаті роботи в Сен-Луїсі близько п'ятдесяти місцевих робітників працювали разом із чеськими техніками та інженерами та навчилися від них модульного способу будівництва будівель, який не так часто зустрічається в африканських умовах.

Вже у середині липня 2022 року в Сен-Луї на півночі Сенегалу відкрили перший модульний аеропорт. Модулі були виготовлені на 80% у виробничому цеху в Чехії, а потім окремі модулі були перевезені до Сен-Луїса, що знаходиться на відстані більш ніж 4500 км, де вони були потім зібрані. Складені модулі утворили шість рядів, між якими розташована сталева конструкція, що підтримує дах. Завдяки такій системі побудови були створені великі відкриті простори – головний зал аеропорту, де розташовані зали реєстрації, безпеки та вильоту, зал вильоту, прийом багажу та зони паспортного контролю (рис. 3).



Рис. 3. Зовнішній та внутрішній вигляд модульного терміналу в Сенегалі (фото з сайту https://www.koma-modular.cz)

Територія аеропорту площею 2700 м^2 складається з 111 модулів. Ангар площею 738 м^2 складається з 31 модуля. Будівлі відповідають вимогам протипожежної безпеки стандартів NFPA (The National Fire Protection Association) та оснащені системою вентиляції та вогнегасниками з водяним туманом. Вікна оснащені антисонячними фільтрами. Попереднє будівництво тривало лише два місяці – будівлю звели за півроку – це приблизно в чотири рази швидше, ніж при традиційних методах будівництва.

Висновок

Враховуючи закордонний досвід аеропортобудування та реконструкцій аеропортів світу, можна зробити висновок щодо можливості впровадження модульного проєктування та будівництва, використовуючи модульні будівлі як для тимчасових, так і для постійних проєктних рішень. Швидкість доставки, зниження витрат на оплату праці та мінімізація впливу на роботу самого аеропорту – є одними з головних переваг, тому це може бути раціональним рішенням для розширення та реконструкції аеропортів в Україні.

Список літератури

1.Інженерні основи аеропортобудування : (Лапенко О.І., Родченко О.В., Скребнєва С.М., Омельченко К.В., Іваннікова В.Ю.) Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» К.: НАУ, 2017.-320с.

2. Top 5 Benefits of Using Modular Construction for Airport Expansion. URL:https://www.wilmotmodular.com/blog/top-5-benefits-of-using-modular-construction-for-airport-expansion (Last accessed: 08.09.2024).

3. Modular Construction Adds Efficiency to Hartsfield-Jackson Airport Expansion. URL: https://www.wsp.com/en-gl/insights/2024-atlanta-hartsfield-jackson-airport-concourse-d-expansion (Last accessed: 08.09.2024).

4.First Modular Airport in Senegal. URL: https://www.koma-modular.cz/en/references/first-modular-airport-in-world (Last accessed: 08.09.2024).

5.The Expert Guide to Planning for Airport Facility Expansion Using Modular Construction. URL: https://www.wilmotmodular.com/the-expert-guide-to-planning-for-airport-facility-expansion-using-modular-construction (Last accessed: 08.09.2024).

UDC 728.1.012.1

N.O. Kostyra, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

The effect of sheet pile wall on stress-strain state high-rise building foundations

The degree of influence of the distance from the sheet-pile wall to the edge of the slab, the depth of the wall into the soil below the bottom of the pit, the contact conditions of the soil massif from the side of the pit with the surface of the fence (soil-concrete), the deformation characteristics of the base and the load on the average settlements and tilts of high-rise buildings on slab foundations were studied.

Numerical modeling of the impact of a pit fence in the form of a monolithic reinforced concrete sheet-pile wall in soil on settlements and tilts of high-rise buildings on slab foundations in sandy soils was performed using the finite element method (FEM), which, on the contrary analytical methods, allows solving complex problems in a more correct formulation taking into account the peculiarities of the shape and properties of the geological environment and many factors that affect the behavior of the object under study. The research was conducted using the LIRA CAD software complex, which is widely used to solve many geotechnical problems and to study the interaction of foundation structures with the soil base [1, 2, 3].

The study of the influence of the sheet-pile wall on the settlement of high-rise buildings on slab foundations was carried out for the option of the building location in the center of the construction site.

A buried structure interacting with the soil massif is a complex geotechnical system. In this regard, the modeling process is proposed to be carried out in three stages:

stage 1: creation of a calculation model of a sheet-pile wall;

stage 2: creation of the calculation model of the soil massif;

stage 3: modeling of the "buried structure - soil" contact surface.

In order to determine the main principles and identify the features of modeling, the task of interaction of the sheet-pile wall with the soil massif was considered (Fig. 1). At the same time, the geometric dimensions of the structures and their rigidity characteristics varied. The calculation scheme included the enclosure of the pit with its two-sided location relative to the building and immersion in the soil to a depth h_{bur} below the bottom of the pit, a reinforced concrete foundation slab with a width of B_{pl} and a soil.

The calculation scheme of the task for the case of the location of the building in the center of the construction site is shown in fig. 1, the cutting of the finite-element mesh and boundary conditions (fixed supports on the sides and bottom of the calculation area) in fig. 2.

The influence of the sheet-pile wall in the soil on the average settlement of the building was investigated depending on the following factors and their change ranges:

- factor $m = B_{pit}/B_{pl}$, $\in$ [1.2; 1.5; 1.8] - relative width of the pit;

- factor $t = h_{bur}/B_{pl}$, $\in$ [0.5; 0.66; 0.8] - relative depth of the sheet-pile wall below the bottom of the pit;

- factor E_0, ∈ [15MPa; 20MPa; 25MPa] - deformation modulus of the soil massif;

- factor q, ∈ [300 kPa; 350 kPa; 400 kPa] - evenly distributed load on the foundation slab, where: B_{pl} – width of foundation slab, B_{pl} = 10 м; h_{bur} - the depth of the sheet-pile wall embedding in the soil below the bottom of the pit; B_{pit} - width of the pit.

The average settlement of a high-rise building was determined by the formula:

$$S_{aver}=(S_0+S_1)/2, \quad (1)$$

where S_0, S_1 – settlement of the central and corner points of the foundation slab, respectively.

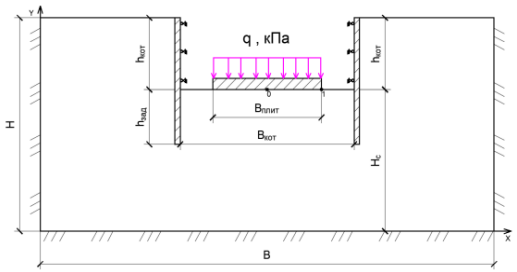


Fig. 1. The calculation scheme when the building is located in the centre of the construction site

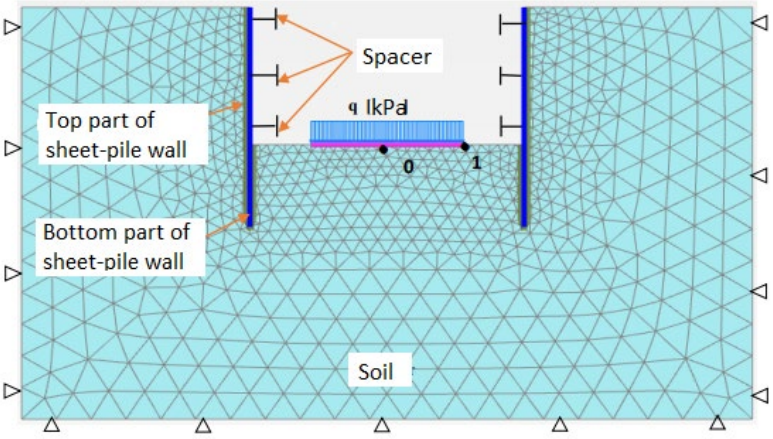


Fig. 2. Finite element model scheme, boundary conditions

Mosaics of deformations of the soil massif at a value E=15 MPa and q=300 kPa at different widths of the pit and depth of immersion of the wall in the soil are shown in fig. 3.

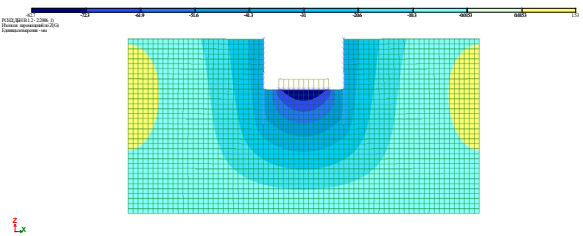


Fig. 3. Mosaic of deformations E=15 MPa and q=300 kPa at different pit width and embedment depth of the sheet-pile wall in the soil

Mosaics of deformations of the soil massif at the value of E=20 MPa, q=350 kPa and mosaics of deformations of the soil massif at the value of E=25 MPa, q=400 kPa were also obtained at different width of the pit and depth of embedment of the sheet-pile wall in the soil.

Summary data on the value of the average settlement of the foundation slab depending on the considered factors are shown in Table 1.

Table 1.

Average settlement of the foundation slab, mm

E=15 MPa та *q*=300 kPa								
t=0.5			*t*=0.66			*t*=0.88		
m=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8
85,13	88,56	90,83	82,84	85,80	89,81	81,33	84,90	88,79
E=15 MPa та *q*=400 kPa								
t=0.5			*t*=0.66			*t*=0.88		
m=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8
120,68	125,50	132,03	113,84	121,10	130,40	106,31	116,18	126,92
E=25 MPa та *q*=300 kPa								
t=0.5			*t*=0.66			*t*=0.88		
m=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8
67,23	67,84	73,09	61,58	67,13	71,93	58,37	63,42	68,53
E=25 MPa та *q*=400 kPa								
t=0.5			*t*=0.66			*t*=0.88		
m=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8	*m*=1.2	*m*=1.5	*m*=1.8
91,48	95,54	100,10	85,79	91,12	98,77	79,84	87,70	94,83

The graphs show that the average settlement of high-rise buildings decreases with an increase in the relative depth of the sheet-pile wall below the bottom of the pit *t* below the bottom of the pit, the coefficient of soil friction on the surface of the wall in the soil R_{int} and the modulus of deformation of the soil E and increases with an increase in the relative width of the pit *m* and an increase in the intensity of uniform loading on the foundation slab *q*.

References

1. Barabash M. S., Kostyra N. O., Pysarevskiy B. Y. Strength-strain state of the structures with consideration of the technical condition and changes in intensity of seismic loads IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 708.- URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/708/1/012044

2. Barabash, M. (2018). Some aspects of model-ing nonlinear behavior of reinforced concrete. Resistance of materials and theory of structures, (100), 164-171. http://nbuv.gov.ua/UJRN/omts_2018_100_15

3. Barabash M.S., Kostyra N.O., Tomashevskyi A.V. Vyznachennia napruzheno-deformovanoho stanu ta mitsnosti poshkodzhenykh nesuchykh konstruktsii instrumentamy PK «LIRA-SAPR». Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury. Dnipro. – № 1(007). –2022. –S. 7-14. URL: https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.220222.7.827

UDC 711.553.9:725.394(043.2)

G. Agieieva
Candidate of Science (Engineering)
(National Aviation University, Ukraine)

Evolution of the typology of air traffic service buildings in the course of the development of airports

The provided results of a study of the features and changes in the typology of buildings intended to ensure the functioning of air traffic services at airports are presented.

Problem. The development of airports is accompanied not only by an increase in the volume of air transportation but also by an increase in the size of their territories and areas that require dispatching control, in particular visual control.

The estimated heights of buildings for placing control rooms for visual monitoring of situations on the territory of modern airports can be 100 m and exceed it. This requires solving an array of issues related to technological, urban planning, architectural and design, structural, and engineering tasks during their design, construction, and operation [1–3].

Relevance. In the two years since the beginning of the military aggression, the total direct damage to infrastructure in Ukraine, according to preliminary estimates, amounted to $36.8 billion, including airports – $1.5 billion as calculated using the World Bank methodology.

Damage and destruction of aviation industry facilities worth $2.04 billion were estimated in March–December 2023, including airports – $0.3 billion, airbases- $0.04 billion, air navigation equipment of the state enterprise of air traffic services of Ukraine (SE Ukraerorukh) – $0.2 billion [4].

Restoration and reconstruction of domestic airports require new approaches to the design, construction, and operation of air traffic service facilities and complexes, with dominant ideas of modern practices and trends regarding high-rise building formation, etc to be considered.

The originality of research is determined by the goal and the array of tasks set, and the chosen approach to solving them.

Research results. The history of design, construction and operation of air traffic service buildings, in particular flight control towers, dates back more than 100 years and is divided into several stages.

Each stage is characterized by appropriate technological, spatial planning and engineering solutions, and the use of modern building materials, structures, systems, etc.

The first of them – 1914-1939, 1940-1945, 1945-1960 – are associated with two world wars and the post-war periods [5].

At that time, buildings of flight control towers:

– They performed the functions of dominant buildings, having initially small calculated heights;

– small volumes of control posts or halls that were located on the upper floors were clearly expressed in the structure;

– they had solid glazing systems for control rooms to provide visual monitoring of the situation at the airfield, and so on.

In particular, the wooden tower of the British navigation service NATS, built on the territory of London's first Croydon Airport for operation during 1916-1920, was 4.5 m high.

It is this tower that is considered to be a "reference point" for studying the history of construction and operation of buildings flight control towers, as well as for analysing the processes of changing their typology, and so on.

The next stage, that being the second half of the twentieth century, is a period of rapid development of aviation technology, expansion of the network of international and regional airports, growth in the volume of air traffic, and the capacity of components of airfield and airport complexes [5].

As a result, the requirements for flight safety, the level and quality of ground support for air transportation, in particular the relevant buildings and structures, were changed.

The average level of airport provision with air traffic control buildings and structures reached 70% (as of 1985). This indicated that for flight safety and the implementation of current and long-term air transportation plans, significant capital investments and projects were needed. They provided for

– reduce the cost of building materials, structures and systems, and construction time;

– introduction of industrial methods for performing construction and installation works, etc [6].

At that time, the design of new, reconstruction and technical re-equipment of flight control tower buildings were regulated by departmental standards of technological and construction design. They were focused on supporting the mass use of unified technological, architectural, construction and engineering solutions.

In particular, for Ukrainian airports, this period was characterized by the presence of objects of restrained architecture, most of which were built using industrial methods according to standard designs [5].

Standard designs were developed for flight control tower buildings of I–VI categories and were intended to be linked to the real conditions of airports of I–V classes. Only flight control tower buildings of the first category were built using individual designs [1].

In particular, in 1965, the individual design was employed to build a multi-storey building of the flight control tower of the Boryspil International Airport as part of the airport complex (currently Terminal B). It still ensures the implementation of relevant technological operations related to air traffic maintenance.

Depending on the category, the buildings were normalized by:

– options for its placement on the airport master plan;

– options for blocking air traffic control units and pre-flight training of aircraft crews;

– requirements for spatial planning solutions for individual groups of premises and the building as a whole.

Key layouts for blocking flight control towers were proposed for three groups of airport complexes: large ones, medium ones, and small ones in terms of capacity.

A number of these layouts provided for the possibility of expansion (stage-by-stage construction). At the same time, not only linear schemes of planning solutions for airport complexes were taken into account, but also compact ones, with a central and ring version of the placement of the air passenger service unit.

At the end of the twentieth century, there were trends in the construction of new types of flight control tower buildings at large airports – airfield control towers, with the additional functions of advertising and commercial nature provided [7–9].

They were also reflected in new approaches to their design and spatial organization of the airport territory, especially in cases where a need arose for the construction and operation of second, third and other airfield control tower buildings [2, 3].

Large calculated heights of airfield control tower buildings turned them into high-rise dominants – objects of increased urban planning and compositional significance both in the airport development system and in the areas they affected [1–3, 7– 9].

This, in turn, requires the search for original architectural, design, structural and engineering solutions that, at heights of more than 100 m, provide airfield control tower buildings with leading positions among the world's high-rise objects. [1, 3, 8, 9].

The implementation of creative ideas of the formation of the latter contributes to:

– creating a sustainable image of the airport architectural environment [3, 8];

– creation of cultural resources of airport environments and areas of the impact of the airports [1, 7–9];

– using images of airport control tower buildings for graphic designations of airport goods and services [8] and so on.

The practice of design and construction of airport control towers during 2012-2014 in domestic airports commissioned by the State Enterprise Ukraerorukh includes objects 51 m high (Donetsk), 43.6 m high (Kharkiv), etc.

They do not occupy leading positions in the rating of the corresponding special-purpose objects. However, they played an important role in modernizing strategic airports in the country's preparation for hosting the final part of the UEFA Euro 2012.

At the same time, the outline of the Donetsk International Airport airfield control tower building, ruined in 2014, became a symbol of the invincibility of the human spirit during the Anti-Terrorist Operation [10].

Conclusions

The restoration of domestic airports is not only a reconstruction of what was destroyed during the fighting but also an opportunity to apply the latest approaches of urbanism and architecture to implement the concepts of sustainable development in their areas of impact.

The design and construction of new air traffic service buildings based on individual designs do not exclude the possibility of using unified solutions.

Unification can relate to technological, spatial planning, structural and engineering solutions.

However, urban planning and architectural solutions for airfield control tower buildings require considering the peculiarities of the spatial organization of airport impact areas. They can contribute to creating cultural resources, and improve the image positions of territories of impact areas. They can also be involved in appropriate branding and rebranding strategies.

References

1. Ahieieva, G. M. (2016). Ob″yekty spetsial′noho pryznachennya – vysotni aktsenty arkhitektury aeroportiv [Special purpose facilities are high-rise accents of airport architecture]. *Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy*, 3, 20–24. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.4710974 [in Ukrainian].
2. Ahieieva, G. M. (2018). Dynamika zmin arkhitekturnykh rishen′ aerodromno-dyspetchers′kykh vezh ta yikh vplyv na mistobudivnu sytuatsiyu [The dynamics of changes in the architectural solutions of airport control towers and their impact on the urban planning situation]. *Problemy rozvytku mis'koho seredovyshcha*, 2 (21), 3–18. [in Ukrainian].
3. Ahieieva, G. M. (2017). Mistobudivne znachennya vysotnykh ob″yektiv obsluhovuvannya povitryanoho rukhu [Urban importance of high-altitude air traffic service facilities]. *AVIA–2017* (23.1–23.5). DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.6340866 [in Ukrainian].
4. Kyiv School of Economics. (2023). Zvit pro pryami zbytky infrastruktury vid ruynuvan′ vnaslidok viys′kovoyi ahresiyi rosiyi proty Ukrayiny za rik vid pochatku povnomasshtabnoho vtorhnennya. [Report on the direct damage to the infrastructure from the destruction caused by Russia's military aggression against Ukraine a year after the start of the full-scale invasion]. https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report-1.pdf
[in Ukrainian].
5. Trotsenko, A. M. (2002). Aeroporty Ukrayiny [Airports of Ukraine]. Kyyiv, Ukraine: Yevropeys′kyy universytet. [in Ukrainian].
6. Ahieieva, G. M. (2023). Budivnytstvo ta ekspluatatsiya budivel′ i sporud aeroportiv: osvitniy aktsent [Construction and operation of airport buildings and structures: educational emphasis]. In: *Stalyy rozvytok aviatsiynoyi infrastruktury Ukrayiny* (63-111) [Sustainable development of aviation infrastructure of Ukraine]. Liha-Pres. https://doi.org/10.36059/978-966-397-312-8-3 [in Ukrainian].
7. Agieieva, G. M. (2019). Aerodromno-dyspetchers′ki vezhi – mediadominanty makroseredovyshcha aeroportiv [Airport control towers are media dominant in the macro environment of airports]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, 70, 27–43. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.7833308 [in Ukrainian].
8. Agieieva, G. M. (2023). Obrazy vysotnykh dominant zabudovy yak instrument brendynhu aeroportiv ta prylehlykh terytoriy [Images of high-rise dominant buildings as a branding tool for airports and surrounding areas]. *Theory and practice of design*, 29–30, 5–21. DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8151.2023.29-30.1 [in Ukrainian].

9. Agieieva, G. (2023). Visitors' Terraces as Components of the Urban Environment of Airports. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 299. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_31

10. Stogrin, I. (2021, January 13). Vezha DAPu – tse symvol zdatnosti Ukrainy chynyty opir ahresii: oborontsi Donetskoho aeroportu [The DAP tower is a symbol of Ukraine's ability to resist aggression: defenders of the Donetsk airport]. *Radio Svoboda.* Retrieved from: http://surl.li/ldwes [in Ukrainian].

УДК 624.011.1:699.812

П.Я. Пономарьов,
(Національний університет біоресурсів
і природокористування України)
Н.О. Костира, доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Застосування методів лазерного 3D сканування при визначенні технічного стану будівельних конструкцій

Розглянуто метод визначення стану будівельних конструкцій за допомогою лазерного 3D сканування. Метод базується на застосуванні спеціальних приладів – лазерних 3D сканерів з подальшою обробкою в програмних комплексах таких як Leica Cyclone REGISTER 360, Autodesk Revit, Autodesk Recap для створення та аналізу хмари точок.

Метод лазерного 3D сканування будівельних конструкцій.

Під час експлуатації промислових, громадських та житлових будівель, виникає необхідність аналізу стану будівельних конструкцій, а саме - визначення величини прогину металевих та залізобетонних балок, кут повороту перерізу балки, прогину бетонних плит перекриття, тощо. На сьогоднішній день, в інженерній геодезії та будівництві використовуються в основному традиційні методи визначення деформацій, за допомогою нівелірів, теодолітів та тахеометрів.

Метод лазерного сканування дозволяє отримати точну копію об’єкта з можливістю проведення аналізу стану конструкцій за допомогою вимірів відхилення від еталонного значення.

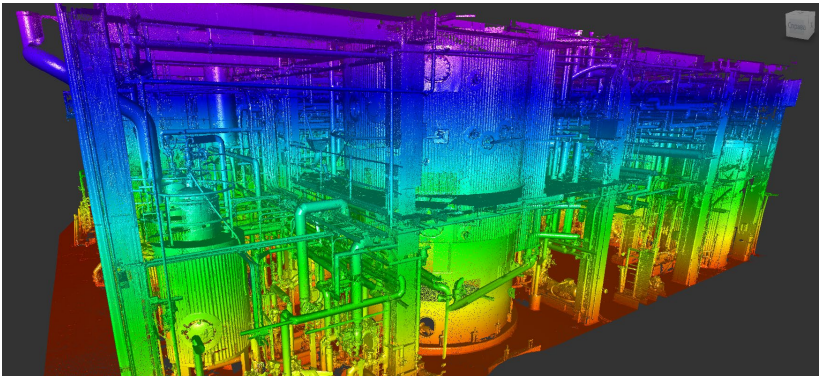


Рис. 1. Фрагмент хмари точок діючого підприємства харчової промисловості в місті Дніпро

Сутність методу полягає в створені точної цифрової копії об'єкта, за допомогою спеціалізованого обладнання – лазерного 3D сканера та спеціалізованого програмного забезпечення. 3D сканер встановлюють в різних точках об'єкта, з подальшим перенесенням в потрібні місця для забезпечення максимального охоплення площі що сканується. Головка сканера посилає близько мільйона імпульсів на секунду і визначає час проходження від головки до точки контакту лазерного променю з поверхнею.[1] Це дозволяє отримати точну просторову копію об'єкта для подальшого створення об'ємної моделі (рис. 1).

За допомогою інструментів обробки хмари точок, створюється 3D модель яка в подальшому порівнюється з нульовими значеннями прогину, фіксується і аналізується за допомогою спеціальних програмних комплексів, таких як Leica Cyclone REGISTER 360, Autodesk Revit, Autodesk Recap (рис. 2).

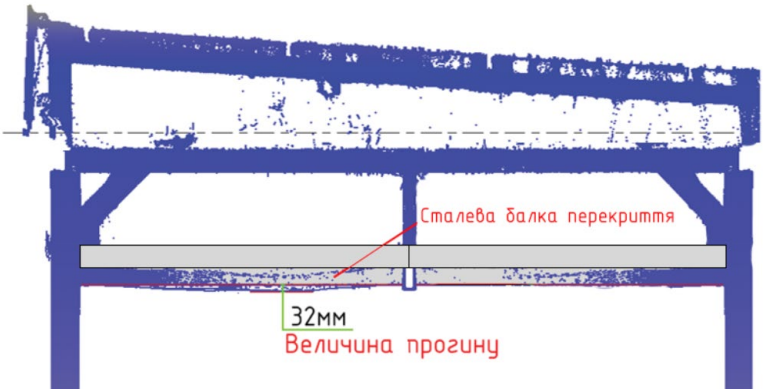


Рис. 2. Фрагмент хмари точок для визначення прогину сталевої балки перекриття, прогоном 12м

Після отримання та опрацювання результатів, приймається рішення щодо подальшої експлуатації конструкцій, необхідності підсилення елементів конструкцій або непридатності конструкцій до подальшої експлуатації.

Даний метод має низку переваг в порівнянні з класичними методами:

- зниження вартості робіт при виконанні виконавчої зйомки;
- швидкість проведення робіт та отримання результатів;
- отримання максимально точних результатів у місцях з обмеженим доступом;
- хмара точок може бути використана фахівцями різних галузей;
- високий рівень деталізації зйомки.

Застосування технології лазерного 3D сканування має дуже широкий спектр застосування, основні з яких:

- будівництво інженерних споруд та їх експлуатація;
- гірська промисловість; нафтогазова промисловість;

- архітектурне проєктування;
- літакобудування та суднобудування;
- розробка заходів, спрямованих на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій та їх запобігання;
- проведення топографічної зйомки на території, яка має високу щільність забудови. [3;4]

На сьогоднішній день, в Україні лазерне сканування застосовується для фіксації та документування руйнувань спричинених російською агресією. В умовах мінування місцевості та будівель, ця технологія дозволяє виконати виконавчу зйомку об’єкта для подальшого аналізу, без безпосереднього перебування людини в небезпечній зоні. Післявоєнна відбудова не обов'язково передбачає знесення будівлі чи будь-якого іншого об'єкта будівництва. Деякі конструктивні елементи можуть залишатися придатними до експлуатації, навіть після прямого потрапляння ракети і можуть бути збережені. А отже процес відновлення інфраструктури значно прискориться.

Список літератури

1. Kim, Ju-Yong, і Gwang-Hee Kim. «Application of 3D Laser Scanning Technology to the Measurement of Construction Precision in Building Structural Frame Construction». Journal of the Architectural Institute of Korea 38, вип. 4 (2022): 245–53. https://doi.org/10.5659/JAIK.2022.38.4.245.
2. «Terrestrial laser scanning technology for deformation monitoring and surface modeling of arch structures - ScienceDirect». Дата звернення 09, Вересень 2024. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822316317780.
3. Rudneva, Irina. «Application of laser scanning for monitoring condition of buildings and structures during reconstruction». *Transfer of Innovative Technologies*, 15, Липень 2021, 33–36. https://doi.org/10.32347/tit2141.0106.
4. «Шляхи прискорення: роль лазерного сканування у відновленні інфраструктури України», 17, Червень 2022. https://blog.liga.net/user/yapokotylo/article/shlyahi-priskorennya-rol-lazernogo-skanuvannya-u-vidnovlenni-infrastrukturi-ukraini.

УДК 624.042

С.О. Скляренко, к.т.н., доцент
(Національний авіаційний університет, Україна)

Проблеми планування чисельного експерименту із дослідження розповсюдження вибухової хвилі по огороджуючих конструкціях промислових будівель

Розкрито послідовність запланованих досліджень впливів на несучі та огороджуючі конструкції промислових будівель та споруд, що виникають під дією вибухової хвилі. Виділені основні проблеми та етапи проведення чисельного експерименту.

Планування чисельного експерименту

Врахування в роботі несучих і огороджуючих конструкцій будівель та споруд аварійних навантажень довгий час відносилось виключно до складних техногенних та технологічних умов експлуатації об'єктів будівництва. На жаль збройна агресія проти нашої країни визначила дану складову проектування як однин із етапів, що впливає на весь життєвий цикл будівлі. Особливо це актуально для споруд цивільного захисту населення та об'єктів, що стали цілями для ракетних та дронових атак по всій території України: будинків із масовим перебуванням людей, лікарень, дитячих закладів освіти, стратегічних виробничих будівель та споруд, об'єктів критичної інфраструктури. Додатковим ускладнюючим фактором є незначна кількість нового будівництва подібних об'єктів. Переважаюча кількість проектних впливів здійснюється на етапі реконструкції.

Всі зазначені об'єкти поєднує одне – відсутність чіткої методики збору навантажень від впливів вражаючих факторів вибухової хвилі; відсутність чіткої моделі роботи конструкцій під динамічними впливами високої інтенсивності; відсутність відповідного нормативного забезпечення; застарілий підхід із представлення даного впливу у вигляді квазістатичного навантаження по всій поверхні об'єкта проектування.

У проведених дослідженнях розпочато виконання наукового пошуку по 3 основним напрямкам:

- аналіз та адаптація математичної моделі прикладання навантажень, що основана на методах UFC 3-340-02 STRUCTURES TO RESIST THE EFFECTS OF ACCIDENTAL EXPLOSIONS;
- отримання перевірочних додаткових значень для моделей на основі IATG-01.80- Formulae-for-Ammunition-Management реалізованих в сервісі UN SaferGuard The Kingery-Bulmash Blast Parameter Calculator;
- аналіз та співставлення запропонованих методик із методами чисельного моделювання у комплексі Autodyn Ansys.

Аналіз математичної моделі прикладання навантажень, що основана на методах UFC 3-340-02 показав, що за даною методикою можливо виконувати виключно перевірочні розрахунки у обраних точках. Отримання даних із

наведених графіків можливо виключно у ручному режимі, що значно збільшує тривалість розрахунків, допускає помилки внаслідок суб'єктивної оцінки значень.



Рис. 1. Пошкодження об'єктів громадської та цивільної інфраструктури у Полтавській області (ТЦ «Амстор» м. Кременчук, Інститут зв'язку, м. Полтава, Кременчуцька ТЕЦ, Завод дорожніх машин, м. Кременчук)

Запропонована методика грунтується на апроксимація кубічним сплайном окреслених емпіричних даних UFC 3-340-02 та їх представлення у вигляді запропонованої універсальної логарифмічної функції MAKHI-BLAST.

Попередні розрахунки вказують на добре співпадіння отриманих результатів із відхиленням не більше 3-5% від графічних значень ручного розрахунку. З метою додаткової перевірки заплановано використати для окремих точок у пласкій постановці іншого із найбільш розповсюджених методів – калькулятора Кінгері Булмаша.

Незважаючи на проведені адаптації та отриману математичну модель розрахунку навантаження для обраних точок оцінити ними розподіл вибухової хвилі по всій поверхні будівлі – надзвичайно трудомістко і складно. Застосовність отриманих даних у вітчизняних програмних комплексах потребує значного осмислення та верифікації.

Основною метою проведених розрахунків у даній частині досліджень є створення базису для інженерної методики розрахунку навантажень та виконання розрахунків, що дозволять перевірити точність моделювання будівель різних типорозмірів у подальшій роботі.

У другій частині даного етапу було проведено вибір розрахункових моделей та типорозмірів будівель, а також точок прикладання навантажень.

Зважаючи на методику верифікації отриманих значень на даному етапі чисельного експерименту було обрано моделювання у 2D постановці.

Розміри запропонованих моделей будинків обирались виходячи із оцінки масштабів пошкодження будівель та споруд, що постраждали внаслідок збройної агресії на основі публікацій у ЗМІ та грунтуючись на власному досвіді обстеження, оцінки технічного стану та розрахунків. Зважаючи на застосованість даної методики не тільки для промислових будівель та споруд, а також для об'єктів громадської і житлової інфраструктури для модельних будівель було обрано наступні типорозміри:

- 18х18м, що моделює незначні виробничі та громадські будинки;
- 18х60м, пристосовану для окремостоячих промислових цехів та житлової багатоквартирної забудови;
- 60х60м, форму яких обрано із точки зору зблокованих виробничих дільниць великого виробництва та громадських будівель.

Кожну розрахункову модель заплановано змоделювати із почерговим прикладанням вибухового навантаження у 3 точках ініціації вибухової речовини – по середині короткого фасаду будівлі, по середині довгої сторони будівлі, на куті будівлі. Запланована відстань від точки вибуху до стін будівлі складає 15м. Для квадратних у плані моделей по іншому фасаду відстань буде збільшено до 30м.

Точки збору інформації про прикладений та відбитий тиски, час настання пікового навантаження, завершення позитивної фази, час негативної фази і т.п. показники будуть задані кожні 3м вздовж всіх фасадів будівлі.

В якості вибухової речовини буде обрано 800 кг тротилового еквіваленту. Форма вибухового пристрою максимально наближена до засобів ураження – циліндрична.

Значення 15м та 800кг тротилового еквіваленту обрані відповідно до закладених передумов у положення ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту для можливості максимально швидкої адаптації у вітчизняних нормативних документах.

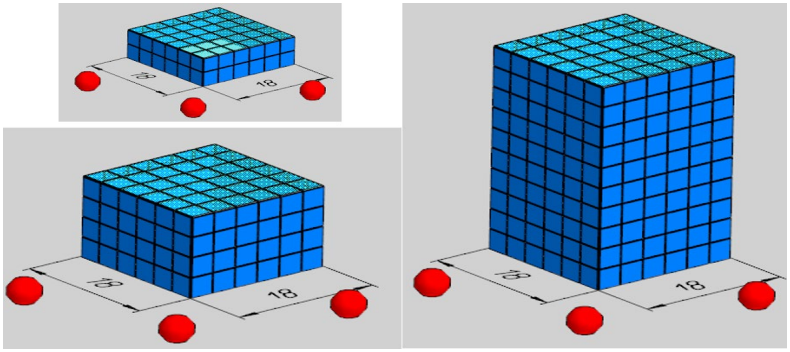


Рис. 2. Типові будівлі із розмірами в плані 18х18м (висотою 6, 12, 30м)

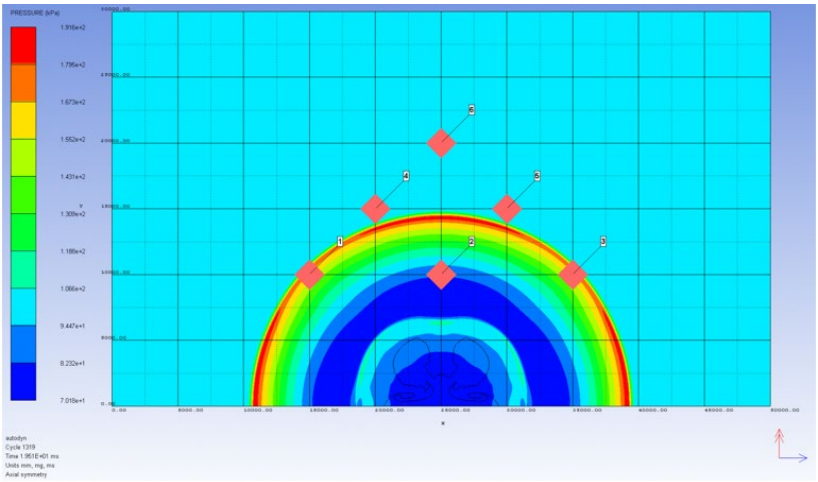


Рис. 3. Розрахунки сферичного вибуху із отриманням розподілу надмірного тиску вибухової хвилі у розрахункових точках

По результатам отриманим у даній частині досліджень будуть прийняті рекомендації, щодо застосовності методу чисельного моделювання у подальших дослідженнях та набір крайових умов – основних гіпотез та початкових передумов для даного розрахунку.

З метою додаткової та основної верифікації отриманих даних заплановано перевірку отриманих даних на основі наступних розрахункових сценаріїв:

1) моделювання та співставлення даних отриманих:

- в програмному комплексі згідно адаптованої методики UFC 3-340-02 із використанням функції MAKHI-BLAST;
- змодельованих у тривимірній постановці у комплексі Autodyn Ansys;
- отриманих в ході натурного експерименту (наприклад – випробування моделі укриття об'єкту критичної інфраструктури проведеного представниками Генерального штабу ЗСУ та департаменту відновлення.

2) моделювання у Autodyn Ansys із наступним розрахунком переміщень сталевого каркасу у вітчизняному розрахунковому комплексі SCAD Soft та співставлення даних, отриманих в ході натурної зйомки об'єкта пошкодженого в ході ракетного удару (м. Вишневе).

Отримані результати попередніх досліджень дозволять використовувати їх у 3 видах розрахунку.

1. Перевірочні розрахунки параметрів впливу надмірного тиску у обраній точці будівлі – для виконання оцінки технічного стану чи пошуку максимального значення зусиль згідно прогнозованого вибуху (відомій точці повітряного, призменого чи наземного вибухів). Для даної постановки буде запропоновано використання адаптованої методики UFC 3-340-02 із

використанням функції MAKHI-BLAST. За необхідності по результатам співставлення із експериментальними даними та чисельним моделюванням будуть запропоновані відповідні коефіцієнти запасу (уточнення).

2. Методика та практичні вказівки для проведення прямого моделювання унікальних (наприклад, складних у плані будівель, споруд із виступаючими частинами) будівель та споруд у комплексі Autodyn Ansys із застосуванням отриманих даних в ході розробки проектної документації та їх експертизи.

3. Інженерна методика збору навантажень на промислові будівлі та споруди у вигляді набору квазістатичних навантажень для різних фрагментів будівлі, перемінних у часі із параметром здвигу у часі прикладання. Дана методика буде являти собою апроксимацію отриманих у попередньому розділі досліджень із врахуванням відповідних поправочних коефіцієнтів.

Список літератури

1. Robert Laszlo. Passive blast protection of buildings by ductile steel-based envelopes - National Institute for Research and Development in Mine Safety and Protection to Explosion. – MATEC Web of Conferences, 2024. – 389 p.

2. Fan Yi. Modeling the blast load induced by a close-in explosion considering cylindrical charge parameters. - Article in Defence Technology, 2022. – 115 p.

УДК 627.514

О.Д. Радчук, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Сучасні тенденції при розрахунках стійкості дамб хвостосховищ

Розглянуто основні сучасні тенденції при розрахунках стійкості дамб хвостосховищ. Представлено імовірнісну оцінку стійкості хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального комбінату.

Хвостосховища – це інженерні споруди, що мають значний екологічний, економічний та соціальний вплив. Їх надійність та безпека є надзвичайно важливими, оскільки аварії на хвостосховищах можуть мати багатофакторний вплив на навколишнє середовище та життєдіяльність людини.

Стійкість дамб хвостосховищ визначається комплексом інженерно-геологічних, гідрогеологічних та технологічних факторів, гідродинамічних, гідростатичних та сейсмічних сил, які діють на споруди, характером основи, технологією будівництва та експлуатації хвостосховищ.

При оцінці надійності гідротехнічних споруд, включаючи огороджувальні споруди хвостосховищ, використовуються два підходи [1]. Перший – детерміністичний за формою підхід, в основі якого покладений метод граничних станів. Вплив мінливості навантажень і впливів, несучої здатності та інших факторів при даному підході враховується системою нормативних коефіцієнтів [2].

Другий підхід пов'язаний з використанням імовірнісних методів сучасної теорії надійності. При виконанні даних розрахунків навантаження, впливи та фізико-механічні характеристики ґрунтів розглядаються як випадкові величини.

В даній роботі оцінка стійкості дамби хвостосховища виконана на прикладі діючого хвостосховища Полтавського гірничо-збагачувального комбінату.

Детерміністичний розрахунок стійкості дамби хвостосховища проводився по методу Моргенштерна-Прайса. Підсумкова геомеханічна модель з результатами розрахунку наведена на рис. 1.

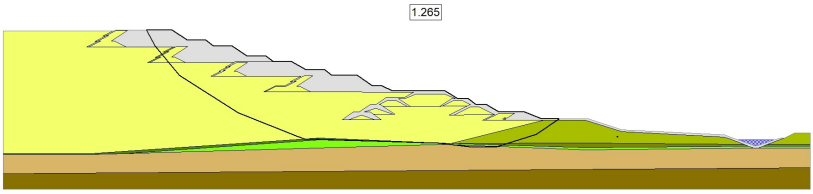


Рис. 1. Геомеханічна модель з результатами розрахунку по методу Моргенштерна-Прайса

Аналіз отриманих результатів показав, що коефіцієнт стійкості складає Ks=1,265. Інших додаткових висновків на основі отриманих результатів з

застосуванням детерміністичного підходу зробити не можна. Наведена схема оцінки надійності не дозволяє встановити кількісний зв'язок між характеристиками вхідних величин і параметрів, які визначають стан об'єкту.

Необхідну кількісну оцінку надійності окремих конструкцій і об'єкту в цілому можна отримати імовірнісними методами сучасної теорії надійності.

Сутність імовірнісного аналізу стійкості дамби хвостосховища полягає в отриманні імовірнісної функції розподілення коефіцієнту стійкості залежно від імовірнісних функцій розподілення випадкових величин (характеристик ґрунтів, фільтраційного режиму, сейсмічних впливів тощо).

Імовірнісні функції розподілення характеристик ґрунтів отримують по результатам статистичної обробки даних інженерно-геологічних вишукувань. Аналіз даних фізико-механічних властивостей ґрунтів, які складають тіло та основу досліджуваної дамби хвостосховища, показав, що найбільш значний вплив на її стійкість спричиняє мінливість властивостей ґрунтів первинної дамби, намитих хвостів та рослинно-ґрунтового шару в основі споруди.

В подальшому, на основі функцій розподілення показників фізико-механічних властивостей ґрунтів використовуючи метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло) виконано розрахунок імовірнісного розподілення коефіцієнту стійкості відкосу. Отримані результати імовірнісного аналізу стійкості дамби хвостосховища показані на рис. 2 та рис. 3.

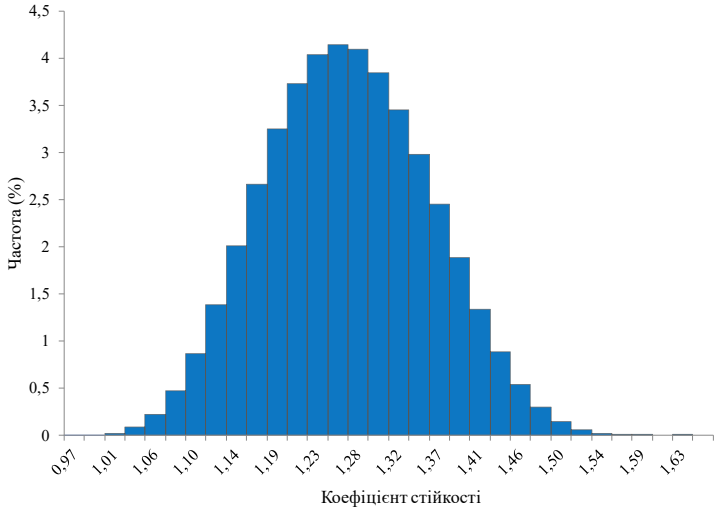


Рис. 2. Розподілення коефіцієнту стійкості

При виконанні розрахунку була прийнята кількість статистичних випробувань $N=10^6$. Щорічна імовірність руйнування дамби хвостосховища становить $P=1{,}6x10^{-6}$.

За діючими нормами проектування [3], допустима імовірність виникнення аварій для споруд класу наслідків (відповідальності) СС3 становить

$P_п=5x10^{-5}$. Оскільки $P=1,6x10^{-6} < P_п=5x10^{-5}$, то можна вважати, що надійність і безпека огороджувальних споруд хвостосховища забезпечена.

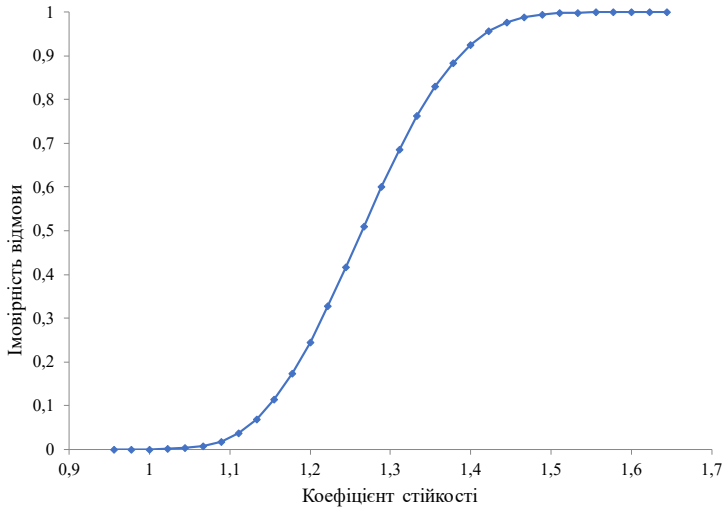


Рис. 3. Інтегральна функція розподілення коефіцієнту стійкості

Слід відмітити, що окрім усереднених показників коефіцієнтів стійкості, отриманих при стандартному підході в детерміністичних розрахунках, при імовірнісній оцінці використовуються мінімальні і максимальні коефіцієнти стійкості, а також стандартне відхилення в розподіленні Ks в розрахунковій вибірці. Таким чином, аналіз результатів кількісної оцінки стійкості дамби хвостосховища на основі імовірнісного підходу дозволяє зробити більш широкі висновки порівняно з традиційним детерміністичним підходом.

Список літератури

1. Вайнберг О.І. Надійність та безпека гідротехнічних споруд. Вибрані проблеми. Харків: Вид-во Тяжпромавтоматика, 2008, 304 с.
2. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. – Мінрегіонбуд України. – Київ. – 2022. – 34 с.
3. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні споруди. Основні положення. – ДП НДІБК. – Київ. – 2010. – 37 с.

УДК 699.812:621.86.078.6(043.2)

О.В. Шевченко, PhD, Є.С. Прокопенко, А.Г. Брагар
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Підвищення вогнестійкості металевих каркасів

У цьому тексті розглядаються методи забезпечення вогнестійкості будівель, зокрема застосування протипожежних стін першого типу та вогнезахисних покриттів для металоконструкцій. Досягнення рівня вогнестійкості REI 150 забезпечує стійкість конструкцій протягом 150 хвилин під впливом вогню, що підвищує безпеку ти знижує матеріальні збитки

Підвищення вогнестійкості

Надійність і безпека будівельних конструкцій є основою сучасного будівництва, і ці критерії регулюються жорсткими нормативними документами, серед яких особлива увага приділяється питанням вогнезахисту. Пожежі становлять серйозну загрозу для будівель, оскільки високі температури можуть швидко руйнувати матеріали, з яких побудовані несучі конструкції, особливо якщо йдеться про сталеві або металеві каркаси.

Забезпечення стійкості будівель до впливу високих температур та поширення вогню є критично важливим для збереження життів людей, захисту матеріальних цінностей, а також підтримки цілісності будівельних об'єктів. Згідно з чинними будівельними нормами, проєктування будівель повинно включати заходи щодо вогнезахисту, які забезпечують стійкість конструкцій до впливу високих температур протягом певного часу.

Одним з найбільш ефективних методів є встановлення протипожежних стін першого типу та застосування вогнезахисних покриттів для металоконструкцій. Ці заходи дозволяють досягти вогнестійкості на рівні REI 150, що означає здатність конструкції зберігати свої несучі властивості, герметичність і теплоізоляцію протягом 150 хвилин впливу вогню, тим самим підвищуючи безпеку споруд.

Таблиця 1

Протипожежні перешкоди	Тип протипожежної перешкоди	Мінімальний клас вогнестійкості протипожежної перешкоди	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1

Перегородки	1	EI 45	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	1
Перекриття	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	3	1
	4	REI 15	3	2

Впровадження сучасних технологій для забезпечення вогнезахисту будівель передбачає використання низки перевірених методів, які відповідають чинним нормативним вимогам, зокрема ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва".

Застосування протипожежних стін першого типу, які забезпечують високий рівень захисту від поширення вогню є одним із найважливіших заходів. Такі стіни мають забезпечувати вогнестійкість не менше 150 хвилин, що відповідає класу REI 150. Це означає, що протягом цього часу стіна зберігає свої три основні характеристики: несучу здатність (R), герметичність (E) і теплоізоляційні властивості (I), навіть за умов інтенсивного впливу високих температур.

Протипожежні стіни ефективно стримують розповсюдження полум'я між різними приміщеннями будівлі, що дозволяє виграти час для евакуації та мінімізувати збитки від пожежі. Крім того, сталеві конструкції, що використовуються для несучих елементів, вимагають особливого захисту, оскільки метал дуже чутливий до високих температур і може втрачати свої міцнісні характеристики. Для захисту металоконструкцій використовується спеціальна вогнезахисна фарба, яка при нагріванні утворює захисний шар, що уповільнює нагрівання металу. За вимогами ДСТУ Б В.2.7-19:2009, така фарба повинна забезпечувати вогнестійкість конструкцій не менше 150 хвилин. Це дозволяє забезпечити тривалу експлуатацію конструкцій навіть у разі тривалого впливу високих температур під час пожежі.

Запровадження протипожежних стін першого типу та вогнезахисного покриття на металоконструкціях дозволяє досягти високого рівня пожежної безпеки, який відповідає класу вогнестійкості REI 150. Це означає, що будівля зможе витримати вплив вогню протягом 150 хвилин без втрати своїх основних експлуатаційних характеристик.

Товщина, мм	Ефективна ширина, мм	Товщина, мм	Внутрішній лист	Зовнішній лист	Щільність утеплювача	Вага 1м2/кг	Коефіцієнт теплозасвоювання	Вогнестійкість	Ступінь поширення вогню
Сендвіч-панель із наповнювачем із мінеральної вати	1150	150	0,5мм 15мк	0,5мм 25мк	120 кг/м3	25,80	0,28	EI 150	M0

Розглянута стінова панель має спеціально спроектований подвійний замок, а також відфрезерований лабіринтний стик наповнювача що підвищує термоізоляцію і щільність стиків. Подібні сендвіч-панелі не лише мають високі теплотехнічні властивості а й забезпечують стійкість до температурних коливань та підвищують загальну несучу здатність споруди. Данні зі звітів про випробовування технічних зразків підтверджують що межа вогнестійкості такої несучої стіни складає не менше 152 хв. Такий рівень вогнестійкості є важливим для багатоповерхових житлових і комерційних будівель, де критично важливим є запобігання руйнуванню основних конструктивних елементів під час пожежі.

Під час випробувань протипожежні стіни показали високу ефективність у стримуванні поширення вогню, що дає можливість виграти час для евакуації людей та локалізації пожежі. Вогнезахисні покриття для металоконструкцій виявили свою здатність зберігати структуру та міцність металу навіть при тривалому впливі температур до 1000°C. Захисний шар, який утворюється на поверхні металу, ефективно ізолює конструкцію від перегрівання, запобігаючи її деформації.

В результаті обстежень після реальних пожеж було підтверджено, що оброблені вогнезахисною фарбою металоконструкції зберегли свою несучу здатність, що дозволяє уникнути їхнього повного демонтажу та заміни після пожежі. Така комплексна система вогнезахисту дозволяє зберігати конструктивну цілісність будівлі та знижує витрати на відновлення після надзвичайних ситуацій.

Висновки

Застосування протипожежних стін першого типу та вогнезахисного покриття для металоконструкцій є критично важливим для забезпечення високого рівня пожежної безпеки будівель. Досягнення показника REI 150 гарантує, що будівля зможе витримати вплив вогню протягом 150 хвилин без втрати основних експлуатаційних властивостей, таких як несуча здатність, герметичність та теплоізоляція.

Важливість таких заходів виявляється не лише в збережені життя та здоров'я людей, але й в зменшеннф матеріальних збитків та збереження інфраструктури будівель. Дотримання вимог нормативних документів, зокрема ДБН В.1.1-7:2016, ДБН В.2.6-198:2014 та ДСТУ Б В.2.7-19:2009, забезпечує довготривалу стійкість будівель до пожеж та їхню безпечну експлуатацію в умовах підвищеної пожежної небезпеки. Крім того, використання сучасних матеріалів для вогнезахисту дозволяє підвищити ефективність протипожежних заходів, знизити ризики для об'єктів і запобігти їхньому повному руйнуванню. Завдяки цьому забезпечується не тільки безпека, але й економічна вигода від зменшення витрат на відновлювальні роботи після пожеж.

Список літератури

1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016..
2. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014.
3. .ДСТУ Б В.2.7-19:2009. Матеріали вогнезахисні для сталевих конструкцій. Київ: Держстандарт України, 2009.
4. Наказ МНС України №141 від 26.12.2012. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні. Київ: Міністерство надзвичайних ситуацій України, 2012.
5. Babrauskas, V. Fire Protection Engineering. New York: John Wiley & Sons, 2003.
6. Drysdale, D. An Introduction to Fire Dynamics. 3rd ed. Chichester: Wiley, 2011.

УДК 624.072.012

С.С. Зіненко, аспірант, А.К. Карпенко, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Влаштування композитної арматури в жорсткі покриття перонів та злітно-посадкових смуг аеропортів

ТОВ «Європейська дорожньо-будівельна компанія» вперше в Україні розробила і практично використовує технологію автоматичного влаштування бетоноукладачем типу Wirtgen неметалевої композитної арматури в жорсткі покриття перонів та злітно-посадкових смуг аеропортів. В доповіді описані послідовність виконання робіт та перевірені часом рекомендації. Наведена технологія укладання композитної арматури дозволяє значно підвищити продуктивність бетонування та впевнено контролювати якість виконання бетонних робіт.

1. Сфера застосування

Технологія виконання робіт розроблена з врахування усіх процесів, що виконуються при влаштуванні верхніх шарів цементобетонного покриття, при будівництві доріг та штучних покриттів аеродромів бетоноукладальним комплексом типу Wirtgen. Данна технологія передбачає: змінну продуктивність 300 – 350п.м., з шириною укладання 7,5 - 15м; склад бригади – 20 робітників; обсяг цементобетонної суміші в зміну складає 2100 м3.

Цементобетонне покриття влаштовується бетоноукладальним комплексом, який має бетоноукладачі, машину догляду за покриттям, два екскаватора, самоскиди підвозу суміші. У всіх випадках застосування даної технології слід враховувати місцеві умови та конструктивні особливості покриття, парк наявних машин, схеми нарізки швів та проектні регламенти догляду за бетоном.



2. Технологія виробничого процесу. Цементобетонне покриття влаштовується поточним методом, що включає в себе ряд процесів.

2.1. Підготовчі роботи: очистка поверхні основи від бруду при необхідності промити водою; встановлення опалубки проводиться згідно проектного рішення по влаштуванню шару покриття. Висотне положення опалубки контролюють з-за допомогою нівеліру (тахеометру). Очищена опалубка вивозиться на майданчик будівництва. Кріплення опалубки виконується за допомогою цвяхів. Висота опалубки підбирається на 2-3см менша від проектної товщини шару покриття, для полегшення її встановлення в проектне положення на фанерні листи. Виконується геодезична розбивка та встановлення копірної струни. Копірна струна встановлюється на довжину денної захватки у відповідності з інструкцією по експлуатації бетоноукладача, проектним планом та повздовжнім профілем споруди. Струна кріпиться на поперечну штангу, яка розташована на кілку з можливістю регулювання по висоті для досягнення проектних відміток повздовжнього профілю. Відстань між кілками не повинна перевищувати 10м, а на ділянках з радіусом кривої в плані – не більше 5м. Для запобігання провисання струни необхідно використовувати трос діаметром 3-5мм, який має незначне подовженню при натягуванні. Натягування струни слід виконувати спеціальними лебідками.

2.2. Укладання розділяючого прошарку

На поверхню основи необхідно влаштувати розділяючий матеріал (поліетиленова плівка, геотекстиль чи інший матеріал за проектом). Рулонні матеріали влаштовуються по ходу влаштування бетонної суміші з перекриттям 30 см (або за проектом), при цьому не повинно бути складок та пошкоджень матеріалу. Розділяючий матеріал кріпиться до основи за допомогою дюбелів (з напівкруглою головкою) з шайбою з-за допомогою будівельних пістолетів. Рекомендований розмір дюбеля 4мм, довжина 35-40мм, діаметр шайб 30мм. Кількість точок кріплення розділяючого матеріалу повинно виключати його переміщення в процесі розподілення та влаштування цементобетонного покриття. При укладанні розділяючого шару на щебеневу основу, кріплення його проводиться за допомогою металевих стержнів, як правило діаметром 6-12мм та довжиною 150- 200мм, шляхом забиванні їх у щебінь.

2.3. Влаштування шару покриття

Перед початком укладання верхнього шару перевіряється працездатність кожної машини комплексу: бетоноукладачі Wirtgen SP 1500(750); машина для нанесення плівкоутворюючого матеріалу Wirtgen TSM 1800(900); екскаватори – 2 одиниці; поливомиюча машина та допоміжне обладнання.

Бетоноукладальний комплекс машин встановлюється таким чином, щоб вісь машини співпадала з віссю ряду бетонування. Налаштовуються датчики автоматичного контролю висотного та планового положення машини відносно копірної струни. Під'їзд автосамоскидів з бетонною сумішшю, їх розвантаження та від'їзд регулюється проінструктованим робітником. Суміш вивантажують безпосередньо перед бетоноукладачем. Попередній розподіл цементобетонної суміші проводиться екскаватором з планувальним ковшем, далі бетоноукладачем по ширині укладання. До другої машини комплексу

суміш подається екскаватором в бункер з транспортуючою смугою. Для запобігання пропусків бетонної суміші при розподілі, необхідно підтримувати безперервний та рівномірний по всій довжині відвалу розподілювача, валик суміші. У випадку потрапляння бетонної суміші на основу в зоні гусеничних рушіїв бетоноукладача - бетонна суміш повинна бути видалена. Влаштування шару необхідно забезпечувати рівномірно по всій ширині ущільнення бетонної суміші, яке супроводжується виділенням повітряних пузирів, в зоні глибинних вібраторів. Їх відсутності свідчить про відмову роботи вібраторів.

Цементобетонні покриття основного типу ШЗПС, РД та перону де товщина становить 0,35 – 0,45м влаштовують в два шари, в тому числі зрощуються між собою - «свіжий до свіжого ». Влаштування шарів методом зрощування виконується комплексом з двох бетоноукладачів спеціальним перевантажувачем бетонної суміші, що подає бетонну суміш по транспортеру перед укладальником. Роботи по вигладжуванню допускається виконувати з містка чи країв покриття вручну, за допомогою ручного інструменту. Обробка поверхні влаштованого бетону в покриті має бути завершене до початку моменту суттєвого твердіння поверхні.

Армування повздовжнього та поперечних швів здійснюється за допомогою автоматичного занурення композитних немагнітних дюбелів с заданим кроком згідно проекту.

Розрівнювання суміші перед бетоноукладачем та подача на стрічку конвеєра бетонної суміші для її укладання другим шаром. Укладання цементобетонної суміші товщиною шару 26, 35, 45 см та її віброущільнення бетоноукладачем SP-1600, SP-1500 або SP-850 обладнаних механізмом для встановлення дюбелів. (Укладання цементобетонної суміші бетоноукладальним комплексом SP-1600 та SP-1500 у два шари);





Укладання цементобетонної суміші після першого бетоноукладача SP-1500 наступний шар суміші цементобетонну укладається другим бетоноукладачем SP-1500;

Після обробки поверхні влаштованого бетону на неї наносять штучну шорсткість у вигляді поперечних «борозни» для підвищення коефіцієнта зчеплення покриття з колесами транспортних засобів. Час нанесення штучної шорсткості підбирають практичним шляхом в конкретних умовах будівництва, з урахуванням кінетики твердіння бетону, коли зупиняється розтікання

«борозен» і ще не спостерігається викришування щебню з бетону. «Борозни» наносять за допомогою капронової або металевої щітки за 1-2 поперечних проходи, зазвичай через 20-30 хвилин після закінчення обробки поверхні (коли вона стає матовою). Матова поверхня свіже влаштованого бетону характеризується відсутністю вільної води і визначається на дотик, коли до прикладеної долоні не пристає цементне тісто, або візуально, коли поверхня з блискучої стає матовою. Глибина «борозен» повинна становити 1,0-2,5 мм. Роботи з нанесення штучної шорсткості поверхні покриття можливо виконувати автоматично оператором машини по нанесенню плівко утворюючого матеріалу або робітником вручну, з містка.

Догляд за бетоном покриття здійснюють після нанесення на його поверхню штучної шорсткості. Нанесення плівко утворюючих матеріалів повинно забезпечити рівномірний шар плівки і її безперервність. Витрата матеріалів і порядок їх нанесення повинні відповідати документам виробника.

2.4. Влаштування деформаційних швів в покритті

Пази деформаційних швів у покритті нарізають алмазними відрізними кругами при досягненні бетоном міцності на стиснення в межах 8- 10 МПа. Для нарізання поперечних та поздовжніх швів в цементобетонному покритті намічають лінії розташування швів у відповідності з проектом. Машину з нарізки швів встановлюють паралельно наміченим лініям таким чином, щоб диск находився безпосередньо над лінією. В склад комплексу для нарізання швів повинна бути передбачена машина для подачі води в зону різання бетону для охолодження диску. При пробному нарізанні не повинно бути викришування крайок швів більше 3 мм. Для забезпечення рівномірного «спрацьовування» швів при добових перепадах температури повітря шви стиснення нарізають поспіль (послідовно по смузі бетонування). Для зниження ризиків утворення тріщин в ранньому віці твердіння бетону, рекомендується влаштовувати контрольні шви стиснення через три-чотири плити. Глибина нарізання шва має становити не менше 1/3 товщини покриття.

3. Методи армування цементобетонного покриття.

Армування повздовжніх і поперечних швів дюбелями з композитної арматури виконується автоматично і якісно. Дюбелі вкладаються на середині шару влаштованого бетону. Але згідно проведених перевірочних розрахунків інколи треба підсилювати цементобетонне покриття аеродромів сталевими або композитними арматурними сітками. Цей процес виконується не автоматично, а тільки з підготовчими роботами з надійного фіксування арматурних сіток в проектному положенні по товщині бетону.

Впровадження композитної арматури як альтернативи сталевого армування поставило цілу низку питань науковцям і проектантам. До всіх переваг застосування композитної арматури, як стійкої до агресивного середовища, додаються застереження низького модуля пружності, тобто значних деформацій композитних стержнів. Отже, тривають дослідження щодо визначення напружено-деформованого стану композитної арматури в бетоні жорстких покриттів та їх деформаційних швах при експлуатаційних навантаженнях на автомобільних дорогах та аеродромах.

4. Контроль якості бетонної суміші та бетону покриттів.

Усі технологічні операції по будівництву покриттів і основ, включаючи вхідний контроль матеріалів для бетону на ЦБЗ, приготування, випуск, транспортування, розподіл і ущільнення бетонної суміші, обробку поверхні свіже влаштованого бетону, нанесення штучної шорсткості, пристрій і герметизацію деформаційних швів, повинні супроводжуватися лабораторним контролем.

Лабораторний супровід укладання бетону (не вибірково, а протягом всієї зміни) необхідно виконувати для оперативного корегування складу бетону за результатами контролю рухливості, щільності, зручності влаштування суміші, обсягу залученого повітря (оцінки збереженості властивостей суміші з часом), стійкості крайок свіже влаштованого бетону після виходу з ковзної опалубки, при виявленні ознак підвищеного «водо розділення» чи «розчино відділення» в свіже влаштованому бетоні і в ванні з вібраторами, налипання суміші на стінках барабана змішувача установки, кузовів автосамоскидів або при незапланованих перервах у роботі, при появі технологічних тріщин на поверхні бетону при обробці поверхні свіже влаштованого бетону.

Влаштування покриття або основи без лабораторного супроводу на ЦБЗ і на місці укладання бетону не допускається. Лабораторія, що здійснює виробничий контроль будівництва покриттів і основ, повинна бути атестована згідно ДСТУ 3412-96 «Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій та порядок їх акредитації».

Контроль якості будівництва цементобетонних покриттів і основ автомобільних доріг і аеродромів передбачає лабораторне визначення:

-технологічних властивостей бетонної суміші (щодо легкості укладання, та здібності не розшаровуватись, щільності, обсягу залученого повітря) на ЦБЗ і на місці укладання бетону;

- характеристик бетону (міцності, пористості і морозостійкості) по контрольних зразках на ЦБЗ, при твердінні в нормальних умовах згідно ДСТУ_Б_В 2.7-170:2008 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності», на місці укладання, при твердінні в умовах конструкції, а також, по відібраним з покриття або основи зразкам згідно ДСТУ БВ 2.7-223:2009 «Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій»;

- характеристик матеріалів для бетону під час постачання на ЦБЗ вхідний контроль.

УДК 693.54:628.4036 (043.2)

В.В. Грабовчак, к.т.н.,
М.В. Бурдейний, В.Є. Грабовчак,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Теоретичні передумови використання рециркульованих заповнювачів у складі бетонних сумішей та бетонів

Мета дослідження полягає у визначенні перспектив використання рециркульованих бетонних конструкцій для приготування бетонних сумішей та бетонів. Проведені теоретичні дослідження дають підставу стверджувати, що значна частина рециркульованих заповнювачів може бути повторно використана не лише у вигляді засипки під час відновлення пошкоджених об'єктів, а і при виробництві будівельних матеріалів. Однак для того щоб розширити кількість відходів які можна піддати переробці для повторного використання, необхідно провести ряд досліджень впливу залишків органіки, продуктів горіння на властивості бетонної суміші та бетону.

Постановка проблеми

Через російські обстріли наша країна щодня зазнає великих руйнувань будівель та споруд (рис.1). Залишки від руйнувань підприємств, житлових будівель, об'єктів інфраструктури – все це становить проблему для довкілля. Адже відходи необхідно кудись подіти. Складування їх у звалище небезпечне, оскільки значна кількість відходів серед яких уламки бетону залізобетону, цегли, шматки деревини, метал, ґрунт, пісок забруднений глиною, сантехкераміка, скло, гіпсокартон, пластмаса, асфальтобетон, не лише накопичуються, а також впливають екологічне становище країни.



Рис.1. Зруйнована будівля внаслідок обстрілу

Тому проблема утилізації будівельних відходів є досить актуальним питанням сьогодення. Очевидно, що серед перспективних напрямків утилізації будівельного брухту – це повторне його використання у складі будівельних матеріалів.

Слід зазначити, що за оцінками дослідників, за масовим вмістом 52 % будівельних відходів становить бетон та залізобетон, 32 % – кам'яні стінові матеріали (цегла, стінові блоки, піно- та газобетон), 8 % – відходи асфальту та будівельних розчинів, 4 % – відходи металів, 2 % – відходи дерева та пластмас, 1 % – керамічні вироби (сантехнічна кераміка, керамічна плитка), 1 % – гіпсокартон, скло та інші відходи [1].

Тому враховуючи дані проблеми, науковці намагаються розробити нові ресурсозберігаючі та економічно вигідні технології для повторного використання будівельних відходів. Переробка будівельного сміття для вторинного застосування може знизити потребу у використанні природних ресурсів, дозволить звільнити площі які накопичені брухтом. А це відповідає стратегії вторинного використання ресурсів, яка спрямована на те, що бетонні відходи подрібнюються і використовуються як перероблений заповнювач, або у вигляді порошку у складі цементу та бетону [2].

В країнах Європи дуже широко використовують будівельні відходи як складові в'яжучих матеріалів, наповнювачів, сухих будівельних сумішей тощо. В Україні лише з початком військового вторгнення росії почали активно піднімати питання повторного використання відходів від зруйнованих будівель як складових компонентів будівельних матеріалів. Будівельні відходи належать до 4-го класу небезпеки, які займають великі площі територій. Одним із виходів для повторного використання будівельних відходів є рециклінг, який вважається кращим варіантом для повторного використання залишків бетону. Отримана вторсировина може застосовуватись як засипка для спорудження доріг, облаштування фундаментів, для загальнобудівельних робіт. Однак для того щоб розширити кількість відходів які можна піддати переробці, необхідно провести ряд досліджень впливу залишків органіки, продуктів горіння, тощо у складі рециркульованого заповнювача на властивості бетонної суміші - це фізико-механічні властивості, питання підвищеної дефектності штучного рециркульованого заповнювача, експлуатаційні характеристики.

Питанням повторного використання будівельних відходів займаються багато вітчизняних та закордонних дослідників. Виходячи з цього, слід відмітити, що дослідження властивостей рециркульованих заповнювачів і їхнього гранулометричного складу є досить актуальним завданням. Отримання заповнювачів для бетонів із будівельного лому здійснюють шляхом подрібненням бетону, залізобетону та інших відходів з подальшою класифікацією отриманої суміші. В результаті даного поділу окремо отримують подрібнену деревину, пластик, щебінь. Далі щебінь ділять на фракції 10–20, 20–40, 40–80 мм, відсів з розмірами частинок менше 5 мм доцільно використовувати як наповнювач для виготовлення ніздрюватих бетонів та будівельних розчинів. На переробку склопродукучим підприємствам відправляють відходи у вигляді склобою. Відходи деревини використовують для отримання тепла, пластик - на підприємства для переплавлення та виготовлення вторинної продукції [3].

Використання щебеню із будівельного брухту дозволяє знизити собівартість бетону майже на 25% [3] на відміну від бетону який отриманий на основі природнього щебеню. Також слід відмітити, що рециркульовавий

заповнювач може характеризуватись більшою пористістю та нерівністю поверхні порівняно з природними матеріалами, що може впливати на фізико-механічні властивості та довговічність бетону. Один з критичних аспектів — забезпечення достатньої адгезії між цементним каменем і рециркульованими заповнювачами. Наявність залишків старого цементного каменю на поверхні заповнювачів може як покращувати, так і погіршувати цю адгезію залежно від умов виготовлення суміші. Тому для розширення області застосування рециркульовних заповнювачів необхідне проведення широкої номенклатури досліджень, розроблення нормативної документації, яка надає рекомендації процесів переробки, сортування, утилізації та повторного використання відходів, створення програм зі стимулювання підприємців які розробляють технології для використання відходів від зруйнованих будинків у складі цементів та бетонів.

Висновок

Отже, теоретичні дослідження показали, що для застосування рециркульованих заповнювачів у складі бетонних сумішей та бетонів, важливо проводити ретельний аналіз їхніх властивостей впливу на міцність і довговічність, а також адаптувати технологічні процеси виготовлення бетону. Використання рециркульованих заповнювачів у складі бетонних сумішей є важливим напрямом досліджень і розвитку у сфері будівельних матеріалів.

Список літератури

1. Попович О.Р., Захарко Я.М. Мальований М.С. Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів/ Попович О.Р., Захарко Я.М. Мальований М.С. Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва, Вип.755, 321-324.

2. Трикоз Л.В., Зінченко О.С., Никитинський А.В., Романенко О.В. Оцінювання гранулометричного складу вторинних заповнювачів, отриманих із відходів бетону / Л.В. Трикоз, О.С. Зінченко, А.В. Никитинський, О.В. Романенко. URL: http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/19219/1/Trykoz.pdf (Дата звернення 06.09.2024р.)

3. Попович О.Р., Захарко Я.М., Мальований М.С. Проблеми утилізації та перобки будівельних відходів / О.Р. Попович , Я.М. Захарко, М.С. Мальований. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4723/59-321-324.pdf (Дата звернення 06.09.2024р.)

4. Поводження з відходами руйнацій URL: https://city.zerowaste.org.ua/wiki/keruvannya_vidkhodamy_ruynuvannya (Дата звернення 06.09.2024р.)

УДК 624.014

І.Л. Машков, А.І. Глушаниця, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Ефективність роботи елементів конструкцій великопрогонних покриттів

Розглянута проблема забезпечення ефективної роботи елементів великопрогонних покриттів будівель в залежності від їх конструктивної форми з урахуванням функціональності та конструктивної надійності. Проаналізовано окремі елементи покриття з погляду оптимізації їх роботи.

При проектуванні раціональної просторової конструкції конструктивно вирішуються два завдання: по-перше, геометрія стрижньової системи і по-друге вузлове з'єднання стрижнів. Геометрія просторового покриття суттєво впливає на його раціональність. Необхідно брати до уваги відповідність конструкцій конкретним вимогам стосовно роботи їх елементів, розмірів, ефективності використання матеріалів, економічним та естетичним показникам [1]. При великих прольотах раціонально застосовувати просторові конструкції внаслідок їх підвищеної надійності, міцності та жорсткості [2]. Розвиток сучасного будівництва можливий тільки на основі економічно ефективних, надійних, технологічних конструкцій із застосуванням прогресивних напрямків проектування і будівництва.

Одним із напрямків підвищення ефективності будівельного виробництва є широке застосування просторових конструкцій покриття. Ефективність застосування таких конструкцій у порівнянні з традиційними стійчато-балочними системами обумовлена зниженням матеріаломісткості несучого каркасу, зниженням трудомісткості виготовлення і монтажу, можливістю перекривати, як малі, так і великі прольоти, створювати будівлі універсального призначення високої архітектурної виразності [3].

У сучасному проєктуванні важливу роль відіграє чинник мінімізації витрат на будівництво. Конструкторські рішення таких споруд дуже часто є складними та потребують особливого підходу та технічних рішень. Треба врахувати такі чинники, як виготовлення, транспотування, монтаж, навантаження на фундаменти, витрати матеріалу, трудовитрати тощо. Необхідно проаналізувати ефективність використання перекриття, беручи до уваги корисний об’єм будівлі, розміри перекриття, конструктивні особливості, проаналізувати роботу елементів конструкції, що впливає на ефективність роботи великопрогонного покриття, ефективність використання матеріалу, вибрати оптимальний з економічного та естетичного погляду варіант покриття [3].

Сполучні стрижні разом з вузлами утворюють простір між ними – так званий структурний елемент. Геометрично структурні елементи можуть бути у вигляді тетраедра, куба та інших багатогранних фігур. Від побудови просторово-стрижньової схеми залежить можливість конструювання нескладного вузлового з’єднання та її раціональність в цілому, що суттєво впливає на один з ключових факторів – економічність конструкції [1].

При проектуванні конструктивної схеми можна підходити з мінімальними доопрацюванням стосовно елементів, та їх з'єднань, використовуючі конструкції, розроблені для плоских структур. Розрахунки просторової структурної конструкції розроблені шляхом адаптації і доопрацювання плоских структур.

Таблиця 1.

Порівняльна характеристика конструктивних схем

РМ(просторова схема)		РМ-1(плоска схема)		РМ-2(плоска схема)	
Лінійне переміщ.	Кутове переміщ.	Лінійне переміщ.	Кутове переміщ.	Лінійне переміщ.	Кутове переміщ.
Z, мм	Uy, мм	Z, мм	Uy, мм	Z, мм	Uy, мм
-31.34	12.51	-44.63	16.34	-36.37	14.46

Плоскі просторові конструкції складаються з великої кількості структурних елементів і мають повторювану структуру. Елементи в покриттях розташовуються за однаковими напрямками у просторі. Плоскі просторові покриття являють собою конструктивну систему об'ємних елементів – структурних блоків. Робота конструкції покриття змінюється у випадку зміни положення стрижнів в елементах структурних блоків. Така зміна тягне за собою зміну напружено – деформованого стану конструкцій [3].

Таблиця 2.

Робота елементів блоків при зміні положення стержнів

Орієнтація стержня	Положення стержня	Максимальні зусилля N в стержнях, т			
		Елемент 1		Елемент 2	
		Розтяг	Стиск	Розтяг	Стиск
Горизонтальна по осі X	Контурний	9.55	-14.35	14.45	-6.08
Горизонтальна по осі Y	Серединний	12.61	-9.32	11.57	-8.14
Вертикальна	Контурний	3.14	-15.61	2.61	-3.58
Похила по осі X	Контурний	11.24	-6.13	5.22	-8.17
Похила по осі Y	Серединний	5.91	-4.18	4.53	-5.08
Діагональна	Серединний	2.85	-4.94	3.07	-5.44

Логічним наступним кроком розвитку сталевих конструкцій є створення систем одностадійного оптимального проектування. В них форма архітектурної оболонки, як характеристики внутрішнього каркасу і будівлі загалом, є результатом розрахунку з урахуванням великої кількості параметрів. Вибір архітектурної та конструктивної форми є єдиним

результатом алгоритмічних оптимізаційних розрахунків з урахуванням моделювання життєвого циклу будівель [5].

Математична модель задачі оптимального проектування конструкцій об'єднує критерій якості, множину незалежних змінних проектування та обмеження, які відображають у загальному випадку нелінійні взаємозв'язки між ними. У залежності від типу функції мети виділяються наступні постановки задач оптимізації: детерміновані, імовірнісні, багатокритеріальні[4].

При розрахунках застосовують спеціальні методи розв'язку задач оптимізації металевих конструкцій: градієнтні методи, метод оптимізації Нелдера-Міда, метод генетичних алгоритмів, метод гібридних генетичних алгоритмів. Для вирішення задач оптимізації часто використовують програмнє забезпечення OptCAD, математичний апарат якого поєднує метод скінчених елементів для виконання статичного лінійного аналізу стержневих систем та градієнтний метод для вирішення задачі параметричної оптимізації [6].

Висновки

При оптимізації конструкцій розглядають *параметричні задачі,* які обмежені при зміні параметрів встановленням їх конструктивної форми. Беручи за основу *конструктивне рішення об'єкта* на стадії технічного проекту, оптимізація конструктивної форми виконується варіюванням параметрів при заданій формі, характері з'єднання елементів, умовах закріплення та навантаженнях.

Список літератури

1. Машков І.Л., Скребнєва С.М., Глушаниця А.І. Оцінка роботи покриттів будівель з урахуванням конструктивних рішень їх структурних елементів. ABIA-2023: XVI Міжнародна науково-технічна конференція. Секція 20. – К.: НАУ, 2023. – С.20.41-20.43.
2. Білик А. С. Сталь в реконструкції будівель: монографія. Київ: «Обнова компані». – 2018. – 174 с.
3. Машков І.Л., Скребнєва С.М., Баранецька Д.С., Глушаниця А.І. Аналіз ефективності роботи елементів просторового покриття. Збірник наукових праць «Теорія та практика дизайну». – 2023. № 27. С. 31– 39.
4. Білик А.С., Беляєв М.А. BIM – моделювання. Огляд можливостей та перспективи в Україні. Збірник праць «Промислове будівництво та інженерні споруди». – 2015. № 2. С. 9–16.
5. Білик А. С., Білик С. І. Головні напрямки сучасного розвитку металевих конструкцій будівель і споруд. Вісник ОДАБА «Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини». – 2021. № 25. С. 5–12.
6. Пелешко І.Д., Юрченко В.В. Оптимальне проектування металевих конструкцій на сучасному етапі. Збірник праць «Металеві конструкції». – 2009. № 1, Том 15. С. 13–21.

УДК 624.072.2-026.145:[725.1:656.71](043.2)

Н.В. Табаркевич, аспірантка,
(Національний авіаційний університет)

Експлуатація прихованих балок сталезалізобетонного перекриття у будівлях аеропортів.

Експлуатація прихованих балок сталезалізобетонних перекриттів у будівлях аеропортів має важливе значення для створення міцних та естетичних конструкцій, здатних витримувати значні навантаження, а також для забезпечення безперешкодного руху пасажирів і технічного обладнання. Приховані балки часто використовуються для підвищення естетичних якостей інтер'єру, оскільки їхня конструкція дозволяє створювати рівні поверхні без видимих опорних елементів.

Приховані балки в перекриттях – це конструктивні елементи, які закладені всередину перекриття і не видно неозброєним оком. Вони виконують важливу роль у забезпеченні міцності та жорсткості конструкції.

До основних особливостей експлуатації прихованих балок у будівлях аеропортів можна віднести естетичні та архітектурні переваги, приховані балки дозволяють створити гладку та рівну поверхню перекриттів, що важливо для сучасних аеропортів із великими відкритими просторами. Така конструкція перекриттів сприяє гнучкості в інтер'єрних рішеннях і дозволяє встановлювати освітлювальне та інше інженерне обладнання без втрати візуальної привабливості. У терміналах аеропорту "Бориспіль" і "Львів" приховані балки використовуються для забезпечення естетично чистих і просторих приміщень без видимих балок, що надає аеропортам сучасного вигляду (рис. 1.1, 1.2).



Рисунок 1.1 – Аеропорт «Бориспіль»



Рисунок 1.2 – Аеропорт «Львів»

Приховані балки дозволяють рівномірно розподіляти навантаження на великі площі, що є критичним для експлуатації великих будівель аеропортів. Вони допомагають зменшити кількість вертикальних опорних елементів, що дозволяє створювати великі зони для пасажирів, багажу та технічного обладнання без необхідності додаткових колон або підпорок. Сталезалізобетонні перекриття з прихованими балками, як, наприклад, у новому терміналі аеропорту "Одеса" (рис. 1.3), забезпечують стійкість до великих навантажень від пасажирів, транспорту та технічного обладнання, що критично важливо для безпеки будівлі.



Рисунок 1.3 – Аеропорт «Одеса»

Однією з головних переваг прихованих балок є зменшення загальної висоти перекриття. Це дозволяє оптимізувати внутрішній простір будівлі та зменшити загальну висоту споруди, що може бути важливим для конструктивного дизайну аеропортів. У таких аеропортах, як "Харків" і "Запоріжжя" (рис. 1.4, 1.5), приховані балки використовуються для зменшення товщини перекриттів, що забезпечує більшу свободу в плануванні простору і зменшує навантаження на фундамент будівлі.



Рисунок 1.4 – Аеропорт «Харків»



Рисунок 1.5 – Аеропорт «Запоріжжя»

Аеропорти піддаються постійним вібраціям від руху літаків, техніки та потоку людей. Приховані балки у сталезалізобетонних перекриттях забезпечують високу жорсткість і демпфування вібрацій, що мінімізує вплив динамічних навантажень на будівлю. Наприклад у аеропорті "Львів" (рис. 1.2), де використані приховані балки, конструкції перекриттів зберігають стабільність під час інтенсивної експлуатації і високого пасажиропотоку.

Також приховані балки використовуються для створення великих відкритих площ без необхідності встановлення багатьох колон чи опор. Це підвищує функціональність аеропортів, дозволяє ефективно організувати потоки пасажирів і багажу та полегшує доступ до різних частин терміналу. У терміналах аеропорту "Бориспіль" приховані балки використовуються для створення великих просторів для обслуговування пасажирів без необхідності додаткових колон або інших опорних конструкцій.

При експлуатації приховані балки потребують періодичного огляду, щоб запобігти утворенню дефектів, корозії або тріщин у сталевих та бетонних елементах. Технічне обслуговування включає неруйнівні методи контролю, такі як ультразвукова діагностика та візуальний огляд, щоб своєчасно виявляти проблеми і проводити ремонт.

Висновки

Експлуатація прихованих балок у будівлях аеропортів України дозволяє досягти високої функціональності, міцності та естетичності конструкцій. Це рішення забезпечує ефективний розподіл навантажень, зменшення висоти перекриття та стійкість до вібрацій, що є критично важливими факторами для сучасних аеропортів.

Список літератури

1. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6.-160:2010. – К.: Міненергобуд, 2011. – 70 с.
2. Сталезалізобетонні конструкції. Дослідження, проектування, будівництво, експлуатація: монографія / [Л.І. Стороженко, В.М. Сурдін, В.І. Єфіменко, В.І. Вербицький]. – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – 448 с.
3. Стороженко Л.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці: монографія / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2008.– 312 с.

UDC 725

N.O. Kostyra, PhD, M.A. Melnyk
(National Aviation University, Ukraine)

Principles of designing facade systems with structural glazing

Suppliers of facade systems accept the maximum allowable dimensions of the applied panels. Under the conditions of structural glazing, each system, together with the maximum dimensions of the panel, also has its own dimensions of the silicone connection, which ensure the necessary safety and durability of the proposal solution. Therefore, for each project of the structural facade, a reliability analysis is performed taking into account the conditions of operation of this object.

Buildings with structural glazing have an attractive appearance and correspond to modern architectural style trends.

Facade systems with the structural glazing are complex structural systems in which the glass is attached to the supporting elements with the help of a silicone glue, and the elements of the post-girder system are hidden behind the surface of the glazing (fig. 1) [1].

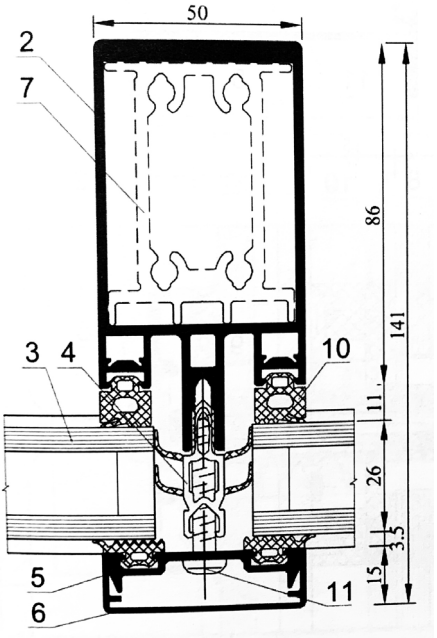


Fig. 1. Post-girder aluminum facade system AUFS FW 50+.1 by SCHÜCO
2 – stand; 3 – double-glazed windows; 4 – thermal insulation bridge; 5 – pressing profile; 6 – decorative overlay; 7 – reinforcement profile; 10 – double-glazed window seal (EPDM); 11 – self-tapping screw

There are two main structural types, each of which has two options (with and without mechanical protection against falling out).

Type I systems refer to supported systems, where the weight of the facade panel is transferred to the load-bearing structure through mechanical supports; *type II* systems are unsupported, where the weight of the facade panel is transferred to the load-bearing structure solely through a silicone joint.

When calculation the dimension of the silicone joint, the following loads and factors must be taken into account:

- wind loads – wind pressure, air dilution within the facade and facade panel vibration, the maximum wind pressure over a period of at least 10 years should be considered, taking into account the building's shape and location. These data should be obtained from the project designer. For inclined elements, snow loads should also be considered [2];
- thermal expansion of facade system elements, both for daily and annual cycles;
- method of transferring the self-weight of the facade panel.

When calculating the I type system, it is very important to correctly determine the dimensions (length) of the installed elements that support the weight of the facade panel. Structurally, there should be two of them, each at least 3 mm thick. Elements are installed on both sides form the edge at a distance of 1/4 of the length of the supported panel.

Calculation of the dimensions of the silicone compound:

$$h = \frac{a}{2} \cdot \frac{W}{q \cdot 10^{-6}}, \tag{1}$$

where h – height of the silicone joint, mm; a – length of the shorter side of the panel, mm; W – wind pressure, Pa; q – permissible elasticity of silicone, N/mm^2.

The thickness of the silicone compound is calculated according to the formula:

$$e = \frac{E_0}{3} \cdot \frac{T_d}{t_d}, \tag{2}$$

where E_0 – modulus of elasticity of silicone for tangential forces, N/mm^2; T_d – maximum thermal elongation under these conditions; t_d – maximum allowable elasticity of silicone under dynamic compression, N/mm^2.

Value T_d calculated depending on which side of the panel is supported, according to the equations:

- if $b>a$ (supporting side a), then:

$$T_d = \{(T_c - T_a) \cdot a_c - (T_0 - T_a) \cdot a_v\} \cdot \{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + b^2\}^{1/2}, \tag{3}$$

- if $b<a$ (supporting side b), then:

$$T_d = \{(T_c - T_a) \cdot a_c - (T_0 - T_a) \cdot a_v\} \cdot \{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + a^2\}^{1/2}, \tag{4}$$

where a – width of the panel; b – panel length; T_c – maximum temperature of the bearing frame – usually accepted as 55°C; T_0 – average temperature of the external environment – usually accepted as 20°C; T_v – maximum temperature of the panel

(glass) – usually accepted as 80°C; a_c – thermal expansion coefficient of the frame material; a_v – thermal expansion coefficient of the panel material.

In practice, it is not allowed that the thickness of the silicone joint is less than 6 mm, and the ration of thickness to the height is within the limits 3e>h>e.

When calculating the II type systems, it is assumed that the entire weight of the panel is transferred through the silicone joint at the vertical edges of the panel.

The height of the connection is calculated by the dependency

$$h = (R_v \cdot a \cdot b \cdot d) \cdot g/(a \text{ or } b) \cdot t_s, \quad (5)$$

(the choice of a or b depends on which edge is vertical) while maintaining the following condition:

$$h = \frac{a}{2} \cdot \frac{W}{q \cdot 10^{-6}}, \quad (1)$$

where h – height of the silicone joint, mm; a, b – panel width and length, mm; d – panel thickness, mm; g – acceleration of free fall; R_v – panel material densite, g/mm^2; t_s – maximum permissible elasticity of the silicone under a static compressive forces, N/mm^2; W – wind pressure, Pa; q – permissible elasticity of silicone, N/mm^2.

The thickness of the silicone joint is calculated as for the I type systems.

Maximum elongation temperature:

$$T_d = \{(T_c - T_a) \cdot a_c - (T_0 - T_a) \cdot a_v\} \cdot \{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2\}^{1/2}, \quad (6)$$

At the same time, the thickness of the silicone joint must be at least 6 mm, and the ration of thickness to height must remain within the limits 3e>h>e.

Conclusion.

Following the special safety requirements for fully glazed structures, winf and snow loads, self-weight of glazing elements, mobility of supporting structures must be taken into an account when choosing glazing elements.

For glazing elements with one monolithic or laminated glass, the deflection of the edge should not be greater than the ration a1/200 at the distance of two fixed opposite points on the edges of the glazing elements.

For glazing elements with a single-chamber glass package, the deflection of the edge should not be greater that the ration a1/300 at the distance of two fixed points on the edges of the glazing element.

As an axample, we can cite the semi-structural glazing system of SchÜco Corporation (fig. 2). The width of the front surface is 50 mm, which is visible only from the inside of the room, externally only the surface separated by thin invisible seams is glazed [3].

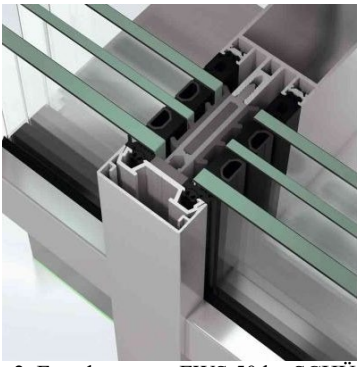


Fig. 2. Facade system FWS 50 by SCHÜCO

References

1. Svitloprozori ohorodzhennya budynkiv. Navch, posibnyk/ O.L. Pidhorodnyy, I.M. Shchpetova, O.V. Sercheychuk to inshi – K.: Vydavets Domashevska O.A., 2005. – 28 s.
2. SchÜco. Aluminium systeme. Fassaden und Lichtda cherl. – SchÜco. 1999. – 60 s.
3. DBN V.1.2-2:2006 Navantazhennya i vplyvy. Normy proektuvannya, K.: Minbud Ukrayiny, 2006.

УДК 624.012.35-049.32:[725.1:656.71](043.2)

О.О. Табаркевич, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Відновлення вертикальних залізобетонних елементів у аеропортах України, пошкоджених внаслідок військових дій.

Відновлення вертикальних залізобетонних елементів в аеропортах України, які були пошкоджені внаслідок військових дій, є важливою частиною відновлювальних робіт в інфраструктурі. Це складний процес, який включає кілька етапів.

Відновлення авіаційної інфраструктури України, пошкодженої внаслідок військових дій, є надзвичайно актуальним завданням. Одним із ключових аспектів цього процесу є відновлення вертикальних залізобетонних елементів (колони, стіни), які зазнали значних пошкоджень. Цей процес вимагає комплексного підходу, що включає в себе детальну оцінку пошкоджень, розробку оптимальних рішень для відновлення та застосування сучасних технологій.

Спочатку потрібно оцінити ступінь пошкоджень залізобетонних елементів. Це включає перевірку тріщин, обвалів, деформацій, а також стану арматури. Застосовуються методи візуального огляду та інструментальних перевірок (ультразвукове сканування, випробування бетону на міцність).

При наявності пошкоджень несучих огороджувальних конструкцій, ступінь та характер яких свідчить про необхідність виконання робіт щодо часткового демонтажу частин об’єкта або його окремих конструкцій, підсилення об’єкта або його окремих несучих та огороджувальних конструкцій [4], тоді рекомендовано виконання робіт з відновлення шляхом капітального ремонту, реконструкції об’єкта. При цьому необхідно виконати проектування ремонтних робіт: розрахунок несучої здатності для визначення залишкової несучої здатності елементів після пошкодження та розробка проекту ремонтних робіт, а саме вибір оптимальних методів відновлення, підбір матеріалів, розрахунок необхідної кількості матеріалів.

Наступним етапом йде підготовка до відновлення, де проводяться роботи по демонтажу пошкоджених елементів, у разі їх необхідності, виконується тимчасове підсилення для запобігання поширення пошкоджень, і проводять підготовку до ремонтних робіт (прибирання, очищення поверхні).

Виконання ремонтних робіт включає в себе: відновлення бетону (заповнення тріщин, відновлення втраченого бетону за допомогою спеціальних сумішей), захист арматури (усунення корозії, додатковий захист), зміцнення конструкцій (підсилення), гідроізоляція (захист від вологи для запобігання подальшої корозії).

Після завершення ремонтних робіт проводиться перевірка міцності та надійності відновлених конструкцій. Це може включати як лабораторні випробування зразків, так і польові тести безпосередньо на об'єкті.

До особливостей відновлення аеропортів можна віднести:

- високі вимоги до якості, тому що авіаційна інфраструктура повинна відповідати суворим вимогам безпеки;
- швидкі терміни виконання робіт;

- координація з іншими видами робіт, бо відновлення аеропортів включає в себе комплекс робіт, які необхідно координувати.

Крім технічних аспектів, важливо враховувати питання безпеки та стандарти будівництва, які вимагають дотримання спеціальних норм при відновленні критичної інфраструктури, зокрема, в умовах бойових дій.

Висновки

Відновлення вертикальних залізобетонних елементів в аеропортах України – це складний і відповідальний процес, який вимагає застосування сучасних технологій та матеріалів. Завдяки професійному підходу та використанню інноваційних рішень можна забезпечити швидке і ефективне відновлення авіаційної інфраструктури країни. Відновлення аеропортів – це не лише відновлення фізичних об'єктів, але й відновлення економіки регіону та країни в цілому.

Список літератури

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їхнього технічного стану. Київ. ДП «УкрНДНЦ» 2017.
2. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2009. – 37 с.
3. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 71 с.
4. Методика обстеження будівель та споруд пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України 28.04.2022 року №65. – 38 с.

UDC 340.5

Álvaro Andrés Erices Bravo,
Lawyer by the University of Buenos Aires
Space Law Specialist by the National Institute of Air and Space Law
of the Argentine Republic
Member of the International Institute of Space Law (IISL)
Winner of the "Dr. Aldo Armando Cocca Award" in Space Law, awarded by the
Latin American and Caribbean Space Network

Private commercial spaceflight: the national space regulatory Sherpas are shaping the path

The 'National Space Regulatory Sherpas' of the United States of America, i.e., its domestic laws, are shaping a completely new stage in the 'Space Age' opened on October 4, 1957, and the example of successful missions such as Polaris Dawn —first private spacewalk— will be echoed in multiple domestic legislations elsewhere in the world. As far as private commercial spaceflights and the delimitation of outer space are concerned, the functionalist approach has the upper hand.

"Private spaceflight also gives rise to a new set of issues,
so far outside the context of those treaties
– and even of space law as a whole"

Frans G. von der Dunk

1. Introduction: Hybrid Commercial Space Activities

In the space industry of the 21st century there is a hybridization of public and private subjects and objects of law.

An example of this is that after the discontinuation of the Space Shuttle in 2011, in 2014, the National Aeronautics and Space Administration (NASA) tendered and entered contracts with private companies SpaceX and Boeing, for 2.6 and 4.2 billion dollars, respectively, to perform commercial spaceflights to and from the International Space Station (ISS).

The aim was to shorten what was called 'The Gap' [1, p. 662] or the time it took the United States of America (USA) to return to providing this type of space services.

The group that had the mission to analyze human spaceflight options after the time NASA had planned to retire the Space Shuttle and coined the term 'The Gap' was The Review of United States Human Space Flight Plans Committee, better known as the HSF Committee.

In that sense, the better option was "to require NASA to rely on private commercial providers. The recertification of the Shuttle would require large increases in or reallocations of NASA's budget and could potentially lead to the same inefficiencies that have plagued NASA throughout its history" [2, p. 664].

These changes in approach and openness to the private sector to carry on commercial spaceflight in the USA made companies become operators and owners of the systems they develop [3, p. 418].

And NASA, from its once main role as the hegemonic protagonist of space activities, has been put in the place of 'client' of these companies that send astronauts to and from the ISS.

Another clear example is that in the early morning of Tuesday, September 10th, 2024, the Polaris Dawn mission was launched from the Kennedy Space Center aboard the Falcon 9 reusable rocket of the private company SpaceX.

On March 18th, 1965, Alexei Leonov performed the first spacewalk with full government funding, but on September 12th, 2024, Jared Isaacman, principal sponsor of the Polaris Dawn mission, along with Sarah Gillis, Scott Poteet and Anna Menon, became the first human to perform a privately funded spacewalk [4].

"Back at home we all have a lot of work to do, but form here, Earth sure looks like a perfect world", said Jared Isaacman on accomplishing this feat that reached 1,400 kilometers from the Earth's surface [5].

The Polaris Dawn mission, after almost five days in orbit, entered the atmosphere and splashed down in the Gulf of Mexico, near Dry Tortugas, Florida. USA. The capsule carrying the crew was successfully protected by the heat shield designed by SpaceX.

Given this scenario of new legal relationships, consisting not only of contracts between State-State or State-Company, but directly between Company-Company, Space Law re-emerges with the need to establish new definitions for commercial orbital flights and commercial suborbital flights.

Does the International Space Law regime cover these new subjects and objects of law? Are the new 'space flight participants' 'envoys of mankind' as the Article V of the Outer Space Treaty says?

The term 'National Space Regulatory Sherpas' may well be used in this paper as an analogy to the current national space laws enacted in the USA like the National Aeronautics and Space Act of 1958 and its amendments, the Commercial Space Launch Act of 1984 and the Commercial Space Launch Act Amendments of 1988, the Commercial Space Launch Amendments Act of 2004, the U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act of 2015, the FAA Reauthorization Act of 2018 and the FAA Reauthorization Act of 2024, as first steps of a more complex private commercial spaceflight regulation.

These 'sherpas' teaching and shaping the path at the foot of the space mountain are being closely observed from different parts of the world and analyzed and will most likely be imitated in the future by other countries.

2. Orbital Spaceflight

An orbital spaceflight can perform at least one orbit in outer space and can reach an altitude of about 400 kilometers (or more) from the Earth's surface.

Performing an orbit means that the spacecraft, once it has reached the desired altitude, must travel at 28,000 kilometers per hour, but not vertically but to one of its sides to 'stay in orbit' and not leave its new trajectory, now circumterrestrial.

At this speed, a complete orbit to Earth takes approximately 90 minutes.

Currently, the private companies SpaceX, with the partially reusable orbital cargo spacecraft 'Dragon 2', and Boeing, with the reusable orbital cargo spacecraft 'CST-100 Starliner', are providers of this type of spaceflight to the ISS.

'Soyuz', Roscosmos' non-reusable orbital cargo spacecraft, also provides this type of service.

3. **Suborbital Spaceflight**

On the other hand, suborbital spaceflight is characterized by not making an orbit around the Earth. It is a seesaw. That is, the rocket is launched, the engine travels at approximately 300 kilometers per hour, burns up after 2 or 3 minutes, reaches a certain point, usually between 80 and 100 kilometers high, and then descends.

If suborbital flights are manned, the people on board experience approximately 3 minutes of weightlessness before returning to the earth's surface.

It is worth mentioning that suborbital flights can also cross the 100 km altitude line, widely known as the 'Von-Karman Line', and thus even 'reach' outer space, so this fact does not differentiate them from orbital flights.

Takeoff can be vertical, normally applied for missions that need to mobilize heavier payloads and crew, as in the case of the suborbital flight service provided by Jeff Bezos' private company Blue Origin, or horizontal flights, as is done by Richard Branson's private company Virgin Galactic.

The most important difference is that orbital flights 'maintain' a complete orbit around the Earth and suborbital flights, although they can also "reach" outer space if the mission requires it, 'do not maintain' a complete orbit.

4. **'National Space Regulatory Sherpas'**

According to the Cambridge Dictionary, 'sherpa' means "a member of a Himalayan people who are skilled mountain climbers and who are often employed to help visiting climbers" [6]

So, the analogy between the space domestic laws of the USA and these skilled mountain climbers from the Himalaya is a way to recognize the work done for decades by the U.S. space industry, the knowledge acquired and the inherent difficulty in getting crew to and from outer space in a healthy and safe manner.

"The only State that has so far taken substantive steps to address private spaceflight, including private suborbital spaceflight and space tourism, is the United States" [7, p. 187].

In the context of the USA this dates to the National Aeronautics and Space Act of 1958 and its amendments, but more precisely to the era of President Ronald Reagan, as in 1984 the Commercial Space Launch Act was created, which brought the private sector into space launches, and among its purposes was "to promote economic growth and entrepreneurial activity through utilization of the space environment for peaceful purposes" [8]. Its 1988 Commercial Space Launch Amendments Act was also centered in unmanned private launches.

The Commercial Space Launch Act of 1984 and the Commercial Space Launch Amendments Act of 1988 became true 'National Space Regulatory Sherpas' that gave the initial kick-start to the introduction of the private sector in unmanned space launch services and that today serve as a model for other countries to generate their own legislation on these issues.

Years later, to address the regulation of private manned commercial spaceflight, the Commercial Space Launch Amendments Act of 2004, in its Sec. 2, regarding amendments, paragraph 15 of 'Findings and Purposes', establish: "the regulatory standards governing human space flight must evolve as the industry matures so that regulations neither stifle technology development nor expose crew or spaceflight participants to avoidable risks as the public comes to expect greater safety for crew and space flight participants from the industry" [9].

The same Sec. 2, regarding amendments, paragraph 17 of 'Definitions' created a new actor in space activities: the 'spaceflight participant'. By this Act, this term means "an individual, who is not crew, carried within a launch vehicle or reentry vehicle" [10].

In the 'Commercial Human Spaceflight' section, it says: "the space flight participant has provided written informed consent to participate in the launch and reentry and written certification of compliance" [11].

In the 'Safety Regulations' paragraph it says: "Beginning 8 years after the date of enactment of the Commercial Space Launch Amendments Act of 2004, the Secretary may propose regulations under this subsection" [12].

In summary, "Congress granted the Secretary of Transportation authority to oversee the safety of the emerging commercial human space flight industry but limited the Federal Aviation Administration's (FAA) rulemaking authority" [13].

So, currently there is a 'learning period', also known as 'moratorium', absent death, serious injury, or close call, to enact health and safety regulations for 'spaceflight participants' that will expire on January 1, 2025 [14].

These regulations were born because of the first space tourists, such as Dennis Tito in 2001 or Mark Shuttleworth in 2002, who started to participate in these private spaceflights as they were able to pay out of pocket large costs to be transported to and from the ISS. In other words, a new market was created.

As mentioned, other subsequent amendments, such as the Commercial Space Launch Amendments Act of 2004 or the U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act of 2015, conceived the need to regulate private commercial spaceflight and even started to create definitions where the International Space Treaties left the field open to the practice and need of States in the exploration and use of outer space, as long as their general principles are followed.

These domestic legislations gave life to the terms 'space flight participant', 'suborbital rocket', 'suborbital trajectory', 'government astronaut' and even with the FAA Reauthorization Act of 2018 there is a definition for 'spaceport' [15]. All in search of good steps for building a thriving space industry, with a focus on the private sector.

For the Commercial Space Launch Amendments Act of 2004, 'suborbital rocket' means "a vehicle, rocket-propelled in whole or in part, intended for flight on

a suborbital trajectory, and the thrust of which is greater than its lift for the majority of the rocket-powered portion of its ascent" [16].

Then it defines "suborbital trajectory" as "the intentional flight path of a launch vehicle, reentry vehicle, or any portion thereof, whose vacuum instantaneous impact point does not leave the surface of the Earth" [17].

The U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act of 2015 introduced 'government astronaut' as a new term, which means:

"An individual who is designated by the National Aeronautics and Space Administration" and "is carried within a launch vehicle or reentry vehicle in the course of his or her employment, which may include performance of activities directly relating to the launch, reentry, or other operation of the launch vehicle or reentry vehicle" [18].

And "is either an employee of the United States Government, including the uniformed services, engaged in the performance of a federal function under authority of law or an Executive act; or an international partner astronaut" [19].

By means of this Act, international 'partner astronaut' is "an individual designated under Article 11 of the International Space Station Intergovernmental Agreement, by a partner to that agreement other than the United States, as qualified to serve as an International Space Station crew member" [20].

5. 'Envoys of mankind'?

Art. V of the 1967 Space Treaty grants 'astronauts' the status of 'envoys of mankind' and provides for their safe and prompt return to the State of Registry of their space vehicle.

This connects immediately with Art. VIII and the jurisdiction and control retained by the State of Registry and the quasi-territoriality [21, p. 271] applied over the space object and all personnel on it.

The 1968 Rescue Agreement mentions the word 'astronaut' in its title and in its Preamble, but in the rest of the articles it refers to 'crew of a spacecraft' and does not provide further specifications or definitions.

However, with these commercial activities and applications, as is also the case with the commercial Polaris Dawn mission and with the new definitions created by the 'National Space Regulatory Sherpas', the following questions arise:

Are these new type of space passengers 'envoys of mankind'? Do they seek 'the benefit of all mankind' as the Article I of the 1967 OST says? Do they fit into the space concepts and principles and their respective international conventions?

The develop of domestic space legislation, especially in those areas in which the International Space Treaties did not establish clear or specific definitions, as in the case of space tourism or space mining, shows that international and national Space Law has the duty to accompany the technical space fact side by side and, although the decision to generate regulatory frameworks, it is not coming anymore from the United Nations institutions, but from the thrust of entrepreneurs and the USA government who are generating new concepts for the progress of the commercial space industry.

6. UNISPACE IV in 2027

Perhaps a good opportunity to debate the definitions and concepts within UNCOPUOS regarding private commercial spaceflight would be the fourth United Nations Conference on the Peaceful Exploration of Outer Space (UNISPACE IV) in 2027 [22].

The idea of realizing UNISPACE IV in 2027 has been promoted in the 'Action 56' of the recent 'Pact for the Future' of the 79th United Nations General Assembly (UNGA79). The resolution was A/RES/79/1 and released on the 22nd of September of 2024.

The document contains The Pact for the Future and two annexes: 1) The 'Global Digital Compact' and 2) The 'Declaration on Future Generations' [18]. All of them were an outcome of the Summit of the Future, held in New York between the 20-21 (Action Days) and the 22-23 (Summit) of September of 2024.

But in the Pact for the Future, there were only three issues that were pointed in 'Action 56' regarding the creation of 'new frameworks' within UNCOPUOS: space traffic, space debris and space resources [23].

There were no frameworks proposed for private commercial spaceflights. The only cryptic phrase that could be attributed to it is in 'Action 56' (b): "Invite the engagement of relevant private sector, civil society and other relevant stakeholders, where appropriate and applicable, to contribute to intergovernmental processes related to the increased safety and sustainability of outer space" [24].

Perhaps UNISPACE IV is the opportunity to regain predictability, founding characteristic of Space Law as a discipline, and address the issue of private commercial spaceflight.

7. Delimitation of Outer Space to Develop Private Commercial Spaceflight… Is it a Need?

"The international space treaties, as augmented by national space legislation, regulation and governance still essentially sufficed to properly contain private space activities" [25, p. 146].

However, it would seem correct for the development of commercial activities in outer space that an international delimitation between the space domain and airspace be established.

"It is essential that the question of boundary between airspace and outer space should be clearly defined by a treaty, as well as the position of space objects which, either by design or by accident, find themselves in or in transit through foreign airspace" [26, p. 678].

Moreover, "the absence of international regulation permits States to authorize unilateral delimitation of the frontier between airspace and outer space through domestic legislation" [27, p. 47].

Although, in cases such as the USA the delimitation of outer space has been "consistently refused even to have the subject discussed" [28, p. 676].

Thus, the success of the Polaris Dawn mission strengthens the classic functionalist position historically held by the USA in international forums such as UNCOPUOS.

The functionalist school believes "that all one has to do is to regulate space activities. According to them, one need not, or even should not, try to define where outer space begins, as is advocated by the so-called 'spatialists' who believe that the boundary question between national airspace and outer space should be settled as a matter of priority" [29, p. 676].

8. Conclusions

The 'National Space Regulatory Sherpas' of the United States of America, i.e., its domestic laws, built step by step since 1958, are now fundamental inputs of a completely new stage in the 'Space Age' opened on October 4th, 1957, and with the example of missions like Polaris Dawn there will be echoes of them in multiple domestic legislations elsewhere in the world.

The decision to generate new legal definitions and regulatory frameworks for private commercial spaceflight is not coming anymore from the United Nations institutions, but from the thrust of entrepreneurs and the USA government who are generating new concepts for the progress of the commercial space industry.

In other words, without the need to have previously established a delimitation between airspace and outer space, the 'National Space Regulatory Sherpas' have managed to regulate things that the Space Treaties did not mention and, at the same time, brought the private sector into the game.

The tendency to create domestic space legislations that establish their own definitions and conditions will increase among spacefaring nations, using the 'National Space Regulatory Sherpas' as a model.

Although some opinions could consider these domestic legislations light because they lack elements to preserve the health and safety of space flight participants and although they have to sign a 'confirmed consent' where they know the risks to their physical integrity and even their lives, this type of situations that make an ultra-risky activity such as spaceflight, at a certain point are tolerable if the main purpose is to develop more complex regulations as the activity becomes more consolidated.

Although the Pact for the Future expressed in its 'Action 56': "We are living through an age of increased access to and activities in outer space", the only three issues that were encouraged by this document to establish new frameworks through the UNCOPUOS were space traffic, space debris and space resources. But the private commercial spaceflights did not appear as a topic.

There is an opportunity to regain predictability, a foundational characteristic of Space Law, at UNISPACE IV in 2027, where discussing the issue of private commercial spaceflight will be a great chance for the 'comunis opinio generalis', fundamental for the creative task of Space Law.

Perhaps the logic of 'universal consensus' for the creation of international instruments from within UNCOPUOS to regulate new commercial space activities as

the private commercial spaceflight and even integrate de private sector in the decisions is, for now, far away from becoming a reality.

But if you pay a 'sherpa' take you to the top of the mountain, in this case a space mountain: Would you be willing to do what it takes to reach it?

References

1. See for details Brannen, T., Private Commercial Space Transportation's Dependence on Space Tourism and NASA's Responsibility to Both (pp. 639-668), in *Journal of Air Law and Commerce*, Volume 3. Issue 3, Article 5, University Park, Dallas, Texas, US, 2010
2. Ibidem.
3. See for details Hermida, J. La Explotación Comercial del Espacio Exterior y de la Luna (pp. 407-419), in *Nuevos Enfoques del Derecho Aeronáutico y Espacial*, Marcial Pons, Madrid, España, 2015, 584 pages.
4. See *SpaceX's Polaris Dawn crew conducts first all-civilian spacewalk*, cbsnews.com (Sep. 12, 2024), https://www.cbsnews.com/news/polaris-dawn-crew-gears-up-for-first-commercial-non-government-spacewalk/
5. See *"Looks Like A Perfect World" SpaceX Polaris Dawn Commander Jared Isaacman*, The Launch Pad channel (Sep. 12, 2024), https://youtu.be/jYZTxGAdrrM?si=SQw8sV-qpAwTdAce
6. See Cambridge Dictionary, meaning of 'sherpa', available at: https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/sherpa
7. See for details von der Dunk, F.G., The Regulation of Space Tourism (pp.177-199), in *Space Tourism: The Elusive Dream*, Volume 25, Erik Cohen and Sam Spector, of the Tourism Social Science Series, Emerald Publishing Limited, Bingley, UK, 2019, 337 pages. (Article of free and open access by the DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln).
8. See Commercial Space Launch Act, 1984, Sec. 3, Purposes, https://www.congress.gov/bill/98th-congress/house-bill/3942/text
9. See Commercial Space Launch Act, 2004, Sec. 2, Amendments, (a) Findings and Purposes, https://www.congress.gov/bill/108th-congress/house-bill/5382/text
10. See Commercial Space Launch Act, 2004, Sec. 2, Amendments, (b) Definitions, https://www.congress.gov/bill/108th-congress/house-bill/5382/text
11. See Commercial Space Launch Act, 2004, Sec. 2, Amendments, (c) Commercial Human Space Flight, https://www.congress.gov/bill/108th-congress/house-bill/5382/text
12. Ibidem.
13. See Federal Aviation Administration (FAA), Human Space Flight Occupant Safety Aerospace Rulemaking Committee Charter, 2023, https://www.faa.gov/regulations_policies/rulemaking/committees/documents/media/Final-ARM-220523-001_S1%20Signed.pdf
14. See FAA Reauthorization Act of 2024, Sec. 1111, Learning Period, https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/3935/text

15. See FAA Reauthorization Act of 2018, Sec. 599D, Spaceports, https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/4/text

16. See Commercial Space Launch Act, 2004, Sec. 2, Amendments, (b) Definitions, https://www.congress.gov/bill/108th-congress/house-bill/5382/text

17. Ibidem.

18. U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act, Sec. 112, (c) Definition of Government Astronaut, https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2262/text

19. Ibidem.

20. Ibidem.

21. See for details Cheng, B., The 1967 Space Treaty (pp. 259-315), in *Studies in International Space Law*, Clarendon Press Oxford, University of Oxford, UK, 1997, 844 pages.

22. See UNGA A/RES/79/1, The Pact for the Future, Global Digital Compact and Declaration on Future Generations, September, 2024, https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n24/272/22/pdf/n2427222.pdf

23. Ibidem.

24. Ibidem.

25. See for details von der Dunk, F.G., Space Tourism, Private Spaceflight and the Law: Key Aspects (pp.146-152), in *Space Policy*, Elsevier, 2011. (Article of free and open access by the DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln).

26. See for details Cheng, B., The Commercial Development of Space: the Need for New Treaties (pp. 673-700), in *Studies in International Space Law*, Clarendon Press Oxford, University of Oxford, UK, 1997, 844 pages.

27. See for details de Oliveira Bittencourt Neto, O., Delimitation of Outer Space and Earth Orbits (pp. 43-54), in *Outer Space Law: Legal Policy and Practice*, Globe Law and Business Ltd., London, UK, 2017, 390 pages.

28. See for details Cheng, B., op. cit., p. 676.

29. Ibidem.

УДК 629.78 : 355.422 (043.2)

К.Ю. Водоласкова, кандидат юридичних наук
(Інститут авіаційного, космічного та
кіберправа Кельнського університету, Німеччина)
С.Г. Головко, кандидат історичних наук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Роль космічних технологій для безпеки та оборони: уроки нового виду війни для країн світу

Два роки війни (з дня широкомасштабного вторгнення країни-спонсора тероризму в Україну) призвели до кардинальних змін у безпековому середовищі й, зокрема, у космічній діяльності провідних країн світу. Правові основи використання космічних і супутникових технологій як нового поля військового протистояння є об'єктом цього наукового дослідження.

Космос став критично важливим фактором проектування військової сили, пропонуючи глобальне охоплення, зв'язок і «високу точку», з якої можна спостерігати за земним простором бойових дій [1]. Таким чином, космос став важливою ареною для стратегічної конкуренції та відіграє життєво важливу роль майже у всіх секторах глобальної економіки та критичної національної інфраструктури [2]. Враховуючи небезпечне поєднання залежності, вразливості та зростаючого протистояння, уряди та космічні експерти все частіше попереджають про ризики для безпеки [3].

Збройна агресія країни, що визнана спонсором тероризму, проти України підкреслила важливість існуючих космічних технологій для безпеки та оборони країн світу, виявила певні вразливі місця в цій сфері та спонукала провідні держави до розробки оновленої стратегії розвитку власного космічного потенціалу та підвищення стійкості критично важливих інфраструктура.

Реальність, коли держави розвивають і використовують свій військовий потенціал, має наслідки для балансу сил, дипломатичних процесів, національних економік і глобальної нерівності [4]. Проте з розгортанням війни в Україні та терористичної односторонньої військової агресії озброєння космічного простору стало актуальною глобальною проблемою. Науковці висловлюють кілька занепокоєнь щодо неадекватності поточного космічного права для управління зброєю в космосі [5].

Війна, яка триває в Україні, демонструє, що космос стає вирішальним аспектом сучасної війни. Таким чином, стрижневим питанням є дослідження процесу створення та розвитку стратегічних правових можливостей неядерного стримування та використання космічних технологій у оборонних цілях збройними силами світу.

Аналіз війни на території України призвів до формування у фахівців нових поглядів на космічні технології з точки зору оборонного призначення.

Верховний представник Європейського Союзу Жозеп Боррель у власному блозі на сайті Європейської служби та під час виступу на

Європейській космічній конференції в Брюсселі чітко висловив позицію, що збройна агресія Росії проти України підкреслила важливість існуючих космічних технологій. для безпеки та оборони Європи, а також виявив певні вразливі місця в цій сфері та підштовхнув ЄС до розробки оновленої стратегії розвитку власного космічного потенціалу та підвищення стабільності критичної інфраструктури. Він також закликав ЄС увійти у дедалі більш конкурентне та суперечливе космічне середовище.

Міжнародна та європейська безпека все більше залежить від діяльності людини в космосі. Світове співтовариство, насамперед через міжнародні структури безпеки: ООН, ЄС, НАТО тощо, також має забезпечити захист своїх цінностей та інтересів у відносно новому полі дії збройних конфліктів — космічному середовищі, яке стає все більш перевантажений, мілітаризований і конкурентний. Таким чином, протягом років війни проти України активно розвивалися численні проекти міжнародних цивільних космічних програм, безпеки та оборони, військового використання космосу як окремими країнами, а також НАТО ЄС.

Для американських військових ці роки війни в Україні виявилися досить насиченими, включно з дослідженнями у сфері космосу. Деякі їхні оцінки та висновки щодо подій у Східній Європі стали доступними для широкого загалу.

У зв'язку з цим командувач Космічними силами Збройних сил США генерал Б. Ченс Зальцман зазначив, що війна в Україні насамперед підкреслює центральну роль космічних засобів для перемоги у війні [6].

Отже, війна в Україні продемонструвала всьому світу, наскільки важливим є використання космосу для перемоги у військових конфліктах та війнах.

Отже, наразі питання створення та розвитку стратегічних можливостей неядерного стримування з урахуванням космічної складової стоїть на порядку денному збройних сил провідних країн світу.

Реальність того, що держави розвивають і використовують свій військовий потенціал, впливає на баланс сил, дипломатичні процеси, національну економіку та глобальну нерівність.

Вчені висловлюють кілька занепокоєнь з приводу неадекватності поточного космічного законодавства для управління зброєю в космосі. Проте міждержавні договірні домовленості певним чином є спробою врегулювати питання, які до 2022 року були у світі не настільки актуальні.

Беручи до уваги високу важливість об'єднання в питанні оборонного значення космічних технологій та необхідності врегульовувати питання, що виникли перед світовою спільнотою, 10 січня 2023 року Генеральний секретар НАТО, Президент Європейської Ради та Президент Європейської Комісії прийняли Третю спільну декларацію про співпрацю ЄС-НАТО, яка визначає космос як одну з основних сфер двостороннього співробітництва та партнерства. У січні 2023 року Генеральний секретар НАТО та президент Європейської комісії домовилися створити робочу групу з питань стійкості та захисту критичної інфраструктури. Цільова група зосередилася на визначенні

поточних викликів безпеці та особливої важливості стійкості в енергетиці, транспорті, цифровій інфраструктурі та космосі [7].

Можна навести приклади інших ініціатив космічного партнерства. Зокрема, 29 листопада уряд Франції заявив, що приєднається до Сполучених Штатів і кількох інших країн, які зобов'язалися не випробовувати протисупутникову зброю (відому як ASAT), яка може залишати на орбіті небезпечне сміття. У спільній заяві міністерства закордонних справ і оборони Франції оголосили, що країна не проводитиме руйнівні випробування ASAT з прямим підйомом як крок до «безпечного, стабільного космічного середовища».

18 січня 2023 року у Франції було підписано меморандум про взаєморозуміння, який започатковує створення Космічного центру передового досвіду НАТО [1]. Його планується розташувати в Тулузі спільно з Космічним командуванням ВПС Франції та Національним центром космічних досліджень Франції штатом близько 50 фахівців. Місце його дислокації принаймні свідчить про факт визнання французького досвіду у сфері використання космосу та внеску Франції в спільну діяльність НАТО.

Ідея створення Космічного центру передового досвіду НАТО полягає в тому, щоб забезпечити потреби членів Альянсу у фахівцях та експертних знаннях у сфері космічних військових операцій, сприяти обміну досвідом у космічній сфері та комунікації між НАТО та національними та міжнародними державами. космічні організації (зокрема, оборонні, цивільні, промислові та дослідницькі) .

Водночас країни світу продовжують розгортати військові та супутникові угруповання подвійного призначення. Наприклад, HawkEye 360 надаватиме дані, зібрані його супутниками для картографування радіочастот, до Slingshot Aerospace для системи виявлення загроз, яку компанія розробляє для Космічних сил США. Дані із супутників HawkEye 360 дозволять виявляти потенційні атаки з перешкодами або інші загрози, які можуть перешкоджати сигналам GPS і вже давно є проблемою для військових.

Висновки

Сфера космічних технологій та їх військового застосування стрімко розвивається, особливий сплеск інтересу до них стався після початку війни в Україні. Незважаючи на те, що кількість літератури про космічні системи та їхню потенційну військову користь зростає, конкретна увага до війни в Україні як приклад є відносно новою.

Сьогодні стрімкий розвиток сучасних технологій, нестабільна військово-політична ситуація, агресивна політика окремих країн, а також багато іншого повертає нас у ще не забуті обставини минулого, і одночасно вже в нову, більш небезпечну реальність.

Обсяг міжнародного космічного права є недостатнім для комплексного вирішення проблем, пов'язаних із зростаючою мілітаризацією космосу, про що свідчить еволюція космічних технологій та їх застосування в сучасних конфліктах. Уроки цієї агресивної, підлої війни, розпочатої з боку держави, що визнана спонсором тероризму, зокрема, уроки стосовно застосування

космічних технологій для військових цілей, стали поштовхом для всієї світової спільноти, для всіх провідних країн світу усвідомити важливість адекватного реагування на новий вид воєн – космічних воєн.

Список літератури

1. Theodora Ogden, Anna Knack, Mélusine Lebret, James Black and Vasilios Mavroudis (2024) The Role of the Space Domain in the russia-Ukraine War and the Impact of Converging Space and AI Technologies, in CETaS Expert Analysis. 13 p.

2. James Black (2018). Our Reliance on Space Tech Means We Should Prepare for the Worst, in The RAND Blog. Електронний режим доступу: https://www.rand.org/pubs/commentary/2018/03/our-reliance-on-space-tech-means-we-should-prepare.html.

3. Bruce McClintock et al., (2021). Responsible Space Behavior for the New Space Era: Preserving the Province of Humanity, in RAND Expert Insights (April 2021), https://doi.org/10.7249/PE-A887-2.

4. Kathryn Robinson Hasani, Melissa de Zwart & Stacey Henderson eds. (2021). The Next Frontier of The Global Commons, in COMMERCIAL AND MILITARY USES OF OUTER SPACE, pp.19-32.

5. Yan Ling (2011). Prevention of Outer Space Weaponization under International Law: A Chinese Lawyer's Perspective, in 4(2) J. EAST ASIA INT. LAW 271, 272 (discussing international legal community concerns), p. 271-289.

6. Smith, Marcia, Saltzman: Ukraine Demonstrates Criticality of Space to Modern Warfare. "Space Policy online". January 31, 2023. Available online: https://spacepolicyonline.com/news/saltzman-ukraine-demonstrates-criticality-of-space-to-modern-warfare/.

7. NATO. Relations with the European Union. URL: https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics _49217.htm.

UDC 341.226

Kh.V. Kmetyk, PhD in Law, D. Bazylevska
(National Aviation University, Ukraine)

A role of international organisations in the initial stages of building the institutional structure in the aviation industry

The authors make research in the context of historical development of a role of international intergovernmental organisations in building the institutional structure in the aviation industry.

Today, there are a large number of global and regional organisations that regulate international legal aspects related to the air transport operation. Among these organisations are: the International Civil Aviation Organisation (ICAO), International Air Transport Association (IATA), Airports Council International (ACI), Civil Air Navigation Services Organisation (CANSO), the International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations (ICCAIA), Air Transport Action Group (ATAG), European Union Aviation Safety Agency (EASA), European Civil Aviation Conference (ECAC), European Agency for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL) and others.

One of the first international organisations in this area was the International Legal Committee on Aviation, founded in Paris in 1909, which drafted the first International Air Code. This document promoted the principle of freedom of flight recognising the rights of countries to ensure their own security. An important part of this project was the provision that each aircraft had to be registered in a particular country, giving it a nationality. But, the draft of the International Air Code was not adopted before the outbreak of the World War I [1].

On October 13th, 1919 in the Salon de l'Horloge of the Ministry of Foreign Affairs, Quai d'Orsay at Paris a Convention Relating to the Regulation of Aerial Navigation (the Paris Convention), was signed. This new Convention (with texts in French, English and Italian) consisted of 43 articles that dealt with all technical, operational and organizational aspects of civil aviation and constitutes the first successful attempt at common regulation of international air navigation and lays the foundations of air law.

In order to support and control the implementation of the Paris Convention, the International Commission for Air Navigation (the ICAN or CINA) was established in 1922. Although in law the ICAN was placed, and remained, under the direction of League of Nations, in practice direction was replaced by friendly cooperation. The League never attempted to exercise any authority on the ICAN, and the ICAN never attempted to break away from the League. Cooperation was mostly carried on through the League's Committee on Transit and Communications. This Committee and the ICAN were represented at each other's meetings, when any question of common interest was under discussion.

This organisation was vested with various functions, including the following ones: receiving and sending the proposals to the contracting countries to amend the provisions of the Paris Convention, notifying them of the amendments adopted;

collecting the information on aircraft registration; issuing the rules on airworthiness certificates; regulating the use of radiotelegraphic devices; collecting the data on aerodromes designated for international flights; informing on reservations and restrictions imposed by the countries on cabotage, aerial photography and transport of objects; settlement of disputes related to the technical annexes to the Paris Convention; making the amendments to these annexes; ensuring the dissemination of information necessary for international air traffic, including radiotelegraphic, meteorological and medical information; publication of maps for air traffic in accordance with the norms [2].

Later, in 1923 and 1929, the Paris Convention was amended by means of the Protocols of the ICAN, which entered into force in 1926 and 1929 respectively. Under the documents, no participating countries should have more than two representatives in the Commission, and each country represented in the Commission has one vote [3].

We should note that some prominent experts in the field of international aviation law consider the ICAN as the direct predecessor of the International Civil Aviation Organisation (ICAO), which is underlined by the universal nature of its activities and contribution to the development of civil aviation [1].

In the 1920s the countries that were not the parties to the Paris Convention sought to develop the alternative international agreements at the regional level with the aim to establish the specialised bodies to ensure compliance with these agreements. At the Madrid Conference of 1926 the Ibero-American Convention on Aeronautical Navigation was concluded, which was in fact not much different from the provisions of the Paris Convention. The Ibero-American Convention provided for the establishment of the Ibero-American Aeronautical Commission, which was composed of representatives of the participating countries. However, only 7 from 21 countries that participated in the Madrid Conference ratified the it and such small amount of approvals made it impossible for the Convention to enter into force and resulted in the Ibero-American Aeronautical Commission never being established. One of the reasons for this was the lack of need for a new Convention that would differ little from the existing Paris Convention, as well as the limited development of the aviation industry at that time, which made international air traffic between the countries of the Iberian Peninsula and Latin America less relevant [4].

In early 1928 the Pan American Convention on Commercial Aviation (the Havana Convention) was signed in Havana with the participation of several countries of North and South America. The content of this Convention was similar to the provisions of the Paris Convention [5]. The institutional mechanism for cooperation defined by the Havana Convention was the Pan-American Union, an international organisation founded in 1890 to promote interaction between the United States and Latin American countries. Initially, the organisation was called the Commercial Bureau of the American Republics, and in 1948 it was transformed into the Organisation of American States (OAS) which continued its mission of promoting the regional cooperation and integration [1].

The World War II was a powerful impetus for the development of the aviation industry, in particular, the development of technology and the creation of an extensive network of passenger and cargo air services. In early 1944 the United States government initiated discussions with the Allied powers to develop an effective

strategy for the further development of the aviation industry. These preliminary discussions led to a meeting in Chicago in November 1944 resulted in the signing of the Convention on International Civil Aviation, also known as the Chicago Convention [6]. The Chicago Convention entered into force on April 4th, 1947 and became a fundamental document that laid the foundations for the regulation of international civil aviation and the promotion of its development in the post-war period. One of the key provisions of the Chicago Convention is the recognition of the full and exclusive sovereignty of each country over the airspace above its territory. The International Civil Aviation Organisation (ICAO) based in Montreal, Canada, was founded on the basis of the Chicago Convention.

A key aspect of the ICAO's success is its cooperation with other universal intergovernmental international organisations, including the International Maritime Organisation, the International Telecommunication Union, the World Meteorological Organisation, the Universal Postal Union and the International Air Transport Association.

In general, the international organisations cooperate through various mechanisms which typically includes the exchange of information, the development and implementation of common standards and guidelines, as well as conferences and meetings to discuss the topical issues related to the new global challenges. For example, in the context of the Covid-19 pandemic, the ICAO and the World Health Organisation have been working together to develop the international standards and recommendations related to aviation security and the protection of passengers and crew in a pandemic. Through the collaboration of these international organisations, recommendations for health and security on board aircraft, as well as measures to reduce the risk of infection transmission, are developed and continuously updated [1].

Conclusions. As a conclusion, we should note that in the context of historical development the international intergovernmental organisations played a key role in the initial stages of building the institutional structure in the aviation industry. Considering the issue of improving the cooperation and interaction between international organisations, the following measures could be considered: increasing the information exchange, which will ensure the effective information exchange between different international organisations to respond quickly to new challenges and threats; joint development of standards, which will strengthen cooperation in the development and implementation of the international standards and regulations to ensure the unified system of security and efficiency; creation of effective mechanisms for responding to emergency situations, including the development of joint action plans and mechanisms for rapid response to crisis situations, such as pandemics or terrorist threats; engagement of countries and industry players in order to ensure active participation of countries and industry representatives in the work of international organisations to take into account various interests and needs; etc.

References

1. Черній Є. В. Значення міжнародних організацій у розробці і регулюванні міжнародно-правових норм з метою безпечного функціонування цивільної авіації. *Часопис Київського університету права*. 2023. № 4. С. 263–270.

2. The Postal History of ICAO. The 1919 Paris Convention: the starting point for the regulation of air navigation. URL: https://applications.icao.int/postalhistory/1919_the_paris_convention.htm (дата звернення: 14.09.2024).
3. Protocol 1929 to the Convention Relating to the Regulation of Aerial Navigation. American Journal of International Law. Vol. 28. N 3. P. 129.
4. The Postal History of ICAO. 1926: The Ibero-American Convention. URL: https://applications.icao.int/postalhistory/1926_the_Ibero_american_convention.htm (дата звернення: 14.09.2024).
5. The Postal History of ICAO. 1928: The Havana Convention. URL: https://applications.icao.int/postalhistory/1928_the_havana_convention.htm (дата звернення: 14.09.2024).
6. Convention on International Civil Aviation – Doc 7300. URL: https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx (дата звернення: 14.09.2024).

UDC 004.07/006:629(043.2)

O. V. Kostenko, PhD in Law,
L.O. Shapenko, Candidate of Law, Associate Professor
(National Aviation University, Ukraine)

Artificial intelligence and immersive technologies in the aviation sector: certification, new standards and challenges

The impact of modern technologies on the aviation industry, including AI, ML, AR, and VR, is studied. The issue of AI certification in safety-critical aviation systems is being updated. Attention is focused on the need to develop new aviation standards for AI and ML, including the development of special certification systems to ensure safety in the aviation sector.

Today Industry 5.0. is a catalyst for the digital transformation of almost all spheres of modern society, and the use of Metaverse, immersive technologies, augmented reality (AR) and virtual reality (VR), artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) makes this transformation an effective tool for the modernization of technical industries, primarily aviation one, especially regarding the development and improvement of modern regulatory acts [1].

The need to adapt regulatory acts in the aviation industry is relevant in terms of improving compliance with safety criteria [2]. To prepare the means of compliance necessary for the certification of the reliability of artificial intelligence in safety-critical systems, the latest developments in aeronautical standards that ensure the full life cycle of AI development are considered [3]. Simultaneously with the formation of standardized requirements for the development and application cycles of AI in the aviation industry, requirements for three key complex systems with ML components that form a new certification framework are being developed.

Today aviation systems and software developers can adapt traditional development processes to approaches based on machine learning and identify changes that are necessary to ensure product certification using AviaAI (aviation AI) [2].

The formation of new Avia AI aviation standards should cover the following areas:

- development of a special certification system for artificial intelligence in aviation primarily to ensure its reliability, especially in subsystems where safety is critically important. This system is necessary to ensure that AI technologies used in aviation meet the strict standards required for safety and operational efficiency, minimizing the number of failures in environments where the preservation of human life and strategic assets is prioritized [4].
- integration of machine learning (ML) components into aviation standards, which focus on the incorporation of AI/ML technologies into complex systems, in order to solve unique problems that arise throughout their development life cycle. This includes adapting existing standards to the specific requirements of AI/ML, ensuring safety and reliability of such components, as well as managing the risks associated with their use in safety-critical systems and subsystems [5].

- adaptation of traditional engineering processes in connection with the introduction of artificial intelligence and machine learning in aviation due to the need to re-evaluate established standardization approaches. This entails the need to modernize the existing methodology in order to provide effective support for the certification of products using AI/ML. Such adaptation includes the integration of new approaches to the development, testing and validation of systems to meet the strict requirements for safety and reliability in the aviation industry [6].
- development of new standards and intelligent visual guidance systems (VGS) to support emergency landings. The implementation of these standards can improve safety and operational efficiency in aviation, ensuring reliable and accurate control in critical situations. This approach emphasizes the importance of innovations in standardization to improve the performance of aviation systems in real conditions [7].

Research aimed at creating new modern aviation standards emphasizes the need to integrate artificial intelligence technologies into aviation systems without compromising and weakening all requirements and levels of aviation safety. It is also necessary to conduct research on the development and modernization of documentation creation cycles, which reflect the steps of creating all modules and subsystems of artificial intelligence algorithms and decision-making processes, in order to ensure transparency in the development of software products in accordance with regulatory requirements.

Effective certification requires close collaboration between software engineers, system designers, and regulatory bodies to agree on standards and practices that take into account the specifics of artificial intelligence technologies. Such interdisciplinary interaction is a key to creating a unified approach to the development, implementation, and certification of AI systems, ensuring their compliance with high security and reliability requirements.

In addition to AI/ML technologies, augmented and virtual reality technologies are actively being implemented in the aviation sector. The integration of Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) technologies into the aviation industry is transforming various aspects of the industry, from manufacturing and maintenance to generating passenger experiences and pilot training, namely:

- AR/VR technologies can significantly improve passenger experience, ensuring flight safety, usability, and navigation in complex airport structures [8];
- the use of augmented reality in aerospace production significantly accelerates all production processes and effectively increases the qualifications of the workforce, reduces training costs, improves control systems and procedures, and increases productivity [9];
- the use of virtual and augmented reality technologies significantly improves the teaching and training of pilots, makes it possible to optimize many processes of aircraft and flight management, and to modernize the cockpit and aircraft flight controls [10; 11];
- creation of a joint technological immersive environment in the aviation industry, with the aim of improving cooperation, visualization, and interaction between interested parties, increasing the quality and novelty of ideas, while reducing communication problems and costs [12].

Conclusions

The above shows that the issue of adapting the aviation industry to new technologies, in particular artificial intelligence (AI) and machine learning (ML), is quite relevant. Nevertheless, it is now extremely important to update the legal acts that regulate the use of immersive technologies, especially in safety-critical aviation systems, which, accordingly, requires the development of new certification standards to minimize the risks of using AI and ML in aviation.

It should also be emphasized that the application of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies offers great opportunities for aviation, transforming training programs for pilots, optimizing maintenance processes, and increasing the level of passenger safety. Their implementation accelerates production processes, reduces costs and improves productivity.

The prospects of using AR and VR to create an integrated technological environment that will improve interaction between process participants in the aviation industry, contribute to the generation of innovations, and reduce communication costs are also worthy of attention. AI, ML, AR, and VR technologies open up new opportunities for aviation, but their effective implementation requires modern legal regulation as well as adaptation of existing standards and procedures.

References

1. Kostenko, O., Furashev, V., Zhuravlov, D. & Dniprov, O. Genesis of Legal Regulation Web and the Model of the Electronic Jurisdiction of the Metaverse. *Bratislava Law Review*. 2022. Vol. 6(2). P. 21-36. URL: https://blr.flaw.uniba.sk/index.php/BLR/article/view/316
2. Abubakar, M., EriOluwa, O., Teyei, M., & Al-Turjman, F. AI Application in the Aviation Sector. *International Conference on Artificial Intelligence of Things and Crowdsensing (AIoTCs)*. 2022. P. 52-55. URL: https://www.researchgate.net/publication/370177151_AI_Application_in_the_Aviation_Sector
3. Nguyen, B., Sonnenfeld, N., Finkelstein, L., Alonso, A., Gomez, C., Duruaku, F., & Jentsch, F. Using AI Tools to Develop Training Materials for Aviation: Ethical, Technical, and Practical Concerns. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. (2023). Vol. 67. Issue 1. P. 1343 - 1349. URL: https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/21695067231192904
4. Huiying, Shuaia., Jiwen, Wang., Anqi, Wang., Ran, Zhang., Xin, Yang. Advances in Assuring Artificial Intelligence and Machine Learning Development Lifecycle and Their Applications in Aviation. 2023 5th International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST), 10.1109/IAECST60924.2023.10503086, 2023. 861-867.
5. Artificial Intelligence Methods and Applications in Aviation. 2023. 108-140. URL: https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/artificial-intelligence-and-aviation-0
6. Castán, J., Sanz, L., Fernández-Castellano, M., Radišić, T., Samardzic, K., & Tukaric, I. Learning Assurance Analysis for Further Certification Process of Machine Learning Techniques: Case-Study Air Traffic Conflict Detection Predictor.

Sensors (Basel, Switzerland). 2022. P. 22. URL: https://www.mdpi.com/1424-8220/22/19/7680.

7. Paul, S., Prince, D., Iyer, N., Durling, M., Visnevski, N., Meng, B., Varanasi, S., Siu, K., McMillan, C., & Meiners, M. Towards the Certification of Neural Networks using Overarching Properties: An Avionics Case Study. *IEEE/AIAA 42nd Digital Avionics Systems Conference (DASC).* 2023. 1-10. URL: https://doi.org/10.1109/DASC58513.2023.10311280.

8. Gupta, S., & Sandhane, R. Acceptance of AR/VR technology in aviation industry by passengers in terms of enhancing their travel experience. *CARDIOMETRY.* 2022. Issue 22. P. 364-370. URL: https://www.researchgate.net/publication/361383035_Acceptance_of_ARVR_technology_in_aviation_industry_by_passengers_in_terms_of_enhancing_their_travel_experience#fullTextFileContent

9. Frigo, M., Silva, E., & Barbosa, G. Augmented Reality in Aerospace Manufacturing: A Review. *Journal of Industrial and Intelligent Information*. March 2016 Vol. 4, No. 2. URL: https://www.researchgate.net/publication/297741952_Augmented_Reality_in_Aerospace_Manufacturing_A_Review 0.

10. Peinecke, N., & Ernst, J. VR and AR environments for virtual cockpit enhancements. *Degraded Environments: Sensing, Processing.* 2017. URL: https://www.researchgate.net/publication/312314955_VR_and_AR_Environments_for_Virtual_Cockpit_Enhancements

11. Liu, C., Tian, J., Wang, B., & Liu, X. Development of Civil Aviation Engine Virtual Simulation Teaching Platform Based on AR/VR. *IEEE 12th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT).* 2023. 368-372. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/10107866

12. Tan, Y., Xu, W., Li, S., & Chen, K. Augmented and Virtual Reality (AR/VR) for Education and Training in the AEC Industry. A Systematic Review of Research and Applications. *Buildings.* 2022. Vol. 12(10). P. 1529. URL: https://www.mdpi.com/2075-5309/12/10/1529

UDC 340:629.78:316.422.44 340:629.78:316.422.44

S.Ya. Lykhova, doctor of legal sciences, professor,
O.A. Panova doctor of legal sciences, professor
(National Aviation University, Ukraine)

From Startups to Leaders: How Commercial Projects are Transforming the Space Industry

Effective mechanisms for controlling the activities of private companies in space have been identified to avoid legal collisions and ensure compliance with ethical standards.

Commercial projects are fundamentally transforming the space industry by introducing innovations, flexibility, and dynamism that were previously unattainable for state programs. In particular, private companies are actively developing areas such as satellite launches, space tourism, research, and the development of new technologies for space exploration, significantly accelerating progress in the industry. These changes pose new challenges for legal regulation, as traditional legal frameworks designed for state players are not always suitable for managing commercial structures operating in a global and often international environment.

We have identified three areas that are currently the most commercially attractive and rapidly developing.

The first area where successful commercial projects are being implemented is telecommunications. The International Telecommunications Satellite Organization (INTELSAT) was established as an intergovernmental organization that launched the first commercial global satellite communication system in 1965. In 2001, INTELSAT was reorganized and became a private company. This process of privatization has also occurred with other telecommunications enterprises, including the European Telecommunications Satellite Organization (EUTELSAT) and the International Maritime Satellite Organization (INMARSAT). Thus, the commercialization of telecommunications services has existed for over 50 years and is an example of the successful development of commercial space activities.

The second area is remote sensing, which is also no longer monopolized by states. Even those state or semi-state organizations that own satellites provide data on a commercial basis. For example, the RapidEye satellite, owned and operated by Planet, was launched on August 29, 2008, along with a group of five identical satellites. The goal of RapidEye was to provide a range of Earth observation products and services to a global user community.

The third area is navigation, where space technologies like GPS and GLONASS, which were initially developed for military purposes, have long been successfully used in almost all areas of public life. For example, GPS is a space-based radio navigation system owned by the U.S. government and operated by the U.S. Air Force (USAF). It can accurately determine three-dimensional position to within a meter and time to within 10 nanoseconds worldwide and around the clock.

Thus, the use of space technologies in navigation also demonstrates the successful commercialization of space activities.

It is necessary to emphasize that space activities remain extremely costly, making the financing of space projects a constant issue. In light of this, the International Institute for the Unification of Private Law (UNIDROIT) [5], with the aim of modernizing and harmonizing private and commercial law, took the initiative to adopt an international convention on the financing of high-value mobile equipment. The Convention on International Interests in Mobile Equipment (Cape Town Convention) was adopted in 2001 and should be used in conjunction with protocols specific to certain types of equipment. According to the provisions of the Convention, the types of high-value equipment include aviation equipment, railway rolling stock, and space assets. The issues of financing space projects are outlined in the Protocol to the Convention, which was adopted in 2013. Thus, considering space equipment as high-value and recognizing that large funds are necessary for its acquisition, the aforementioned unified rules on financing and leasing were adopted for member states.

Therefore, efforts are being made at various levels (global, regional, national) to reduce the burden on state budgets and to maximize the use of other sources of funding whenever possible. A report by noted analyst Morgan Stanley predicts that the global space economy will reach $11 trillion by 2040, with the share of government spending in the global space economy decreasing from 25% to 17%. However, not all scientists and politicians share the view that intensive space exploration will bring great benefits to humanity. For example, in an interview published in the Harvard Business Review, O'Sullivan says that the space economy is thriving, but to talk about an $11 trillion economy, enormous resources must be spent, for example, on asteroid mining and the extraction of resources, not to mention interplanetary existence. In this way, he criticized Morgan Stanley's position.

We agree with Professor Larisa Soroka that both authors are correct. Morgan Stanley rightly pointed out the increase in the commercial sector's share of the space economy based on the development of satellite technologies, where the private sector shows the best results in the commercialization of space activities. O'Sullivan correctly notes that significant financial resources are needed for the commercial extraction of space resources, and therefore, this type of space activity cannot do without state support. Summarizing all the above, it is worth emphasizing that for the sustainable development of space activities, it is necessary to combine all available legal, financial, and organizational mechanisms and to use the opportunities of both the public and private sectors. Moreover, with the increasing number of countries joining the "Space Club," international space law is no longer able to fulfill its regulatory mission due to the diverse interests of countries in space activities. Especially since no conventions or treaties have been adopted under the auspices of the UN since 1979, only "soft" law documents have been adopted.

Thus, it can be stated that the legal regulation of commercial projects in the space sphere faces a number of contemporary challenges. Among them are the need to harmonize national legislations with international agreements, the protection of intellectual property, the regulation of private ownership of space resources, as well

as issues of security and liability in cases of space incidents. An important aspect is also the development of effective mechanisms for controlling the activities of private companies in space to avoid legal collisions and ensure compliance with ethical standards.

Conclusions. Thus, the commercialization of space requires a review and adaptation of legal norms to ensure balanced development of the space industry, where innovation and economic growth go hand in hand with international security and justice.

References

1. *INTELSAT* : веб-сайт. URL: http://www.intelsat.com (дата звернення: 04.09.2024).
2. Сорока Л. В. Адміністративно-правовий механізм реалізації Космічної доктрини України Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора юридичних наук за спеціальністю 12.00.07, Дніпро, 2020. 490 с.
3. RapidEye INSTRUMENTS. *ESA* : веб-сайт. URL: https://earth.esa.int/eogateway/missions/rapideye (дата звернення: 04.09.2024).
4. Manning, Catherine G. GPS. *National Aeronautics and Space Administration* : веб-сайт. URL: https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/gps (дата звернення: 04.09.2024).
5. *UNIDROIT* : веб-сайт. URL: https://www.unidroit.org/about-unidroit/overview (дата звернення: 04.09.2024).
6. Convention on International Interests in Mobile Equipment (2001). *UNIDROIT* : веб-сайт. URL: https://www.unidroit.org/instruments/security-interests/cape-town-convention (дата звернення: 04.09.2024).
7. Protocol to the Convention on International Interests in Mobile Equipment on Matters Specific to Space Assets (Berlin, 9 March 2012). *UNIDROIT* : веб-сайт. URL: https://www.unidroit.org/instruments/security-interests/space-protocol (дата звернення: 04.09.2024).
8. Stanley, Morgan. Space: Investment Implications of the Final Frontier. *Statista*, 2017, P. 13-14.
9. O'Sullivan, Sinéad. Understanding the Space Economy. *Harvard Business Review*. May 28, 2019. URL: https://hbr.org/podcast/2019/05/understanding-the-space-economy (дата звернення: 04.09.2024).

UDC 347.82

L.S. Netska, PhD, N.V. Zhmur, PhD.
(National Aviation University, Ukraine)

On the impact of legal regulation of remote pilots on aviation safety

The article deals with the issue of aviation safety in the context of professional activity of remote pilots of civil aviation. The gaps in the legal regulation of professional training of remote pilots, their liability, and aviation risk insurance are investigated.

Rapid technological progress in the creation and development of unmanned aircraft and their widespread use in various fields of activity have led to the need to introduce regulatory influence of legal norms on relations related to the use and maintenance of these new civil aviation objects. The question also arises about complex objects, such as unmanned aircraft systems, the legal status of which has already been reflected in the provisions of the Air Code of Ukraine (hereinafter - the ACU) [1].

The key entity that ensures the operation of an unmanned aerial vehicle (UAV) or unmanned aerial system (UAS) is a remote pilot. As defined in part 31-2 of Article 1 of the ACU, a remote pilot is an individual responsible for the safe flight of an UAV, who manually operates its controls or monitors the course of an autonomous flight of an UAV, while remaining able to intervene and change its course at any time.

A remote pilot is a subject of aviation activity, as according to part 97 of Article 1 of the ACU, a subject of aviation activity is an individual and legal entity, regardless of ownership, departmental subordination, that carry out activities in the field of civil aviation. Aviation entities directly carry out measures to ensure aviation safety and are responsible for it (part 8 of Article 10 of the ACU).

As provided for in Article 118 of the ACU, such entities are obliged to insure civil aviation risks. However, the mentioned Code does not define any obligation to ensure the risk of liability for damage caused to third parties for a remote pilot, which is a gap in the law. The Aviation Rules of Ukraine “Procedure and Conditions for Civil Aviation Risk Insurance” also do not stipulate any risk insurance obligations for remote pilots. Therefore, there is a necessity to improve the content of Article 118 of the ACU and to provide for the obligation to ensure aviation risk of a remote pilot and to make appropriate changes to aviation rules.

An UAV or UAS may be subject to acts of unlawful interference or may pose a threat to civil aviation safety by interfering with it. Remote pilots may be used for such purposes, and therefore clear rules on their liability, up to and including criminal liability, should be established. On the other hand, remote pilots can and should take actions to prevent acts of unlawful interference and obstruction. Therefore, a clear algorithm of actions is needed for them to take measures to protect themselves in such cases.

Part 2 of Art. 86 of the ACU stipulates that aviation entities, on the basis of the State Aviation Security Program for Civil Aviation, develop and regularly update their aviation security programs and take measures to protect civil aviation from acts

of unlawful interference. Therefore, a clear algorithm of actions is needed for them to undertake protection measures in such cases.

In terms of the safety of civil aviation's air traffic control systems, great importance is attached to the skills and abilities of the remote pilot.

Regarding to the state aviation, the requirements for the control of UAV were first defined in the Order of the Ministry of Defense of Ukraine of 08.12.2016 No. 661 [2]. In the meaning of this act, the control of an UAV is the actions of an external pilot (operator) of an UAS aimed at piloting, navigation, combat use and operation of the UAV. Order No. 661 also establishes qualification requirements for operators of an UAS. The basic qualification of an external pilot (operator) of an UAS consists of four basic qualification levels that meet the requirements of the International Civil Aviation Organization for manned aircraft and NATO standards for the training of external pilots (operators) of UAVs.

The question of the need to distinguish the profession of remote pilot in civil aviation and introduce a corresponding professional standard has arisen.

The Order of the Ministry of Economy of Ukraine No. 810-21 of 25.10.2021 amended the Classifier of Occupations DK 003:2010 of the National Classifier of Ukraine, resulting in the emergence of new professions: remote pilot of UAVs; remote commander of UAVs; remote pilot-test pilot of UAVs; remote pilot-instructor of UAVs [3]. Since then, the search for better standards for training in such professions has been ongoing.

The version of the professional standard for remote pilots of the UAV developed by the National Aviation University passed the approval procedure and was included in the Register of Qualifications on May 27, 2024. The occupation code is 3144 [4]. According to this standard, the professional qualification of a remote pilot is acquired by obtaining a bachelor's degree in the specialties of Air Transport, Aviation and Rocket and Space Engineering. It also sets out the competencies of a remote pilot. The professional qualification will be confirmed on the basis of the issued bachelor's degree and certificate. The diploma and certificate will include the type(s) and, if necessary, the maximum takeoff weight of the UAS piloted by the remote pilot. For this purpose, the classification of UAS types will be used, which will be approved by state aviation regulatory documents and structures that are responsible for regulating the flights of unmanned aircraft. This standard also provides for an additional condition for the admission of remote pilots of UAVs to flights - the availability of medical certificates (certificates) required for pilots of light aircraft.

The implementation of this standard requires qualified specialists to provide training for remote pilots of UAVs. To this end, the National Aviation University has developed and approved a professional standard for a remote pilot-instructor of an unmanned aircraft, which was approved and entered into the Register on 12.04.2024 [5]. It is the pilot-instructors who must provide theoretical, simulator and flight training for remote pilots of civilian unmanned aircraft. Similarly, the National Aviation University has proposed and submitted to the National Qualifications Agency a professional standard for a remote pilot-test pilot of an unmanned aircraft [6].

In Ukraine, there are hundreds of schools and several professional training centers for training external pilots. And the problem with this training is the variety

of programs and the lack of its regulatory framework. After all, neither the time for training, nor the basic disciplines, nor the requirements for competencies are defined.

The professional literature provides examples of how regulation can improve the training of remote pilots of UAS. In particular, it is stated that "the number of Japanese external UAV pilots increased 18-fold between 1993 and 2005 to approximately 14,000 after the entry into force of regulations on the use of UAVs in agriculture. In France, the initial regulation of the regulatory framework for the use of UAS led to an increase in the number of external pilots from 80 people in 2012 to more than 400 people in 2014" [7; 213].

International experience shows not only different approaches and content of training for external pilots and operators depending on the areas of application of an UAS, but also allows us to identify commonalities. For example, a comparison of training in the United Kingdom, the United States, and Canada shows that the training includes separate modules: airspace use, air navigation, meteorology, aircraft maintenance procedures, etc. [7; 209].

Taking into account the practice of training external pilots in state aviation and its bylaws, the experience of various domestic schools for training remote pilots, taking into account ICAO requirements and positive international experience, it seems that Ukraine has created sufficient prerequisites for the formation of legal requirements for the training of remote pilots for civil aviation.

Thus, the issue of legal regulation of the peculiarities and content of remote pilot training for civil aviation remains relevant. It seems quite logical to solve the problem by regulating the relevant requirements for such professional training at the level of aviation regulations and educational standards.

The draft law No. 3716 of 30.06.2021, which was adopted as a basis and is being prepared for the second reading, proposes to supplement Article 52 of the ACU with part four, which states that "the requirements for the competencies of a remote pilot, his training, retraining, confirmation/renewal and advanced training are established by the aviation rules of Ukraine. The requirements of this part do not apply to out-of-school education students and participants in sports events organized by the relevant sports federations" [8].

Although there are ongoing discussions around the legal regulation of remote pilot training, it seems that its implementation will help to increase the level of safety when using the UAV.

References

1. Air Code of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17#Text.

2. On Approval of the Rules of Flight Operations by Unmanned Aircraft Systems of the State Aviation of Ukraine: Order of the Ministry of Defense of Ukraine of 08.12.2016 No. 661. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0031-17#Text

3. On Approval of Amendment No. 10 to the National Classifier DK 003: 2010: Order of the Ministry of Economy of Ukraine of 25.10.2021. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/ilovepdf_merged.pdf

4. Professional standard. Remote pilot of an unmanned aircraft. URL: https: //register.nqa.gov.ua/uploads/0/622-profesijnij_standart_distancijnij_pilot_bezpilotnogo_povitranogo_sudna.pdf

5. Professional standard. Remote pilot-instructor of an unmanned aircraft. URL: https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/633-ps_distancijnij_pilot_instruktor_bezpilotnogo_povitranogo_sudna.pdf

6. Professional standard. Remote pilot-tester of an unmanned aircraft. URL: https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/634-ps_distancijnij_pilot_viprobuvac_bezpilotnogo_povitranogo_sudna.pdf

7. Bondar D.V., Gurnyk A.V., Lytovchenko A.O., Khyzhnyak V.V., Shevchenko V.L., Yadchenko D.M. Application of unmanned aerial systems in the field of civil protection: monograph. K. 2022. 312 c. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/0/7/9/0/0/2/ljQ2PLY10IvuTptkblpjCibdMBdVh3TutyE5LM9Z.pdf.

8. Draft Law of Ukraine "On Amendments to the Air Code of Ukraine on Improving Legislative Regulation in the Field of Unmanned Civil Aviation" of 30.06.2021 No. 3716. URL: https://ips.ligazakon.net/document/ji02489v?an=3&ed=2021_06_30

УДК 346.7:347.8

І. В. Поліщук
(Національний авіаційний університет, Україна)

Правова дерегуляція інвестування у сфері повітряних перевезень як спосіб поствоєнного відновлення авіаційної галузі України

Досліджено проблеми вдосконалення нормативно – правового регулювання процесів інвестування у сфері повітряних перевезень як спосіб поствоєнного відновлення авіаційної галузі України. Акцентовано увагу на необхідності модернізації правових механізмів дерегуляції залучення інвестицій для швидкого відновлення повітряних перевезень у поствоєнний період.

Авіація є складовою економічного успіху багатьох країн світу та привабливою сферою для інвестування. Залучення капіталовкладень у сферу цивільної авіації України наразі є важливою складовою стабілізації та відновлення галузі, яка опинилася у глибокій кризі, обумовленій повномасштабною військовою агресією росії проти України та закриттям повітряного простору України для польотів цивільних повітряних суден, що унеможливило операційну діяльність як українських, так і іноземних авіакомпаній. Гнучка адаптація та вдосконалення системи нормативно-правового регулювання у цій сфері безумовно сприятиме детермінації та подоланню кризових явищ, зумовлених впливом дестабілізуючих факторів від війни.

Особливої акцентуалізації уваги заслуговує при цьому проблема модернізації правових механізмів дерегуляції швидкого відновлення сфери повітряних перевезень, які виступають стратегічною складовою в умовах актуалізації інтеграційних і глобалізаційних процесів у країні. З метою вдосконалення державної структурно – галузевої політики у сфері повітряних перевезень, постає потреба дерегуляції існуючих конфронтаційних процесів приватно-правового та публічно-правового інтересів та визначення найбільш ефективних правових форм залучення інвестицій у сферу відновлення авіаційних перевезень.

Вцілому інвестиційне законодавство у сфері повітряних перевезень – «це певна система норм, що з одного боку регулюються державою, а в подальшому спеціальними суб'єктами, які взаємодіють в процесі провадження інвестування і господарської діяльності в галузі повітряних перевезень» [1, с.49]. Саме така взаємодія фізичних, юридичних осіб та держави з метою реалізації інвестицій законодавством визнається інвестиційною діяльністю [3, ст.2].

Наразі перед законодавцем стоїть завдання обрання оптимального засобу залучення інвестицій у сферу повітряних перевезень. При цьому важливо зосереджуватися не на державному секторі, а залучати інвестиційну іноземну фінансову допомогу, сприяти активній участі іноземного та вітчизняного бізнесу і громадянського суспільства. На думку І. В. Доденко, «жодний зі способів інвестування, класифікованих наразі вченими юристами не в повній мірі виповідає тим кризовим явищам, з якими стикалась Україна в період повномасштабного вторгнення, отже перед нами постає необхідність у пошуку

дотичних господарсько правових конструкцій, які б відповідали сутності здійснення інвестиційної діяльності» [1, с.131].

Зважаючи на кризовість ситуації в економіці країни та авіаційній галузі, вбачається доречним на законодавчому рівні приділити увагу впровадженню таких способів інвестування як укладання інвестиційних договорів особливого виду та розвитку інститутів спільного інвестування, які забезпечать надійність та безпеку капіталовкладень інвесторів, правильність використання їх коштів, взаємність інтересів сторін.

Модернізація та імплементація законодавства щодо інвестування має передбачати створення належної правової бази для стимулювання нових форм інвестування, визначення його нових правових засобів і заходів, які мають заохочувати інвестиційну діяльність, впровадження інноваційних інвестиційних стратегій. Наразі в Україні розроблений проєкт Плану з реалізації заходів для післявоєнного відновлення авіатранспортної галузі України [2], який передбачає декілька етапів:

1) Відновлення та розвиток аеропортової інфраструктури;
2) Лібералізація та недискримінаційне регулювання ринків авіаперевезень;
3) Відновлення надання послуг з аеронавігаційного забезпечення;
4) Виконання Угоди про спільний європейський авіаційний простір;
5) Підтримка галузі повітряного транспорту;
6) Збереження ефективного управління та підвищення транспортного потенціалу.

Кожний етап цього плану спрямований на створення стратегічної основи для успішного поствоєнного відновлення та сталого розвитку ринку повітряних перевезень в Україні. В цьому контексті «неможливо розглядати поствоєнний розвиток без загального вектору розвитку законодавчого забезпечення інвестування» [1, с.85]. Адже за прогнозами аналітиків, після отримання перемоги Україною, очікується, що країна стане однією з найпривабливіших у світі для інвесторів. І одними з найбільш привабливих для інвестиційних можливостей визнаються проєкти і у сфері авіаційної інфраструктури та перевезень. Ключовим фактором тут є вигідне географічне положення України, яке робить її важливим транспортним коридором. Окрім того, «країна визначається як одна з найбільш доступних та конкурентоспроможних за вартістю для розміщення бізнесу в Європі» [5, с.71]. Тому інвестування у відновлення України сприятиме її входженню до складу ЄС, що забезпечить доступ до європейського правового простору та спільного ринку авіаційних перевезень.

У контексті державного регулювання відновлення авіаційної галузі України залучення зовнішніх інвестицій є складною комплексною економічною та політичною задачею. Для підвищення інвестиційної привабливості авіатранспортної галузі, визначеної як пріоритетної, розглядається перспективна модель інвестування, орієнтована на створення сприятливих умов через державно-приватне партнерство, зокрема у формі концесій. Концесією є надання з метою задоволення громадських потреб уповноваженим органом виконавчої влади чи органом місцевого самоврядування на підставі концесійного договору на платній та строковій основі юридичній або фізичній особі (суб'єкту підприємницької діяльності) права на створення (будівництво) та (або) управління (експлуатацію) об'єкта концесії (строкове платне володіння), за умови

взяття суб'єктом підприємницької діяльності (концесіонером) на себе зобов'язань по створенню (будівництву) та (або) управлінню (експлуатації) об'єктом концесії, майнової відповідальності та можливого підприємницького ризику [4, ст.1]. Незважаючи на наявність законодавства, регулюючого на сьогодні концесійну діяльність у сфері авіатранспорту, діючі концесійні договори у цій сфері відсутні.

Вбачається також, що поліпшення інвестиційного клімату в авіатранспортній сфері «можливе і завдяки активному співробітництву з міжнародними організаціями, що сприяють залученню інвестицій країн – партнерів, …збільшенню інтересу іноземних інвесторів до інвестиційного потенціалу України» [5, с.74].

Зрозуміло, що повноцінне відновлення польотів та відновлення руху авіаперевізників у повітряному просторі України стане можливим лише після того, як буде дозволяти безпекова ситуація. Та наразі Державіаслужбою України вже розроблено інвестиційні плани, спрямовані на введення повітряних суден в експлуатацію та можливість повернення в Україну авіакомпаній з низькими тарифами протягом восьми тижнів після відкриття повітряного простору для польотів цивільної авіації.

Висновки. Отже, розуміючи актуальність швидкого відновлення авіаційної галузі України у поствоєнний період, констатуємо, що удосконалення правового регулювання інвестування у сфері повітряних перевезень сприятиме залученню коштів інвесторів та подоланню галуззю кризових явищ, зумовлених впливом дестабілізуючих факторів від війни. Оскільки на сьогодні не всі засоби інвестування відповідають таким кризовим явищам, вбачається необхідним на законодавчому рівні приділити увагу впровадженню нових способів інвестування, стимулюванню нових його форм, впровадженню інноваційних інвестиційних стратегій в галузі, що сприятиме в цілому підвищенню інвестиційного потенціалу України. З цією метою необхідно насамперед доопрацювати та затвердити план з реалізації заходів для відновлення авіаційної галузі України, визначити конкретні проєкти та стратегії, що забезпечать його впровадження.

Список літератури

1. Доденко І. В. Правове регулювання інвестування авіаційних (повітряних) перевезень. Дис-я на здобут. наук. ступ. д-ра філософії. Харків, 2023. 187 с.
2. Проєкт Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Відновлення та розбудова інфраструктури». Липень 2022. URL: kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/restoration-and-development-of-infrastructure.pdf
3. Про інвестиційну діяльність: Закон України від 18 вересня 1991 р. № 1560-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1560-12#Text
4. Про концесії : Закон України від 16 липня 1999 року № 997—XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/997-14#Text
5. Ходаченко Ю. О. Особливості іноземного інвестування відновлення та розвитку авіатранспорту України. К., 2023. 109 с.

УДК 342.56:35

Л. В. Сорока, доктор юридичних наук, професор
(Національний авіаційний університет, Україна)

Формування Космічної доктрини: глобальні тенденції та національні перспективи

У роботі висвітлено основні правові виклики щодо формування сучасної космічної політики та проаналізовано такий вид нормативно-правового акта у сфері космічної діяльності - Космічна доктрина. Проаналізовано роботи зарубіжних авторів, які звертають увагу на кризу стримування, яка виникла через застарілі підходи, та наголошують на необхідності перегляду регуляторних механізмів для забезпечення стійкого розвитку космічної діяльності. У роботі акцентовано на необхідності вивчення значення правової доктрини у контексті сучасного правотворення, підкреслено її роль як джерела права та важливого інструменту впорядкування суспільних відносин у сфері безпеки та оборони.

Підставою для виникнення Космічної доктрини як правового явища стало розширення кордонів після виходу людини в космос. Це поставило перед науковцями багато питань щодо пізнання природи права як особливого інструменту соціальної інженерії космічної діяльності, який є не тільки регулятором, а й головним механізмом управління при переході цивілізації до сталого майбутнього в умовах всеохопного проникнення космічних технологій і послуг у повсякденне життя людей. Зміна парадигми ставлення людства до можливостей освоєння космічного простору є основним фактором становлення нової Космічної доктрини. Адже в результаті глобальної наукової революції цей простір став загальним надбанням всього людства, всі країни світу мають рівне право вільно досліджувати, розвивати й використовувати космічний простір і його небесні тіла, а космічна діяльність в усіх країнах світу повинна сприяти економічному розвитку. Крім зазначеного, прогрес повинен сприяти безпеці, виживанню й розвитку людства, сприяти дружній співпраці (кооперації) народів усіх країн [1, с. 44].

Однак війна в Україні, ядерний шантаж Росії, активне освоювання космічного простору Китаєм, а також агресивна політика Ірану та Північної Кореї – поклали край надіям світового суспільства щодо сталого розвитку та миру. Космос став полем бою у боротьбі за контроль над життям на Землі.

Тому у сучасному геополітичному контексті посилення конкуренції за владу та загроз, ЄС вживає заходів для: захисту своїх космічних активів й інтересів, стримування ворожої діяльності в космосі, зміцнення своєї стратегічної позиції та автономії [2]. У 2022 році лідери ЄС визначили космос як стратегічний напрямок у Strategic Compass [3] та закликали до розробки Космічної стратегії безпеки та оборони ЄС.

Спроба врегулювати публічно-правові відносини через створення та прийняття відповідної галузевої доктрини не є сталою практикою для ЄС. Хоча в інших країнах вона використовується як джерело права достатньо давно. Так, в США, наприклад, Military Space Doctrine (1982) [4], а Joint Doctrine Publication (JDP) 0-40 та UK Space Power (First Edition) - є ключовими елементами космічної

доктрини Сполученого Королівства [5].

Автори фундаментального дослідження «Ескалація та стримування в другій космічній ері» Тодд Гаррісон, Зак Купер, Томас Г. Робертс і Кейтлін Джонсон провели аналіз військово-космічних доктрин США та прийшли до висновку, що зараз у нас друга космічна ера, отже, правове регулювання космічної діяльності на підставі нормативно-правових актів, що приймалися у 60-ті роки минулого століття, вже не відповідає сучасним вимогам. Також автори проаналізували звіт Центру стратегічних і міжнародних досліджень (аналітичного інституту у США) й висунули тезу про те, що у другій космічній ері наявна військово-космічна доктрина США стримування зазнала кризи [1; 6].

Дійсно, майже усі дослідження космічної доктрини зосереджувалися переважно на її військовому призначенні, не беручи до уваги її важливість для стійкого, інклюзивного та інноваційного розвитку космічної діяльності.

Дійсно у світовій практиці «доктрина» завжди асоціювалася з війною та була здебільшого військовим терміном, принаймні протягом 20-го століття [7]. Якщо проаналізувати наведені приклади космічних доктрин, стає очевидним, що майже всі існуючі наукові дослідження зосереджені на її військовому компоненті. Проте ця концепція залишається недостатньо вивченою. Доктрина безпеки й оборони не може, а скоріше не повинна бути універсальною для всіх. Навпаки, вона може слугувати як інструмент командування, освіти або змін.

Якщо звернутися до теорії права то вона оперує таким поняттям як «правова доктрина», вважливою складовою якої є оціночно-прогностичний компонент, що містить програмні положення рекомендаційно-орієнтуючого характеру й становить результат критичного аналізу практики державо- і правотворення [8]. Це питання спеціально вивчалося Mark Van Hoecke and François Ost [9, с. 197], які досліджували взаємозв'язок систематизації, тлумачення права та правової доктрини. За їх переконанням концептуальна основа, яка також є необхідним підґрунтям будь-якої правової норми, так само як і правової аргументації, формується правовою доктриною [1, с. 45].

Деякі науковці вважають, що основне завдання правової доктрини - це теоретичне обґрунтування нових ідей і концепцій, стратегічні напрями, які не потрібно фіксувати в будь-якому документі [8]. Але ми вважаємо, що основна цінність правової доктрини саме в її практичному застосуванні в житті суспільства, оскільки вона орієнтована на розв'язання практичних завдань в юридичній царині, тобто має практично значущий характер. Крім того, що правова доктрина являє собою систему теоретичних та науково обґрунтованих положень про право, які мають переконливу силу та прикладне значення, вона ще як джерело права повинна бути санкціонована державою у вигляді нормативно-правового акту [8].

Отже, доктрини-акти у сфері безпеки і оборони є джерелом права, вони санкціоновані державою, покликані врегулювати найважливіші суспільні відносини у зазначеній сфері, містять стратегічне бачення щодо врегулювання означених сфер і відносин в контексті сталого їхнього розвитку в довгостроковій перспективі, завжди приймаються вищими органами влади [8].

Єврокомісар Бретон, відкриваючи цьогорічну 16-ту Європейську космічну конференцію [10], визначив, що Європейський Союз стикнувся з

рядом викликів, що поставили під сумнів його лідерство у космічній сфері. На його думку, крім існуючих викликів, а також наявність 11 національних космічних законів, які створюють різноманітні космічні режими по всій Європі – все це негативно позначається на сталість та стійкість розвитку космічної діяльності. Тому він закликав розробити та прийняти консолідований акт – Космічний закон ЄС.

Таким чином, сучасний етап глобальних тенденцій характеризується більшої невизначеністю, меншою стабільністю та прозорістю, що впливають на космічну діяльність, це в свою чергу, породжують тривожні перспективи мирного міжнародного співіснування в космічній сфері. Загалом, зростання напруженості та зміни в балансі сил відроджують нову еру суперництва великих держав, яке поширюється і на космос. В першу чергу це виражається в розширенні військово-космічної діяльності. Ці всі зміни вимагають прийняття нових нормативно-правових актів, які встановить нові спільні стандарти та правила для Світового Співтовариств у сфері космічної діяльності.

Список літератури

1. Soroka, Larysa and Anna Danylenko. EU Space Doctrine – Sustainable Development or a New Arms Race. Advanced Space Law. 2023 - Volume – 13. P. 43-50. https://doi.org/10.29202/asl/13/4
2. EU Space Strategy for Security and Defence for a stronger and more resilient European Union. European Commission – 2023. URL: https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-space-strategy-security-and-defence_en
3. A Strategic Compass for Security and Defence. The Diplomatic Service of the European Union – 2022. URL: https://www.eeas.europa.eu/eeas/strategic-compass-security-and-defence-1_en
4. Document I-18: Department of the Air Force, Air Force Manual (AFM) 1-6, 'Military Space Doctrine,' 15 October 1982," in Spires, Orbital Futures, 68.
5. Guidance UK Space Power (JDP 0-40). Ministry of Defence UK – 2022. URL: https://www.gov.uk/government/publications/uk-space-power-jdp-0-40
6. Harrison, Todd, Zack Cooper, Kaitlyn Johnson, Thomas G. Roberts. Escalation and Deterrence in the Second Space AGE. Center for Strategic & International Studies – 2017. URL: https://www.csis.org/analysis/escalation-and-deterrence-second-space-age
7. Høiback, Harald. What is Doctrine? Journal of Strategic Studies. 2011 - Volume - 34, Issue – 6. P. 879-900. https://doi.org/10.1080/01402390.2011.561104
8. Сорока Л. В. Адміністративно-правовий механізм реалізації Космічної доктрини України Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора юридичних наук за спеціальністю 12.00.07, Дніпро, 2020. 490 с. URL: https://dduvs.edu.ua/naukova-diyalnist/spetsializovani-vcheni-radi/ogoloshennya-pro-zahist-disertatsij/sorokalv/
9. Van Hoecke, Mark, and François Ost. Legal doctrine in crisis: Towards a European legal science. Legal Studies – 1998 - Vol. - 12, P. - 197-215.
10. Speech by Commissioner Breton - EU Space: the Top 5 Priorities for 2024 and beyond. European Commission - 2024. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech_24_368

УДК 347,8

В.М. Чернега, доктор юридичних наук, професор
(Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана,
Національний авіаційний університет, Україна)

Трансформація правового забезпечення безпеки космічної діяльності

Публікацію присвячено трансформації правового забезпечення безпеки космічної діяльності. Окреслено розвиток законодавчих приписів про: державний нагляд за безпекою космічної діяльності; безпеку населення та охорону довкілля; охорону космічної техніки та майна суб'єктів космічної діяльності; сповіщення про інциденти та надзвичайні події. Акцентовано увагу вчених у галузі права на доцільності студіювання страхування ризиків під час здійснення космічної діяльності в Україні, а також відповідальності за шкоду, завдану під час космічної діяльності.

У розділі 10 Закону України «Про космічну діяльність» фігурує низка приписів про забезпечення безпеки космічної діяльності, що багато разів оновлювалася. Однак спеціальних наукових розвідок, що спрямовувалися б на окреслення трансформації правового забезпечення безпеки космічної діяльності досі бракує.

Щонайперше треба зазначити, що згідно зі ст. 20 Закону України «Про космічну діяльність» [6], приписи якої двічі модернізувалися (відповідно до законів України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо діяльності Міністерства юстиції України, Міністерства культури України, інших центральних органів виконавчої влади, діяльність яких спрямовується та координується через відповідних міністрів, а також Державного космічного агентства України» від 16 жовтня 2012 року [3], «Про внесення змін до деяких законів України щодо державного регулювання космічної діяльності» від 2 жовтня 2019 року[2]), державний нагляд за дотриманням вимог безпеки космічної діяльності, а також навчання та атестація осіб, які контролюють дотримання космічних правил і наявність необхідного рівня безпеки космічної діяльності, а також осіб, які розслідують інциденти та надзвичайні події, покладається на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування і реалізує державну політику у сфері космічної діяльності, Міністерство оборони України та інші органи виконавчої влади відповідно до їхньої компетенції.

Цікавим також є питання про безпеку населення та охорона довкілля. Приписи ст. 22 Закону України «Охорона космічної техніки та майна суб'єктів космічної діяльності» чотири рази змінювалися за волею українського законодавця: відповідно до законів України «Про внесення змін до Закону України «Про космічну діяльність»» від 9 грудня 2011 року [5]; «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо діяльності Міністерства юстиції України, Міністерства культури України, інших центральних органів виконавчої влади, діяльність яких спрямовується та координується через відповідних міністрів, а також Державного космічного агентства України» від 16

жовтня 2012 року [3]; «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у зв'язку з прийняттям Закону України «Про Національну поліцію»» від 23 грудня 2015 року [4]; «Про внесення змін до деяких законів України щодо державного регулювання космічної діяльності» від 2 жовтня 2019 року [2]. У процесі космічної діяльності суб'єкти космічної діяльності, якими згідно з абз. 4 ст. 1 Закону України «Про космічну діяльність» є підприємства, установи та організації будь-якої форми власності та організаційно-правової форми, в тому числі міжнародні та іноземні, які здійснюють космічну діяльність, мають дотримуватися вимог безпеки щодо життя та здоров'я населення, майна громадян, підприємств, установ, організацій і довкілля. Вони згідно з ч. 2 ст. 21 згаданого законодавчого акта забезпечують вжиття необхідних заходів щодо запобігання екологічним збиткам від космічної діяльності згідно з чинним законодавством України.

Важливе значення має охорона космічної техніки та майна суб'єктів космічної діяльності. Так, охорона космічної техніки під час виробництва, випробування, транспортування і експлуатації на поверхні Землі та майна суб'єктів космічної діяльності забезпечується згідно із законодавством (ч. 1 ст. 22 Закону України «Про космічну діяльність»).

Відповідно до ч. 2 ст. 22 Закону України «Про космічну діяльність» під час транспортування космічної техніки, що становить загрозу для життя та здоров'я людей або довкілля, використовується спеціальний транспорт під охороною у порядку, затвердженому центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування і реалізує державну політику у сфері космічної діяльності, за погодженням з центральним органом виконавчої влади в галузі транспорту та центральним органом управління Національної поліції.

На підприємствах, що належать до сфери управління центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування і реалізує державну політику у сфері космічної діяльності, за погодженням з центральним органом управління Національної поліції можуть утворюватися підрозділи відомчої воєнізованої охорони, працівники яких під час виконання службових обов'язків мають право користуватися вогнепальною зброєю та спеціальними засобами в порядку і відповідно до вимог, встановлених законодавством (ч. 3 ст. 22 Закону України «Про космічну діяльність»).

Згідно з ч. 4 ст. 22 Закону України «Про космічну діяльність» центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування і реалізує державну політику у сфері космічної діяльності, за погодженням з центральним органом управління Національної поліції затверджує положення про відомчу воєнізовану охорону та здійснює контроль за діяльністю її підрозділів. Ідеться про Положення про відомчу воєнізовану охорону підприємств, що належать до сфери управління Державного космічного агентства України, що відповідно до його п. 1.1 визначає засади створення, керівництва, комплектування відомчої воєнізованої охорони підприємств, що належать до сфери управління Державного космічного агентства України, права, обов'язки працівників відомчої воєнізованої охорони, порядок здійснення охорони об'єктів та майна, що перебувають під охороною підрозділів відомчої воєнізованої охорони [1].

Таким, що вимагає уваги, є питання про сповіщення про інциденти та надзвичайні події. Суб'єкти космічної діяльності в обов'язковому порядку мають подавати повну інформацію органам виконавчої влади про будь-які інциденти та надзвичайні події (ч. 1 ст. 23 Закону України «Про космічну діяльність»).

Український законодавець установлює, що центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері космічної діяльності, міністерства та інші центральні органи виконавчої влади повинні подавати своєчасну та достовірну інформацію про небезпеку, яка виникає при здійсненні космічної діяльності, а також про заходи щодо створення необхідних умов безпеки для населення, майна та довкілля уповноваженому державному органу, підприємствам, установам та організаціям, а також громадянам на їхню вимогу. Наведені приписи двічі оновлювалися згідно із законами України: «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо діяльності Міністерства юстиції України, Міністерства культури України, інших центральних органів виконавчої влади, діяльність яких спрямовується та координується через відповідних міністрів, а також Державного космічного агентства України» від 16 жовтня 2012 року [3]; «Про внесення змін до деяких законів України щодо державного регулювання космічної діяльності» від 2 жовтня 2019 року [2].

Відповідно до ч. 3 ст. 23 Закону України «Про космічну діяльність» у разі виникнення загрози під час здійснення космічної діяльності для населення та довкілля України чи іноземних держав центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері космічної діяльності негайно інформує про це відповідні державні органи України згідно з чинним законодавством, а також вживає необхідних заходів щодо забезпечення безпеки населення, майна громадян, підприємств, установ і організацій та довкілля. Наведене правило змінено на підставі Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо діяльності Міністерства юстиції України, Міністерства культури України, інших центральних органів виконавчої влади, діяльність яких спрямовується та координується через відповідних міністрів, а також Державного космічного агентства України» від 16 жовтня 2012 року [3].

Висновки. Аналіз законодавчих приписів підтверджує, що правове забезпечення безпеки космічної діяльності істотно змінилося.

У майбутніх наукових розвідках не можна залишити без уваги питання про страхування ризиків під час здійснення космічної діяльності в Україні, його порядок та умови, якого можуть визначатися центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері космічної діяльності, за погодженням з Національним банком України.

Перспективно також студіювати питання про відповідальність за шкоду, завдану під час космічної діяльності.

Список літератури

1. Положення про відомчу воєнізовану охорону підприємств, що належать до сфери управління Державного космічного агентства України, затверджене Наказом Державного космічного

агентства України 20.07.2012 №281. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1355-12#n14

2. Про внесення змін до деяких законів України щодо державного регулювання космічної діяльності: Закон України від 2.10.2019 № 143-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/143-20#n104

3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо діяльності Міністерства юстиції України, Міністерства культури України, інших центральних органів виконавчої влади, діяльність яких спрямовується та координується через відповідних міністрів, а також Державного космічного агентства України: Закон України від 16.10.2012 №5461-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5461-17#n158

4. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України у зв'язку з прийняттям Закону України «Про Національну поліцію»»: Закон України від 23.12.2015 №901-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/901-19#n344

5. Про внесення змін до Закону України «Про космічну діяльність»: Закон України від 9.12.2011 №4102-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4102-17#Text

6. Про космічну діяльність: Закон України від 15.11.1996 № 502/96-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/502/96-%D0%B2%D1%80#Text

УДК 341.241

Л.І. Чулінда,
кандидат юридичних наук, доцент,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Роль сертифікації у відновленні аеропортової інфраструктури України

Обґрунтовано, що сертифікація аеропортової інфраструктури державами відповідно до стандартів ІСАО має виняткове значення для забезпечення безпечного розвитку міжнародного повітряного сполучення. У результаті сертифікації аеропорт отримує документ, що підтверджує відповідність сертифікаційним вимогам, тобто сукупності технічних та організаційних вимог, виконання яких є необхідною умовою забезпечення безпеки польотів.

Повітряний простір України та всі аеропорти країни були закриті для літаків цивільної авіації вночі 24 лютого 2022 року в день широкомасштабного вторгнення Росії в Україну. Під час воєнного стану, у найтяжчих умовах, органи цивільної авіації України продовжують працювати та виконувати свої обов'язки. Для того, щоб аеропорти України відновили авіасполучення після перемоги, вони повинні мати відповідні дозвільні документи на початок роботи.

Максимальна безпека повітряного простору є найважливішою умовою експлуатації аеропортів цивільної авіації. Відповідність міжнародним вимогам і системі сертифікації надійності залежить від технічного обладнання аеропортів, зокрема, управління та організації діяльності, пов'язаної з експлуатацією аеропортів. У результаті сертифікації аеропорт отримує документ, що підтверджує відповідність сертифікаційним вимогам, тобто сукупності технічних та організаційних вимог, виконання яких є необхідною умовою забезпечення безпеки польотів.

Загальні вимоги до забезпечення міжнародних повітряних перевезень та норми про визначення на розсуд держав-членів аеропортів, що обслуговують міжнародні авіарейси, містяться у главі XV Конвенції про міжнародну цивільну авіацію 1944 року [1]. Положення статті 69 передбачають можливість надання допомоги Радою ІСАО договірним державам для розвитку аеропортової інфраструктури. У разі визнання Радою ІСАО, що аеропорти або інші аеронавігаційні засоби договірної держави недостатньо відповідають вимогам безпечної, регулярної, ефективної та економічної експлуатації міжнародних повітряних сполучень, як існуючих, так і планових, Рада ІСАО консультується з цією та іншими зацікавленими державами з метою надання рекомендацій щодо виправлення цієї ситуації.

У Главі VI Конвенції про міжнародну цивільну авіацію сформульовані вимоги щодо міжнародних стандартів і рекомендованої практики [1], які конкретизуються у 19 Додатках до Конвенції. Зокрема, у Додатку 14 «Аеродроми» сформульовані стандарти та рекомендації відносно технічних та фізичних характеристик аеропортів, їх складових підрозділів та необхідного аеронавігаційного обладнання [2]. Додаток 14 уточнює, що сертифікація аеродромів державами відповідно до стандартів ІСАО має ключове значення

для забезпечення безпечного розвитку міжнародного повітряного сполучення, а також для забезпечення можливості держав мати доступ до переваг сталого розвитку, пов'язаних із участю у глобальній мережі польотів. Стандарти і рекомендована практика ІСАО враховує потреби держав-членів і недержавних організацій. Застосування найкращих технологічних досягнень, дотримання стандартів та рекомендованої практики ІСАО є основними факторами, які керівництво кожного аеропорту прагне взяти до уваги у своїй діяльності. Отримуючи необхідні документи, аеропорт підтверджує відповідність сертифікаційним вимогам, виконання яких забезпечує безпеку польотів.

У Додатку 14 містяться положення про планування, проєктування, експлуатацію, технічні та фізичні характеристики аеропортів, об'єктів в аеропортах (ширина, ухил поверхні, відстань між об'єктами), повітряний простір аеропортів; закріплені вимоги стосовно аеропортового й аеронавігаційного обладнання, візуальних аеронавігаційних засобів (вказівники, сигнальні пристрої, маркування, вогні, знаки, маркери), технічного обслуговування аеропортів, аеродромних експлуатаційних служб, обладнання й установок; функціонування й оснащення аварійно-рятувальної та протипожежної служби, а також збору і надання необхідної інформації, зокрема відомостей про різні ділянки аеропорту, міцність твердих покриттів, стан поверхні злітно-посадкової смуги, стан аварійно-рятувальної та протипожежної служб аеропорту [2].

ІСАО постійно удосконалює стандарти і рекомендації до сертифікації аеропортів, зокрема, важливим є Документ 9774 «Посібник із сертифікації аеродромів» [3], який містить інструктивний та інформаційний матеріал. Мета рекомендацій полягає в наданні вказівок державам, які розробляють національні норми сертифікації сухопутних аеродромів. Передбачається, що створення національної нормативної бази забезпечуватиме відповідність засобів, обладнання та експлуатаційних процедур на сертифікованих аеродромах Стандартам і Рекомендованій практиці та будь-яким національним стандартам та практиці. Крім того, у цьому посібнику представлені інструктивні вказівки щодо процедур сертифікації аеродромів, а також подальшого дотримання вимог та забезпечення виконання експлуатантом аеродрому своїх обов'язків.

Держава може обмежувати сертифікаційні вимоги, поширюючи їх дію на експлуатацію тільки певних аеродромів, враховуючи такі фактори, як максимальна кількість пасажирських крісел в літаках, що обслуговуються даним аеродромом, або максимальна злітна вага літаків, види виконаних на аеродромі польотів (регулярні або нерегулярні), а також, чи відкритий аеродром для використання в нічних умовах. Відповідальність за забезпечення безпеки польотів на всіх аеродромах несе держава, яка розробляє національне авіаційне законодавство відповідно до стандартів і рекомендацій ІСАО.

Імплементація Україною вимог про сертифікацію аеродромів до національного законодавства буде гарантувати, що експлуатанти аеродромів виконують свої обов'язки відповідно до положень та умов сертифікаційного документа аеродрому. Так, вимоги та порядок сертифікації цивільних аеропортів викладені в Правилах сертифікації цивільних аеродромів України

[4]. Сертифікація аеродрому є необхідною умовою початку експлуатації аеродрому, оскільки виконання технічних і організаційних вимог експлуатантом аеродрому є необхідною умовою забезпечення безпеки польотів.

Міжнародна рада аеропортів (ACI) (Airports Council International) була створена для обміну досвідом у вирішенні проблем, пов'язаних з функціонуванням аеропортів, займається питаннями розширення співробітництва міжнародних цивільних аеропортів планети; формуванням позиції щодо питань, які цікавлять усіх учасників і колективне відстоювання інтересів; створення спільної концепції для забезпечення технічної, екологічної, економічної безпеки повітряного транспорту, пасажирів, екіпажу, безпеки [5]. Україна набула членство у 2014 році. ACI надає програми акредитації для аеропортів-членів у всьому світі, розроблені за підтримки експертів міжнародних організацій, консультантів та державних установ. Аеропорти-учасники супроводжуються під час процесу акредитації та підтримуються, щоб усунути потенційні прогалини та досягти досконалості найбільш рентабельним та ефективним способом. Процес акредитації ACI передбачає, що аеропорт проводить самооцінку, надає повну анкету та докази спочатку для підтвердження онлайн. ACI проводить онлайн-інтерв'ю для обговорення наданої інформації. У результаті надається акредитація або даються індивідуальні рекомендації з урахуванням особливостей кожного аеропорту. Після закінчення строку дії аеропорти можуть поновити свою акредитацію, повторивши процес.

Безпека та захист аеропортової діяльності відбувається через впровадження нових технологій і процесів для підвищення стандартів безпеки та операційних процедур. Ефективні заходи безпеки в аеропортах залежать від наявності й аналізу інформації з аеропортів усього світу. Інформація допомагає визначити пріоритетні сфери, виявити прогалини та вразливі місця та сприяти безпеці в аеропортах. Відповідно до процесу акредитації ACI зі збору даних про безпеку члени аеропорту повинні надавати інформацію про безпеку через централізовану конфіденційну базу даних, щоб допомогти розробити заходи безпеки в аеропортах у всьому світі.

Експерти зазначають, що допомога ICAO у сфері сертифікації аеродромів спрямована на розбудову спроможності та впровадження сертифікації аеродромів у всьому світі, і в першу чергу включає допомогу державам у перенесенні положень ICAO у їхні національні правила, проведенні аналізу прогалин та вирішенні операційних проблем, виявлених у процесі сертифікації [6].

Важливу роль відіграє Агентство Європейського Союзу з авіаційної безпеки (EASA), до якого входять усі держави-члени ЄС, оскільки має право видавати загальні стандарти, що гарантують самий високий рівень безпеки, здійснювати нагляд за їх уніфікованим застосуванням у Європі і просувати ці стандарти на міжнародному рівні. Відповідно до своїх повноважень EASA розробляє стандартизовані, всеосяжні та обов'язкові правила, що стосуються проєктування аеропорту, його роботи та обладнання на основі Додатку 14 «Аеродроми», Том I Проєктування та експлуатація аеродромів. Цей набір стандартів і рекомендацій представляє міжнародні норми, засновані на

документах ІСАО [7]. Держави-учасники підтримують безпеку повітряного транспорту, сприяють співпраці між державами через надання рекомендацій щодо економічної політики, впровадження відповідних заходів, створення потрібних нормативно-правових актів [8].

Державна авіаційна служба України розробляє, приймає та впроваджує авіаційні правила України, здійснює роботу з приведення законодавства України у сфері цивільної авіації у відповідність до директив та регламентів ЄС. Державна авіаційна служба України надає інформацію про суб'єкти комерційного обслуговування та аеропортові служби, які мають Сертифікат відповідності або знаходяться в процесі сертифікації [9]. Для того, щоб аеропорти України відновили авіасполучення, вони повинні мати відповідні дозвільні документи на початок роботи. Так, аеропорти України повинні мати відповідні сертифікати, документи про можливість запуску регулярних рейсів на територію ЄС; приведення у відповідність до вимог світлосигнальної системи, злітних смуг та інших елементів інфраструктури, які поки що не готові приймати регулярні рейси. Усі аеропорти України працюють над виконанням вимог сертифікації. Для виконання комплексу заходів залучені державні органи України, найкращі фахівці за напрямом приватної пасажирської і вантажної авіації для консалтингу й оптимізації роботи летовища тощо. Елементи інфраструктури аеропортів працюють за правилами воєнного стану.

Державна авіаційна служба України прийняла для застосування вимоги до сертифікації [10], визначені для суб'єктів цивільної авіаційної діяльності України. Україна зацікавлена в сертифікації своєї авіаційної техніки за стандартами ІСАО, є однією з небагатьох країн світу, яка має власну авіабудівну індустрію, виготовляє літаки та авіадвигуни. У сфері організації безпеки повітряного руху Україну можна вважати повноцінно інтегрованою в ЄС технічно, організаційно та юридично з моменту отримання сертифікації Агентства Європейського Союзу з безпеки польотів (EASA) у 2019 році. З метою набуття Україною повноправного членства в Європейському Союзі важливою є адаптація законодавства України, що передбачає реформування її правової системи та поступове приведення у відповідність із європейськими стандартами, зокрема у сфері сертифікації аеропортів.

За попередніми підрахунками експертів відновлення авіаційної інфраструктури України та персоналу буде коштувати понад $10 млрд. Масштаби всіх руйнувань неможливо оцінити через постійні обстріли. Окрім інфраструктурних пошкоджень, наприклад, в аеропорту Херсона, є ще одна проблема – територія аеропорту, яка становить понад 300 га, повністю замінована. Одне обстеження аеропорту, за підрахунками Kyiv School of Economics (KSE), коштує приблизно 0,5 млн грн [11].

У кінці 2023 року Міжнародний аеропорт «Бориспіль», найбільший аеропорт України, отримав сертифікат Primary Award від Chartered Institute of Procurement & Supply (CIPS), найбільшої професійної організації з управління закупівлями та постачанням у світі за свою систему закупівель на відповідність світовим стандартам CIPS [12]. Цей сертифікат підтверджує прозору, ефективну та орієнтовану на етичні норми систему закупівель аеропорту. Це важливий крок до майбутнього сталого розвитку Міжнародного аеропорту «Бориспіль» у

контексті відновлення, сертифікат підтверджує, що система закупівель підприємства працює на високому рівні стандартів для всіх партнерів, державних та міжнародних фінансових установ, інвесторів. В аеропорту впроваджена система комплаєнсу для відповідності міжнародним стандартам, розроблено нові стратегії закупівель, впроваджено антикорупційні заходи.

Висновки

Отже, на сучасному етапі розвитку цивільної авіації основні універсальні правові вимоги до діяльності міжнародних аеропортів сконцентровано в Чиказькій конвенції 1944 р., а стандарти та рекомендована практика викладені в Додатку 14 до Конвенції, Посібнику із сертифікації аеродромів, регламентах і директивах ЄС щодо аеропортової діяльності. Урахування цього досвіду у співпраці України з міжнародними та європейськими організаціями цивільної авіації у сфері сертифікації аеропортів буде сприяти реалізації планів активізації співробітництва України та ЄС в авіаційній сфері, а також відновленню можливостей нашої держави для безпеки польотів цивільної авіації. Інфраструктура аеропорту потребує постійної уваги, важливою є реалізація комплексу заходів для відновлення експлуатаційно-технічної придатності аеропорту, терміналів, енергосистем та водопостачання, ІТ-систем, ліфтів, парковок, усього спецобладнання та техніки. Подальші дослідження потребують створення сучасної та універсальної системи сертифікації аеропортів, яка може безперебійно працювати в різних умовах і відповідати інноваційним змінам авіаційних технологій.

Список літератури

1.Конвенція про міжнародну цивільну авіацію 1944 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_038

2. Annex 14 «Aerodromes» to the Convention on International Civil Aviation.1951. URL: https://www.icao.int/APAC/Meetings/2015%20WAWG1/an14_1ed_1951.pdf

3. Doc 9774 (2021). MANUAL ON CERTIFICATION OF AERODROMES. URL: https://www.academia.edu/39816902/ICAO_DOC_9774_MANUAL_ON_CERTIFICATION_OF_AERODROMES_1_

4. Державна авіаційна служба України. Про затвердження Авіаційних правил України «Правила сертифікації цивільних аеродромів України». 2021. URL: https://avia.gov.ua/ekspluatantam-aerodromov-shho

5.Airports Council International. URL: https://aci.aero

6. Avner Shilo. Aerodrome Certification: key to safe and efficient aerodrome operations. URL: https://unitingaviation.com/news/safety/aerodrome-certification-a-key-to-safe-and-efficient-aerodrome-operations/

7. EASA. European Union Aviation Safety Agency. URL: https://www.easa.europa.eu

8. Чулінда Л.І. Вплив рішень 41-Ї Асамблеї ІСАО на розвиток цивільної авіації. Юридичний вісник «Повітряне і космічне право». 2023. №1. С.17-23. URL: http://www.law.nau.edu.ua/uk/nauka/4445--1-66-2023

8. Державна авіаційна служба України. Суб'єкти комерційного обслуговування та служби аеропортів, які мають сертифікат відповідності або перебувають у процесі сертифікації. 2023. URL: https://avia.gov.ua/npd/sub-yekty-

komertsijnogo-obslugovuvannya-ta-aeroportovi-sluzhby-yaki-mayut-sertyfikat-vidpovidnosti-abo-znahodyatsya-v-protsesi-sertyfikatsiyi
9. Державна авіаційна служба України. Державіаслужба прийняла до застосування вимоги до сертифікації згідно з процедурами APU 21 (Part-21), що діють в Європейській авіаційній безпеці. 2023. URL: https://avia.gov.ua/derzhaviasluzhba-prijnyala-dlya-zastosuvannya-vimogi-dlya-sertifikatsiyi-za-protsedurami-apu-21-part-21-certification-specifications-ss-diyuchi-v-yevropejskomu-agentstvi-z-bezpeki-polotiv-european-uni/
10. Державна авіаційна служба України. 19 аеродромів. Скільки коштує відновлення авіаційної інфраструктури України. URL: https://biz.liga.net/ua/all/transport/article/skolko-stoit-vosstanovlenie-aviatsionnoy-infrastruktury-ukrainy
11. Київська школа економіки KSE. 2023. URL: https://kse.ua/ua/russia-will-pay/
12. Кабінет Міністрів України. Міжнародний аеропорт «Бориспіль» отримав сертифікат відповідності Primary Award від Британського інституту закупівель CIPS. 2023. URL: https://mtu.gov.ua/news/35025.html

УДК 629.7:614.84:004.9

С.В. Петренко, С.О. Редько, Н.В. Гурська
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Забезпечення пожежної безпеки у авіаційній галузі

Забезпечення пожежної безпеки в авіаційній галузі є критично важливим аспектом, що впливає на безпеку особового складу та інфраструктуру. Розглянуто причини забезпечення пожежної безпеки в авіаційній галузі. Запропоновано покращення захисного одягу пожежно-рятувального підрозділу.

Забезпечення пожежної безпеки в авіаційній галузі є критично важливим аспектом, що впливає на безпеку польотів. Актуальною проблемою сучасності в авіаційній галузі є розробка та впровадження якісних методів боротьби з пожежами на борту літаків та в аеропортах. У сучасному світі, де інтенсивність авіаперевезень постійно зростає, збільшується і кількість потенційних ризиків, пов'язаних з виникненням пожеж. Це вимагає не лише покращення існуючих норм і стандартів, але й розробки нових підходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки пасажирів, екіпажу та авіаційної інфраструктури.

З кожним роком технології стають все більш складними, і разом з ними зростає важливість удосконалення систем пожежогасіння та виявлення пожеж. Сучасні літаки обладнані складними електронними системами, паливними баками великої ємності та іншими компонентами, що потребують спеціалізованих рішень для ефективного контролю над вогнем. Крім того, пожежна безпека в аеропортах також потребує значної уваги, оскільки ці об’єкти є ключовими вузлами авіаційної інфраструктури.

Розробка нових методів боротьби з пожежами включає в себе не тільки вдосконалення технічних засобів, але й проведення навчань та тренувань для особового складу, який працює в умовах підвищеної небезпеки. Таким чином, запровадження інноваційних рішень та вдосконалення існуючих стандартів є необхідним кроком для забезпечення максимальної безпеки в авіаційній галузі.

Причини забезпечення пожежної безпеки у Повітряних Силах Збройних Сил України

Повітряні Сили Збройних Сил України — один з головних носіїв бойового потенціалу. Цей високоманевровий вид Збройних Сил призначений, спільно з військами Протиповітряної оборони, для охорони повітряного простору держави, ураження з повітря об'єктів противника, авіаційної підтримки власних військ (сил), висадки повітряних десантів, повітряного перевезення військ і матеріальних засобів та ведення повітряної розвідки.

Основні завдання Повітряних Сил Збройних Сил України:

– завоювання переваги у повітрі;

– прикриття угруповань військ і об'єктів від ударів противника з повітря;

– авіаційна підтримка Сухопутних військ та забезпечення бойових дій Військово-Морських Сил зрив маневру військ противника та його перевезень;

– висадка повітряних десантів та боротьба з десантами противника на землі і у повітрі;

– ведення повітряної розвідки;

– здійснення повітряних перевезень своїх військ і матеріальних засобів;

– руйнування та знищення військових, військово-промислових, енергетичних об'єктів, вузлів і комунікацій противника.

Основними причинами пожеж у Повітряних Силах Збройних Сил України є технічні несправності авіаційної техніки, недотримання правил експлуатації та технічного обслуговування, людський фактор, порушення правил зберігання та транспортування пально-мастильних матеріалів, а також вплив зовнішніх факторів, таких як обстріли.

Забезпечення пожежної безпеки на вимагає відповідального підходу та дотримання ряду важливих заходів. Особовий склад повинен бути добре ознайомлений з правилами пожежної безпеки, а регулярні навчання пожежно-рятувальних підрозділів є обов'язковими. Контроль за технічним обладнанням, електричними системами та іншими матеріалами необхідний для запобігання пожежам. У лабораторіях та робочих приміщеннях слід дотримуватися правил пожежної безпеки при зберіганні хімічних речовин, обладнання та інструментів.

Покращення захисного одягу пожежно-рятувального підрозділу

Під час воєнного стану військові об'єкти, можуть бути піддані ракетно-бомбовим ударам та ударам безпілотників, що може спричинити значні пожежі та пошкодження об'єктів.

Під час ліквідації надзвичайних ситуацій особовий склад пожежно-рятувального підрозділу працює у небезпечних умовах, а саме після ракетно-бомбових ударів відбувається гасіння об'єктів, які супроводжуються серйозними небезпечними факторами для життя та здоров'я особового складу пожежно-рятувального підрозділу через хаотичний та швидкий розліт різних за діаметром фрагментів внаслідок детонації боєприпасів. Також, завжди є загроза повторного застосування ракетно-бомбових ударів.

Для захисту пожежних від небезпечних факторів пожежі використовується захисний одяг. Захисний одяг пожежника – спеціальний одяг, призначений для захисту тіла особового складу від впливу небезпечних факторів пожежі та вогнегасних речовин під час гасіння пожеж та проведення пожежно-рятувальних робіт. Цей важливий елемент повинен забезпечувати безпеку та комфорт, дозволяючи пожежному ефективно виконувати свої обов'язки.

Захисний одяг пожежного є критично важливим для забезпечення збереження життя та здоров'я, а також підтримання ефективності роботи під час гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій. Він є комплексною системою, що включає різні компоненти, кожен з яких відіграє важливу роль у

забезпеченні безпеки та ефективності дій під час гасіння пожеж та аварійно-рятувальних робіт.

Під час гасіння пожеж пожежники працюють в умовах із численними небезпечними факторами, які створюють серйозну загрозу для їхнього здоров'я та життя, але у контексті воєнних дій загроза від вибухів є найбільш небезпечною. При вибухах утворюється велика кількість уламків та фрагментів, які можуть летіти з високою швидкістю і завдавати серйозних поранень.

Такі фрагменти можуть завдати серйозних травмувань особовому складу та призвести до летальних наслідків, що вимагає використання додаткових засобів захисту, як бронежилети та каски (рис. 1).

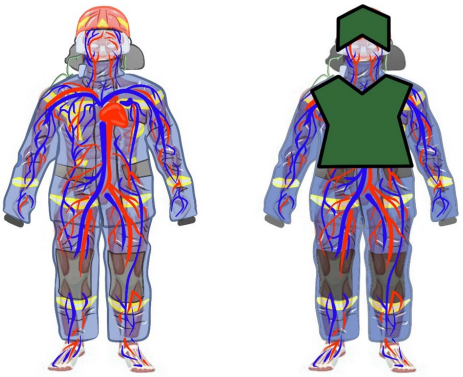


Рис. 1. Захищеність ділянок тіла особовго складу бронежилетом та каскою

Однак, навіть використання бронежилетів та касок не забезпечує повною мірою захист основних артерій організму людини та не гарантує повного захисту, оскільки ці засоби не можуть покривати всі вразливі місця на тілі пожежника.

На теперішній час статистика загиблих військових пожежників та особового складу який був поранений або загинув зі складу Збройних Сил України замовчується. Але якщо провести аналіз статистики Державної служби надзвичайних ситуацій, то отримаємо наступні дані. Протягом 2010-2012 років у Державній службі України з надзвичайних ситуацій загинуло 25 працівників під час виконання службових обов'язків. Також за цей період було поранено 144 працівників Державної служби надзвичайних ситуацій. Ці цифри відображають ризики та небезпеки, з якими стикаються працівники служби під час рятувальних операцій, гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій та інших надзвичайних ситуацій у мирний час. Від початку широкомасштабного вторгнення росії загинув 91 працівник Державної служби з надзвичайних ситуацій, 348 рятувальників дістали поранення. Ці дані вказують на

збільшення загрози при ліквідації надзвичайних ситуацій у російсько-українській війні.

Отже, для забезпечення кращого рівня захисту особового складу під час виконання службових обов'язків необхідно ретельніше захищати ключові ділянки тіла. Пропонується наступна схема розташування додаткових елементів захисту (рис. 2).

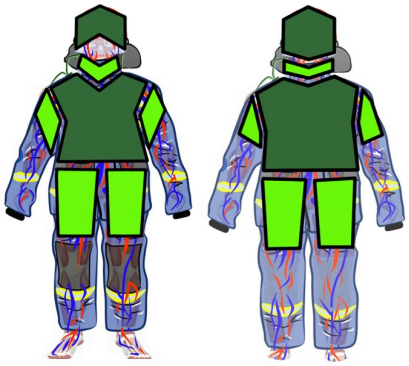


Рис. 2. Ілюстрація з рекомендованим додатковим захистом ключових ділянок тіла особового складу

Комплексний підхід до захисту пожежників має включати використання спеціалізованого захисного спорядження, яке забезпечить захист всіх вразливих ділянок тіла. Такий підхід допоможе значно знизити ризик отримання серйозних травм під час ліквідування пожежі у воєнних реаліях.

Таким чином на теперішній час, питання безпеки та захисту особового складу пожежно-рятувального підрозділу вимагає вдосконалення та покращення додаткового захисту вразливих ділянок тіла.

Список літератури

1. Редько С.О. Оцінка пожежної небезпеки навчального центру Повітряних Сил Збройних Сил України. «ПОЛІТ». СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ. ВІЙСЬКОВА ОСВІТА ТА НАУКА: тези доп. XXV Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених (м. Київ, 2-5 квітня 2024). К.: НАУ, 2024. 350 с.

2. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять (01.040.13; 13.220.01) [На заміну ДСТУ2272-93; чинний від 2006-10-01].

3. За час повномасштабної війни загинув 91 працівник ДСНС. Укрінформ. веб-сайт.URL:https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3849109-za-cas-povnomasstabnoi-vijni-zaginuv-91-pracivnik-dsns.html (дата звернення 05.09.2024)

УДК 614.843:629.7

С.В. Петренко, Н.В. Гурська, С.О. Редько
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Використання технологій доповненої та віртуальної реальності для підвищення пожежної безпеки в авіаційній галузі

Розглянуто інноваційні підходи до підвищення пожежної безпеки в авіаційній галузі за допомогою технологій доповненої та віртуальної реальності. Проаналізовано використання VR-симуляцій для навчання особового складу, AR-технологій для моніторингу технічного стану авіаційних об'єктів та систем пожежогасіння.

Забезпечення пожежної безпеки завжди було одним із найважливіших аспектів функціонування авіаційних об’єктів, а в умовах військового стану це питання набуває ще більшої уваги. Пожежні підрозділи на військових аеродромах та інших об’єктах авіаційної інфраструктури стикаються з безпрецедентними викликами. Ворожі атаки, обстріли та ракетні удари значно підвищують ризики виникнення пожеж, особливо у випадку пошкоджень військової техніки, літаків, вертольотів та паливних складів. У таких умовах пожежні підрозділи повинні не лише забезпечувати ефективне гасіння пожеж, але й діяти швидко, точно та координовано для збереження життя людей та військової техніки.

Технології доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) надають нові можливості для підвищення рівня підготовки пожежних підрозділів до надзвичайних ситуацій. Військовий стан вимагає максимальної готовності до непередбачуваних ситуацій, і ці технології дозволяють створювати реалістичні симуляції пожеж, навчати особовий склад оперативно реагувати на загрози, проводити евакуаційні тренування та вдосконалювати тактичні операції в умовах підвищеного ризику. Віртуальні симуляції дозволяють пожежним підрозділам тренуватися без потреби в реальних інцидентах, що особливо важливо у випадках, коли реальні навчання можуть бути небезпечними або обмеженими через активні бойові дії.

Доповнена реальність дозволяє підвищити ефективність роботи пожежних підрозділів під час огляду пошкоджених об’єктів, наприклад, за допомогою AR-систем пожежники можуть отримувати оперативні дані про стан критичних інфраструктурних елементів прямо в процесі роботи. Це особливо важливо під час обмеженого доступу до інформації або у випадках, коли необхідно швидко оцінити рівень небезпеки та стан систем пожежогасіння на військових об’єктах.

Крім того, у військових умовах технології VR можуть бути використані для моделювання евакуації військових аеродромів та літаків, що дає можливість пожежним підрозділам підготуватися до найскладніших сценаріїв. Такий підхід дозволяє не тільки знизити ризики під час евакуації, але й підвищити швидкість та точність рішень у кризових ситуаціях.

Таким чином, використання технологій AR і VR у сфері пожежної безпеки є критично важливим у військовий час, оскільки вони сприяють швидкому реагуванню на загрози, покращують рівень підготовки особового складу та забезпечують ефективну взаємодію під час гасіння пожеж на військових об’єктах.

Важливість пожежної безпеки в умовах військового стану

Під час війни авіаційна галузь стикається з підвищеними ризиками, що стосуються безпеки інфраструктури, техніки та персоналу. Військові аеродроми є стратегічно важливими об'єктами, тому вони стають цілями для атак і ракетних обстрілів, що може призводити до значних пошкоджень літаків, вертольотів, ангарів, паливних складів та інших критичних об'єктів. У результаті таких атак пожежі можуть спричинити руйнування техніки, що має стратегічне значення для оборони країни, а також становлять серйозну загрозу для життя військових та цивільних.

У зв'язку з цим, пожежна безпека набуває вирішального значення, особливо на військових об'єктах. Забезпечення ефективної пожежної безпеки вимагає від пожежних підрозділів швидкої та скоординованої реакції на будь-які загрози, а також високого рівня підготовки для мінімізації наслідків пожеж. Технології доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) надають інноваційні рішення, які допомагають поліпшити підготовку та підвищити рівень безпеки на об'єктах авіаційної галузі.

Використання VR-симуляцій для підготовки особового складу

Одним із найбільш ефективних застосувань віртуальної реальності в пожежній безпеці є навчання та тренування авіаційного персоналу. VR-симуляції дозволяють створювати реалістичні моделі надзвичайних ситуацій, що допомагають персоналу готуватися до різних сценаріїв пожеж на авіаційних об'єктах. Це може включати симуляції пожеж у літаках, ангарах, на злітно-посадкових смугах, а також вибухи або аварії в результаті атак.

Завдяки VR-симуляціям персонал може навчатися реагувати на пожежі в умовах, максимально наближених до реальних, не ризикуючи життям або технікою. Це також дозволяє проводити тренування в умовах, коли реальні навчання обмежені через активні бойові дії або відсутність доступу до об'єктів. Навчання віртуальній реальності забезпечує пожежним підрозділам можливість багаторазово відпрацьовувати складні сценарії, що сприяє підвищенню їхньої готовності до надзвичайних ситуацій.

AR-технології для моніторингу та технічного обслуговування

Доповнена реальність (AR) стає незамінним інструментом для пожежних підрозділів, особливо під час обслуговування та моніторингу технічного стану авіаційних об'єктів та систем пожежогасіння. AR-системи дозволяють накладати віртуальні дані на реальне середовище, що допомагає швидко оцінювати ситуацію під час аварій або пожеж, а також проводити огляди пошкоджених об'єктів.

Пожежні підрозділи можуть використовувати AR-технології для отримання інформації про стан критично важливих інфраструктурних

елементів, таких як паливні резервуари, вентиляційні системи, електромережі та системи пожежної безпеки. Наприклад, пожежники можуть отримати доступ до даних про стан пожежогасіння або виявити несправності в режимі реального часу. Це дозволяє швидше приймати рішення та усувати загрози, знижуючи ризики виникнення нових пожеж або вибухів.

У військових умовах оперативний моніторинг об'єктів стає особливо важливим, адже кожна хвилина може бути вирішальною. Завдяки AR, пожежники можуть отримувати всю необхідну інформацію безпосередньо на місці, що значно прискорює процес реагування та дозволяє уникнути втрат.

Моделювання евакуацій та інцидентів за допомогою VR

Одним із ключових напрямів застосування VR-технологій є моделювання евакуаційних процесів та аналіз інцидентів. Військові аеродроми є складними об'єктами, де евакуація може вимагати чіткої координації та швидких дій. VR дозволяє створювати віртуальні моделі аеропортів та об'єктів авіаційної інфраструктури, що дає можливість пожежним підрозділам відпрацьовувати евакуаційні процеси в різних сценаріях.

Моделювання інцидентів також є корисним інструментом для проведення післяінцидентних розслідувань. За допомогою VR можна вивчити причини виникнення пожеж, їхній розвиток та наслідки, що дозволяє не тільки покращити процеси евакуації, але й запобігти повторенню подібних інцидентів у майбутньому. Використання віртуальних моделей сприяє тому, що персонал краще розуміє можливі загрози та методи їхньої мінімізації.

Інтеграція VR та AR у реальні операції

Окрім тренувань та моделювання, інтеграція AR і VR-технологій у реальні операції пожежних підрозділів дозволяє підвищити ефективність їхньої роботи. AR-системи можуть бути використані для оперативного моніторингу, тоді як VR-симуляції допомагають відпрацьовувати дії під час критичних ситуацій. Ці технології можна інтегрувати з іншими системами пожежної безпеки, такими як автоматичні системи виявлення пожеж або системи керування аварійними ситуаціями.

Завдяки таким інноваційним рішенням пожежні підрозділи отримують інструменти для більш точної та швидкої реакції, що особливо важливо в умовах обмеженого часу та ресурсів. Інтеграція цих технологій дозволяє досягти високої ефективності пожежної безпеки навіть на об'єктах з підвищеним рівнем загрози.

Висновки.

В умовах сучасних викликів, особливо під час війни, забезпечення пожежної безпеки на об'єктах авіаційної галузі стає критично важливим. Пожежі на військових аеродромах та інших авіаційних об'єктах можуть спричинити значні втрати, як людські, так і матеріальні, включаючи руйнування військової техніки та інфраструктури. Водночас, в умовах воєнних дій, ці об'єкти часто піддаються ракетним обстрілам та авіаударам, що значно збільшує ризик виникнення пожеж. У таких умовах традиційні методи боротьби з пожежами можуть бути недостатньо ефективними, тому необхідно використовувати новітні технології для підвищення рівня готовності пожежних підрозділів та мінімізації ризиків.

Технології доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) стають ключовими інструментами для вирішення цих викликів. Завдяки VR-симуляціям можна проводити навчання авіаційного персоналу в умовах, максимально наближених до реальних, що дозволяє відпрацьовувати реакції на пожежі та інші надзвичайні ситуації без ризику для життя та техніки. Такі тренування допомагають персоналу діяти більш скоординовано та швидко в реальних ситуаціях, що може врятувати життя та зберегти важливі стратегічні ресурси.

AR-технології, в свою чергу, дозволяють значно покращити моніторинг стану технічних об'єктів та систем пожежогасіння в режимі реального часу. Пожежні підрозділи можуть отримувати вичерпну інформацію про стан інфраструктури, виявляти небезпечні ділянки та планувати свої дії з максимальною ефективністю. Це особливо важливо в умовах обмеженого доступу до інформації або об'єктів через бойові дії.

Крім того, технології VR дозволяють моделювати складні сценарії евакуації та інцидентів, що дає змогу пожежним підрозділам готуватися до найнебезпечніших ситуацій. Такі тренування сприяють зменшенню ризиків під час евакуацій, забезпечуючи швидку та точну координацію дій персоналу в кризових ситуаціях. Це є вирішальним фактором у підвищенні безпеки на військових об’єктах, де кожна секунда може мати критичне значення для успішного результату операції.

Військовий стан вимагає від пожежних підрозділів максимальної готовності та гнучкості, а інноваційні технології, такі як AR і VR, забезпечують можливість адаптації до нових умов. Вони дозволяють не тільки покращити підготовку персоналу та пришвидшити реакцію на надзвичайні ситуації, але й створювати нові підходи до управління пожежною безпекою на стратегічно важливих об'єктах. Інтеграція цих технологій в реальні операції є важливим кроком на шляху до забезпечення максимальної безпеки в умовах підвищеного ризику.

Отже, використання AR і VR у пожежній безпеці авіаційної галузі є необхідним і перспективним напрямом розвитку. Вони не лише підвищують рівень підготовки та готовності пожежних підрозділів до викликів сучасної війни, але й забезпечують можливість ефективного реагування на надзвичайні ситуації, зберігаючи при цьому життя, техніку та критичні інфраструктурні об'єкти. У результаті, технології доповненої та віртуальної реальності допомагають не тільки покращити поточну ситуацію, але й запобігти майбутнім інцидентам, підвищуючи загальну стійкість авіаційної галузі до пожежних ризиків.

Список літератури

1. Ільченко О.В., Фролов В.А., Довгаль С.В. Забезпечення пожежної безпеки на повітряних суднах. Київ: Видавничий дім "Кий", 2020. 256 с.

2. Бойко В.М., Калугін В.Д., Супрун Н.П. Пожежна безпека в Повітряних Силах Збройних Сил України: проблеми та шляхи вирішення. Харків: ХУ ПС, 2018. 178 с.

3. Грицюк П.М., Соколовський А.В., Коваль О.М. Аналіз пожежної безпеки сучасних військових літальних апаратів. Системи озброєння і військова техніка. 2019. №1(57). С. 59-65.

4. Петров Б.А., Петров Е.Б., Сидорова А.А. Advanced fire suppression systems

5. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 2006. 22 с.

6. ДСТУ 3890-99. Авіаційні правила України. Частина 145. Організації з технічного обслуговування та ремонту повітряних суден. Київ: Держстандарт України, 1999. 45 с.

7. Правила пожежної безпеки для Повітряних Сил Збройних Сил України: Наказ Міністерства оборони України № 60 від 25.01.2016 р. Київ, 2016. 78 с.

УДК 629.7:614.84:62-83

М.О Ярмольчик (PhD).
К.С. Сидоренко, О.В. Любарська
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Інноваційні технології пожежогасіння в авіаційній галузі

Пожежа в літаку – це катастрофічна подія, яка може призвести до трагічних наслідків. Саме тому розробка та впровадження інноваційних технологій пожежогасіння в авіаційній галузі є одним з пріоритетних напрямів забезпечення безпеки польотів.

Система пожежогасіння.

Інноваційні технології пожежогасіння роблять польоти все більш безпечними. Завдяки їхньому розвитку, ми можемо бути впевнені, що подорожі повітряним транспортом стануть ще більш комфортними та безпечними. Постійні розробки та вдосконалення в цій сфері спрямовані на зменшення ризиків та забезпечення безпеки пасажирів і екіпажу. Новітні літаки оснащені інфрачервоними датчиками і тепловізорами, які дозволяють виявляти аномальні температури на борту. Ці системи здатні швидко визначити джерело тепла, що може вказувати на загоряння або перегрів.

Розглянемо основні інноваційні технології, які вже використовуються. Сучасні літаки обладнані автоматичними системами, які використовують інертні гази, такі як Halon, або водяний туман для гасіння пожеж. Halon широко використовується завдяки своїй ефективності в боротьбі з пожежами в закритих просторах, але через його негативний вплив на озоновий шар сьогодні розробляються альтернативи.

- **Принцип роботи**: Після виявлення пожежі датчики передають сигнал до центрального контролера системи. Контролер активує Halon систему, відкриваючи клапани на резервуарах з гасильним агентом, після цього він випускається через систему труб і розпилювачів, рівномірно покриваючи всю площу, де виникла пожежа. Halon витісняє кисень і хімічно взаємодіє з полум'ям, що зупиняє реакцію горіння.
- **Переваги**: Висока ефективність і швидкодія.
- **Недоліки**: Шкідливий для озонового шару, через що багато країн поступово відмовляються від його використання, замінюючи на більш екологічно безпечні агенти.



Рис. 1. Вогнегасник для аеропортів та літаків.

Роботи-Пожежники, розроблені для гасіння пожеж на борту та аеродромах, можуть діяти в умовах високих температур і задимлення. Вони оснащені спеціальними сенсорами та системами гасіння, що дозволяє їм ефективно працювати там, де людські зусилля можуть бути небезпечними або обмеженими.

Коли робот досягає джерела пожежі, він активує свої системи гасіння. Залежно від конструкції і типу пожежі, робот може використовувати різні методи гасіння:

- **Водяні гармати**: розпилюють воду на вогнище пожежі, охолоджуючи його і гасячи полум'я.

Системи розпилення піни: розпилюють піну, яка ізолює горючі матеріали від кисню.

Вуглекислотні або інші газові системи: використовують інертні гази для витіснення кисню і зупинки процесу горіння.

- **Переваги:** сучасні роботи можуть діяти автономно або під віддаленим управлінням, що дозволяє оперативно реагувати на надзвичайні ситуації
- **Недоліки:** Роботи-пожежники є дорогими в придбанні через складні технології, використані в їх створенні, також високі витрати на технічне обслуговування та ремонт, включаючи заміну дорогих компонентів.



Рис. 2. Робот-Пожежник на аеродромі

Висновок

Постійний розвиток технологій в авіаційній галузі сприяє підвищенню рівня безпеки польотів. Нові системи пожежогасіння, засновані на сучасних досягненнях науки та техніки, дозволяють більш ефективно боротися з пожежами на бортах та аеродромах. Проте, незважаючи на всі досягнення, безпека в авіації залишається приоритетом, і роботи в цьому напрямку будуть продовжуватися.

Список літератури

1. Методичний посібник підготовка підрозділів охорони арсеналів, баз, складів, аеродромів, пунктів управління, позицій (позиційних районів РВІА, ЗРВ, ЗТГ), ВП 7-73(03).01, військова навчально-методична публікація командирам підрозділів (військовослужбовцям) з підготовки підрозділів охорони, 2019.

2. Державний стандарт України №2273:2006“ПРОТИПОЖЕЖНА ТЕХНІКА”.

3. Довідник керівника гасіння пожеж, П. А.Коротинський та ін., за ред. В. С. Кропивницького.К.: ТОВ «Літера-Друк», 2016.

УДК 629.7:656.085.5(043.2)

С.В. Петренко, А.В. Бєланова
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Аналіз причин пожеж на борту повітряних суден

Пожежі на борту літаків є серйозною загрозою безпеці. Вони можуть виникнути через технічні проблеми, людський фактор або зовнішні впливи. Для їх запобігання потрібно покращити технічне обслуговування, вдосконалити системи виявлення пожеж і регулярно навчати екіпажі. Це підвищить безпеку авіаперевезень.

Комплексний підхід до аналізу причин пожеж на борту літаків та розробки рекомендацій для підвищення безпеки.

Для всебічного аналізу причин пожеж на борту літаків та розробки рекомендацій щодо їх запобігання застосовано комплексний підхід. Спочатку було проведено детальне вивчення наукових публікацій, звітів і технічних досліджень від міжнародних організацій, таких як ІКАО і FAA. Це допомогло виявити основні проблеми та дефекти, що впливають на безпеку.

Наступним етапом був аналіз статистичних даних про авіаційні інциденти з баз даних NTSB та EASA, що дозволило визначити частоту, типи і основні причини пожеж. Аналіз цих даних розкрив фактори, які найчастіше сприяють виникненню пожеж і існуючі моделі ризику.

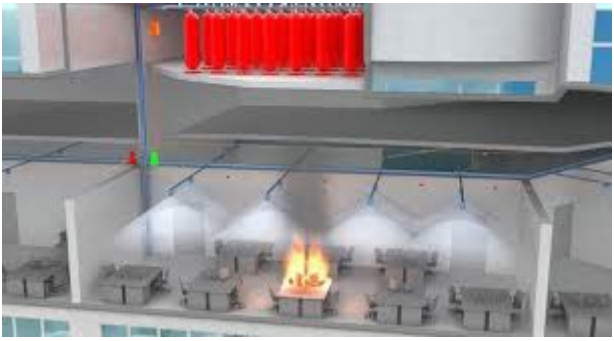


Рис.1. Компонентів системи пожежогасіння на борту

Також було вивчено конкретні випадки через розслідування аварій, що дозволило ідентифікувати специфічні технічні та організаційні аспекти, які впливають на розвиток пожеж [1]. Цей аналіз надав важливу інформацію про технічні несправності, помилки екіпажу та зовнішні впливи.

Застосовані методи включали статистичний аналіз для виявлення кореляцій і причинно-наслідковий аналіз для визначення основних причин. На

основі отриманих результатів розроблено рекомендації щодо вдосконалення технічного обслуговування літаків, впровадження нових технологій для моніторингу ризиків і посилення навчання персоналу. Ці заходи спрямовані на підвищення безпеки, зменшення ймовірності пожеж і поліпшення реагування на критичні ситуації.

Для всебічного аналізу причин пожеж на борту літаків та розробки рекомендацій щодо їх запобігання було застосовано комплексний підхід [2]. На першому етапі дослідження вивчено наукові публікації, звіти про інциденти та технічні дослідження, опубліковані міжнародними авіаційними організаціями, такими як Міжнародна організація цивільної авіації (ІКАО) і Федеральне управління авіації США (FAA). Це дозволило виявити ключові тенденції, проблеми та загрози у сфері авіаційної безпеки, а також краще зрозуміти існуючі проблеми в управлінні пожежними ризиками.



Рис.2. Обгорілого або пошкодженого літака

Наступним кроком було проведення аналізу статистичних даних про авіаційні інциденти, зібраних з баз даних Національної ради з безпеки транспорту США (NTSB) та Європейського агентства з безпеки авіації (EASA). Цей аналіз дозволив визначити частоту і типи пожежних інцидентів, а також виявити основні фактори, що сприяють їх виникненню. Огляд цих даних допоміг виявити повторювані ситуації та патерни, які часто призводять до пожеж на борту літаків.

Окрім цього, були проаналізовані конкретні випадки через розслідування аварій, що дало можливість детально дослідити специфічні умови та фактори, які призвели до виникнення пожеж, включаючи технічні несправності, помилки екіпажу та зовнішні впливи. Цей підхід дозволив краще зрозуміти, як різні фактори взаємодіють і які з них є найбільш критичними.

У процесі дослідження використовувалися різноманітні методи аналізу. Статистичний аналіз допоміг виявити кореляції між факторами, такими як технічні несправності і людські помилки, а також частотою виникнення пожеж. Причинно-наслідковий аналіз дозволив визначити основні причини і умови, що

сприяють виникненню пожеж, і оцінити взаємодію факторів, які створюють загрози безпеці.

На основі отриманих даних та висновків були розроблені конкретні рекомендації для підвищення безпеки авіації. Ці рекомендації включають вдосконалення технічного обслуговування літаків для раннього виявлення та усунення потенційних дефектів, впровадження нових технологій для моніторингу і управління пожежними ризиками, а також проведення регулярного навчання та підвищення кваліфікації персоналу. Усі ці заходи спрямовані на підвищення загального рівня безпеки на борту літаків, зменшення ймовірності виникнення пожеж і забезпечення ефективного реагування у разі їх виникнення.

Висновки.

Пожежі на борту літаків становлять серйозну загрозу для безпеки авіації, маючи потенціал для катастрофічних наслідків для пасажирів, екіпажу та літака. Основні причини пожеж включають технічні несправності, людські помилки та зовнішні впливи. Технічні несправності можуть виникати через дефекти в електросистемах, двигунах або паливних системах, а також через недоліки в обслуговуванні. Людські помилки, такі як порушення процедур або недостатня кваліфікація, також грають важливу роль. Зовнішні фактори, такі як несприятливі погодні умови або взаємодія з іншими транспортними засобами, можуть ускладнити ситуацію [3]. Для підвищення безпеки важливо впроваджувати нові методи управління ризиками, вдосконалювати технічне обслуговування літаків та використовувати інноваційні технології для раннього виявлення і гасіння пожеж. Регулярні тренінги і симуляції для екіпажу є критично важливими для швидкого і ефективного реагування.

Список літератури

1. Кустер, Томас. *Системи пожежного захисту авіаційних суден*. – Лондон: Публікації безпеки авіації, 2020. – 280 с.
2. Джонсон, Майкл. Аналіз інцидентів з пожежами в комерційній авіації. – *Журнал безпеки авіаційного транспорту*. – 2022. – Т. 15 (2). – С. 67-85.
3. Сміт, Ендрю. *Запобігання і управління пожежами на борту літаків*. – Дисертація на здобуття ступеня кандидата наук. – Чикаго: Університет Іллінойс, 2019. – 250 с.

УДК 629.7:614.84(043.2)

С.В. Петренко, М.М. Панюта
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Порівняння систем пожежної безпеки в цивільній та військовій авіації

Системи пожежної безпеки є критично важливими для забезпечення безпеки літальних апаратів як у цивільній, так і у військовій авіації. Однак специфіка завдань, умов експлуатації та ризиків у кожній з цих галузей визначає суттєві відмінності в підходах до проєктування, впровадження та функціонування систем пожежогасіння.

Особливості систем пожежної безпеки в цивільній авіації.

• Пасивні засоби пожежогасіння. Використання негорючих матеріалів, ізоляцій та захисних бар'єрів у конструкції літаків для мінімізації ризиків виникнення та поширення пожежі.

• Автоматизація та детекція. Системи виявлення пожежі, такі як датчики диму та теплові детектори, що автоматично активують системи пожежогасіння у випадку виявлення загоряння.

• Пріоритет безпеки пасажирів. Розробка евакуаційних процедур, систем подачі кисню, вогнегасників, що призначені для безпеки пасажирів та екіпажу.

• Вимоги до сертифікації. Дотримання міжнародних стандартів і норм (наприклад, ICAO, EASA, FAA) для забезпечення пожежної безпеки в авіації.



Рис.1. Системи виявлення та гасіння пожеж

Особливості систем пожежної безпеки у військовій авіації.

• Активні засоби пожежогасіння. Використання систем швидкого реагування, таких як вбудовані вогнегасники з автоматичним і ручним управлінням, спеціальні покриття, що гасять вогонь.

• Підвищена надійність і захист у бойових умовах. Розробка систем, здатних витримувати бойові пошкодження та мінімізувати загрозу пожежі навіть після ураження літального апарату.

• Швидкість реагування та захист критично важливих компонентів. Пріоритет на швидке виявлення та ліквідацію вогню в зонах двигуна, паливних баках і боєкомплектів для запобігання критичним ушкодженням і втратам.

• Спеціальні протипожежні заходи. Використання технологій тепловізійного виявлення, інфрачервоних камер і матеріалів з антипіренами для підвищення стійкості до загоряння.

Порівняння та аналіз відмінностей.

• Цивільна авіація орієнтована на запобігання виникненню пожеж і безпеку пасажирів через використання автоматизованих систем та пасивних засобів захисту.

• Військова авіація акцентує увагу на активних засобах пожежогасіння, швидкому реагуванні та збереженні функціональності літального апарату в екстремальних умовах.

• Різниця в підходах відображає різні пріоритети: у цивільній авіації – максимальна безпека пасажирів та екіпажу, у військовій – підтримання бойової готовності та захист життєво важливих систем літака.



Рис.2. Навчання ліквідовувати надзвичайні ситуації

Висновки.

Вивчення відмінностей у системах пожежної безпеки цивільної та військової авіації дозволяє сформувати рекомендації для покращення їх ефективності. Наприклад, деякі активні засоби пожежогасіння, які використовуються у військовій авіації, можуть бути адаптовані для цивільної, особливо для підвищення безпеки у зонах з високим ризиком займання. З іншого боку, застосування цивільних методик превентивного захисту може покращити системи безпеки в миротворчих та небойових місіях військової авіації.

Список літератури

1. Бондаренко, І. П. Системи пожежної безпеки в цивільній авіації: сучасний стан та перспективи розвитку / І. П. Бондаренко, С. М. Іванов // Науковий вісник Національного авіаційного університету. — 2020. — № 2. — С. 35–42.
2. Герасименко, О. В. Протипожежний захист літальних апаратів військового призначення / О. В. Герасименко // Технології військової авіації. — 2018. — Т. 14, № 3. — С. 65–71.
3. Інструкція з проектування та експлуатації систем пожежогасіння в авіаційній техніці: затв. наказом Міністерства оборони України від 15 черв. 2019 р. № 346. — К. : МОУ, 2019. — 48 с.
4. Кириленко, М. М. Аналіз відмінностей у системах пожежної безпеки в цивільній та військовій авіації / М. М. Кириленко // Безпека авіаційного транспорту: зб. наук. пр. — 2019. — Вип. 11. — С. 22–29.
5. Міжнародні стандарти пожежної безпеки в авіації ICAO, EASA, FAA: переклад з англ. / під заг. ред. В. П. Синельникова. — К. : НДІ авіаційної безпеки, 2021. — 132 с.

УДК 629.7:551.58(043.2)

С.В. Петренко, О.І. Романцова, М.О. Андрущенко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Вплив кліматичних змін на ризики виникнення пожеж в авіації

Досліджується комплексний підхід до управління ризиками, який включає інтеграцію кліматичних даних, використання сучасних технологій моніторингу, а також розробку адаптивних стратегій.

Комплексний підхід до управління ризиками виникнення пожеж в авіації в умовах кліматичних змін.

Комплексний підхід до аналізу впливу кліматичних змін на ризики виникнення пожеж в авіації відкриває нові можливості для запобігання надзвичайним ситуаціям і підвищення рівня безпеки як для інфраструктури, так і для людей. Поєднання кліматичних даних з технологіями моніторингу та методами моделювання дозволяє створювати надійні й точні системи прогнозування та реагування на пожежі.

Одним із ключових аспектів цього підходу є використання супутникових систем моніторингу для безперервного контролю за змінами стану рослинності та метеорологічними умовами. Це дозволяє своєчасно виявляти потенційно небезпечні зони й запобігати поширенню пожеж поблизу авіаційних об’єктів. Крім того, такі технології дають змогу не лише спостерігати за ситуацією на великих площах, але й оперативно відправляти дані відповідним службам для швидкого реагування.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) відіграють важливу роль у швидкому обстеженні важкодоступних районів, де виникають пожежі. Їхнє використання забезпечує більш ефективне управління ризиками, оскільки вони можуть оперативно і детально фіксувати зміну умов на місцях [1]. Крім цього, БПЛА можна використовувати для доставлення обладнання або протипожежних засобів у віддалені або небезпечні зони, де неможливо працювати звичайним наземним транспортом.

Така інтеграція сучасних технологій дозволяє не тільки краще передбачати можливі загрози, а й підвищувати рівень підготовленості авіаційних служб. Моделювання ризиків, засноване на кліматичних даних та історичних спостереженнях, стає основою для довгострокового планування та підготовки протипожежних заходів [2]. Наприклад, стратегічне розташування протипожежних розривів і використання спеціальних захисних систем навколо злітно-посадкових смуг можуть значно знизити ймовірність поширення вогню до критично важливих об'єктів.

Крім того, важливим компонентом є навчання персоналу. Аеропорти та служби реагування повинні регулярно проводити тренування та навчання для підготовки до роботи в умовах підвищеної пожежної небезпеки. Це допоможе мінімізувати час реагування на надзвичайні ситуації та забезпечити правильні дії у разі виникнення пожеж.

Вплив кліматичних змін на довгострокове планування.

Кліматичні зміни мають стати невід'ємною частиною стратегічного планування авіаційних об’єктів. Урахування кліматичних ризиків, таких як посухи, сильні вітри та підвищена температура, повинно включатися в плани розвитку та модернізації аеропортів. Це передбачає як будівництво нових об’єктів із врахуванням потенційних природних загроз, так і оновлення існуючих систем безпеки.

Наприклад, у регіонах, де зростає ймовірність виникнення пожеж через зміни клімату, варто проводити регулярні оновлення протипожежних систем. Це може включати встановлення нових систем виявлення пожеж на основі штучного інтелекту або автоматичних систем гасіння пожеж, що реагують на перші ознаки загоряння [3]. Важливо також враховувати зміни у схемах руху літаків, щоб уникнути маршрутів, що проходять над зонами з підвищеною небезпекою загорянь.

Вплив на екологію та безпеку.

Авіаційні об'єкти, зокрема аеропорти, розташовані в природних екосистемах, і їхня діяльність може мати суттєвий вплив на навколишнє середовище. Пожежі, викликані зміною клімату, не лише загрожують безпеці польотів, а й наносять шкоду природним ресурсам, рослинності та тваринному світу. Тому вкрай важливо вживати заходів для збереження екологічної рівноваги, зокрема шляхом запобігання пожежам і мінімізації їхніх наслідків.

Комплексний підхід до аналізу впливу кліматичних змін також передбачає вивчення того, як зниження рівня рослинності і висока задимленість впливають на довкілля та здоров'я людей, які працюють на авіаційних об’єктах [1]. Забруднення повітря, спричинене пожежами, може мати серйозні наслідки для здоров'я працівників аеропортів, екіпажів літаків і пасажирів, тому своєчасне вжиття заходів щодо захисту від таких загроз є критично важливим.

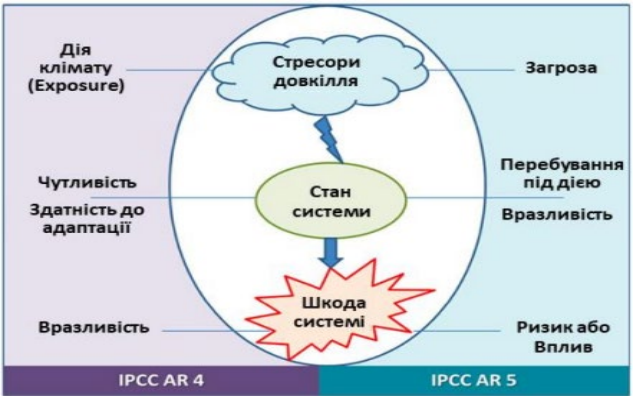


Рис. 1. Порівняння концепцій ризику і вразливості до зміни

Результати комплексного підходу до аналізу впливу кліматичних змін на ризики виникнення пожеж в авіації показують, що ефективне управління цими

ризиками можливе завдяки інтеграції різноманітних методів і технологій [2]. Ось основні результати цього підходу:

1.Покращення точності прогнозування: інтеграція кліматичних даних і статистики про пожежі дозволяє розробляти точні прогностичні моделі, які відображають реальні ризики в конкретних регіонах. Це допомагає передбачити потенційні загрози і спланувати відповідні заходи для їх нейтралізації;

2.Розробка адаптивних стратегій: точні моделі дозволяють створювати адаптивні стратегії управління ризиками. Це включає вдосконалення методів управління лісовими насадженнями, оптимізацію систем раннього виявлення пожеж і поліпшення процедур реагування на надзвичайні ситуації;

3.Ефективність технологій моніторингу: використання сучасних технологій, таких як супутникові знімки і дані з безпілотників, підвищує ефективність виявлення і моніторингу потенційних загроз. Це забезпечує своєчасне отримання актуальної інформації про стан рослинності і можливі осередки загорянь, що дозволяє швидше реагувати на пожежні ситуації;

4.Покращення системи протипожежного захисту: методи прогнозування, такі як моделювання ризиків і оцінка уразливості, сприяють вдосконаленню системи протипожежного захисту. Це включає впровадження нових технологій для оперативного реагування і зменшення часу реагування на загрози;

5.Зменшення потенційних збитків: своєчасне впровадження адаптивних стратегій і нових технологій дозволяє зменшити ризики виникнення пожеж, що в свою чергу знижує потенційні збитки для інфраструктури аеропортів і навколишнього середовища;

6.Поліпшення екологічної ситуації і безпеки: комплексний підхід допомагає забезпечити стабільність і ефективність роботи аеропортів, зменшити негативний вплив на екологію та забезпечити безпеку як для людей, так і для довкілля.



Рис. 2. Робота безпілотного літального апарату

Висновки.

Шляхом проведення комплексного підходу до аналізу впливу кліматичних змін на ризики виникнення пожеж в авіації підтверджує, що ефективне управління цими ризиками можливе завдяки інтеграції різноманітних методів і технологій. Інтеграція кліматичних даних і статистики про пожежі дозволяє створювати точні прогностичні моделі, що забезпечують чітке розуміння ризиків і можливість проактивного планування заходів. Розробка адаптивних стратегій, що враховують специфічні регіональні умови, покращує управління ризиками через вдосконалення методів управління лісовими насадженнями та систем раннього виявлення пожеж. Використання сучасних технологій моніторингу, таких як супутникові знімки і дані з безпілотників, підвищує ефективність виявлення та оцінки пожежонебезпечних умов, що сприяє оперативному реагуванню. Методи прогнозування сприяють удосконаленню систем протипожежного захисту і зменшенню часу реагування на загрози. Проактивні заходи зменшують потенційні збитки для інфраструктури аеропортів і зменшують негативний вплив на довкілля, що забезпечує загальну безпеку і стабільність в авіаційній галузі.

Список літератури

1. Іваненко І.І. Управління ризиками в авіації: теорія та практика. Київ: Наукова думка, 2020. С. 45-67.
2. Сидоренко В.В. Аналіз ризиків у контексті кліматичних змін. У: Підходи до управління ризиками в авіації. Київ: Видавництво "Авіатор", 2019. С. 101-115.
3. Ковальчук М.М., Іванова Л.В. Застосування супутникових технологій для моніторингу лісових пожеж. Збірник наукових праць з авіаційної безпеки. Харків: Вид-во ХАІ, 2022. С. 33-48.

УДК 656.71:614.84(043.2)

С.В. Петренко, М.А. Басараб
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Аеропортова пожежна служба: організація, оснащення та завдання

Досліджується організація і завдання аеропортової пожежної служби щодо виявлення та ліквідації пожеж, а також оперативну реакцію на надзвичайні ситуації, пов'язані з авіаційними подіями.

Аеропортова пожежна служба, як складова забезпечення безпеки польотів та роботи аеропорту.

Аеропортова пожежна служба є важливою складовою забезпечення безпеки польотів та роботи аеропорту. Основні завдання цієї служби полягають у попередженні та ліквідації пожеж, аварійно-рятувальних операціях та забезпеченні безпечної евакуації пасажирів і персоналу в разі надзвичайних ситуацій. У даній роботі розглянемо організацію, оснащення та основні завдання аеропортової пожежної служби.

Організація пожежної служби в аеропорту:

- структура підрозділу, управління, кадровий склад;
- координація з іншими службами аеропорту;
- регламентація роботи відповідно до міжнародних стандартів ICAO та національних норм.

Оснащення аеропортової пожежної служби:

- пожежні автомобілі: види та їх технічні характеристики (автоцистерни, автомобілі першого виїзду, аварійно-рятувальні автомобілі);
- засоби особистого захисту пожежних (одяг, дихальні апарати);
- спеціальне обладнання для гасіння пожеж на літальних апаратах (водомети, системи піноутворення, тепловізори);
- технічні засоби для евакуації та надання першої допомоги.

Завдання аеропортової пожежної служби:

- оперативне реагування на пожежі та інші надзвичайні ситуації;
- проведення аварійно-рятувальних операцій;
- забезпечення пожежної безпеки на території аеропорту;
- проведення навчань та тренувань для персоналу аеропорту.

Виклики та інновації:

- виклики, з якими стикається служба, як-то технічна модернізація та підвищення професійної підготовки;
- новітні технології в сфері пожежної безпеки: дрони, автоматизовані системи виявлення та гасіння пожеж.

Матеріалами дослідження є:

по-перше - нормативні акти та інструкції, що регламентують діяльність пожежних служб в аеропортах. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO):

- Документ 9137-AN/898 "Руководство по аварийно-спасательным службам аэропортов" (Airport Services Manual, Part 1: Rescue and Fire Fighting

Services). Цей документ містить рекомендації щодо організації та функціонування пожежних служб в аеропортах;

- Додаток 14 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію (ICAO Annex 14). Встановлює стандарти та рекомендації щодо забезпечення пожежної безпеки в аеропортах, включаючи вимоги до пожежної техніки та персоналу;

- Документ 9981 (Положення про управління безпекою аеропортів). Цей документ містить інструкції для аеропортів щодо управління ризиками, пов'язаними з пожежною безпекою.

Національне законодавство:

- в Україні діяльність аеропортових пожежних служб регламентується Кодексом цивільного захисту України, Законом України "Про пожежну безпеку", Правилами пожежної безпеки в Україні, а також іншими актами, які визначають вимоги до обладнання, персоналу та координації пожежних служб;

Європейські стандарти (EASA):

- європейська агенція авіаційної безпеки (EASA) регулює діяльність аеропортових служб пожежної безпеки через низку документів та вимог до безпеки аеропортів);

по-друге - дані про сучасне оснащення аеропортових пожежних служб. Пожежні автомобілі та спецтехніка: ARFF (Aircraft Rescue and Firefighting) автомобілі – спеціалізовані пожежні автомобілі, розроблені для гасіння пожеж на літаках і проведення рятувальних операцій. Вони оснащені водометами, системами піноутворення та іншими засобами для гасіння пожеж; техніка з системою швидкого реагування – мобільні платформи для швидкої евакуації людей і надання першої допомоги; пожежні літаки та вертольоти – деякі аеропорти, особливо в регіонах з важкими погодними умовами, використовують авіацію для реагування на аварійні ситуації.

Засоби особистого захисту: учасні теплозахисні костюми та обладнання для дихання з автономними апаратами; тепловізори та інші високотехнологічні пристрої для виявлення пожеж і постраждалих у важкодоступних зонах.

Автоматизовані системи гасіння пожеж: системи пожежної сигналізації та виявлення: використовуються спеціальні датчики та теплові камери для автоматичного виявлення загорянь на території аеропорту; автоматичні системи гасіння: системи розпилення води, піни або інших засобів, які активуються при виявленні загоряння.

Дрони та роботи: використання дронів для моніторингу пожежної ситуації та проведення розвідки; роботи для гасіння пожеж – експериментальні технології для підвищення безпеки пожежних і ефективності боротьби з пожежами);

по-третє - статистичні дані щодо інцидентів, пов’язаних з пожежною безпекою в аеропортах. Інформація про аварійно-рятувальні операції в аеропортах різних країн. За даними ICAO (Міжнародна організація цивільної авіації), кількість пожежних інцидентів на літальних апаратах залишається відносно низькою завдяки високим стандартам безпеки. Однак такі інциденти часто мають серйозні наслідки. Статистика ICAO показує, що пожежі на борту літака рідкісні, але вимагають негайного реагування через високий рівень ризику для життя пасажирів.

Європейська агенція авіаційної безпеки (EASA):

- у Європі фіксується кілька інцидентів щороку, пов'язаних з пожежами в аеропортах, зокрема на паливозаправних станціях, в ангарних приміщеннях та на злітних смугах;

- серед найпоширеніших причин загорянь – несправність електричних систем, витік палива та аварійні посадки.

Національні звіти:

- в Україні, за даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, випадки пожеж в аеропортах є поодинокими. Останні зафіксовані інциденти стосуються пожеж в технічних приміщеннях або паливних складах, де оперативно втручалися пожежні підрозділи. Статистичні дані свідчать про те, що високі стандарти та новітні технології знижують кількість і масштаб пожежних інцидентів в аеропортах, проте завжди є потреба у вдосконаленні та модернізації систем безпеки.

Методами дослідження є: огляд нормативної та технічної документації; порівняльний аналіз оснащення пожежних служб різних аеропортів; аналіз даних щодо аварійних ситуацій і їх ліквідації в аеропортах; інтерв'ю з працівниками пожежних служб, обстеження техніки.

Проведений аналіз показав, що аеропортові пожежні служби відіграють критичну роль у забезпеченні безпеки польотів. Сучасні аеропорти оснащені високотехнологічним обладнанням, проте є потреба в постійній модернізації та навчанні персоналу. Особливо важливою є координація між пожежною службою та іншими службами аеропорту, а також впровадження інноваційних рішень.

Висновки.

Аеропортова пожежна служба виконує комплексні завдання, спрямовані на забезпечення безпеки аеропорту та літальних апаратів. Необхідно постійно оновлювати технічне оснащення та удосконалювати методи реагування на надзвичайні ситуації, а також забезпечувати регулярну підготовку та підвищення кваліфікації особового складу. Інновації в галузі пожежної безпеки сприятимуть підвищенню ефективності роботи цих служб.

Список літератури

1. Європейська агенція авіаційної безпеки (EASA). Регламент (EU) No 139/2014 щодо вимог до сертифікації та експлуатації аеродромів. – Офіційний журнал ЄС, 2014. – 78 с.

2. Ковальчук М. І., Сидоренко В. П., Бабич С. О. Організація роботи пожежної служби в аеропортах. – Київ: Освіта України, 2020. – 254 с.

3. Шевченко О. М., Кузнєцов І. В. Оснащення пожежної служби цивільної авіації. – Харків: Аеропорт, 2019. – 198 с.

УДК 621.4:621.43:669.7

Д.В. Чміль, В.А. Вітів, С. В. Петренко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Покращення теплового захисту шляхом застосування композитивних матеріалів

Тема викладає можливість застосування композитних матеріалів для покращення теплового захисту в паливних баках. Розглядаються композити, їх теплофізичні властивості та структурні особливості. Аналізується потенціал цих матеріалів для підвищення ефективності теплоізоляції, безпеки паливних систем у авіації.

Теплопередача в композитних матеріалах.

Композиційні матеріали - це гетерогенні матеріали, що складаються з двох або більше взаємно нерозчинних компонентів (фаз). Згідно з цим визначенням, до композиційних матеріалів належать дисперсно зміцнені сплави, бетони та метали з покриттями. Полікристалічні матеріали, що складаються з однієї речовини, також можна класифікувати як композиційні матеріали, розглядаючи гранули з різною орієнтацією як різні фази. Гранули з різною орієнтацією розглядаються як різні фази. Нарешті, однорідні матеріали, що містять порожнечі (останні можна інтерпретувати як включення з нульовим модулем пружності), також можуть бути включені сюди.

Композитні матеріали відкривають нові можливості для теплового захисту завдяки своїм унікальним властивостям: багато композитів мають надзвичайно низьку теплопровідність. Наприклад, аерогелі, які є одними з найлегших твердих матеріалів у світі, мають теплопровідність близьку до повітря. Композити на основі аерогелів можуть забезпечити відмінну теплоізоляцію при мінімальній товщині матеріалу. Композитні матеріали дозволяють створювати складні багатошарові структури, кожен шар яких виконує свою функцію. Наприклад, зовнішній шар може відбивати теплове випромінювання, середній - забезпечувати основну теплоізоляцію, а внутрішній - акумулювати тепло.

Boeing 787 Dreamliner - перший комерційний літак, в якому замість традиційних алюмінієвих сплавів в якості основного елемента конструкції використовуються композитні матеріали. Під час розробки цього літака було здійснено перехід до використання сучасних вуглецевих ламінатів та сендвіч-композитів на основі вуглецю. [1] Однак, в коробках крила Dreamliner виникли проблеми, пов'язані з недостатньою жорсткістю та недостатнім рівнем теплозахисту композитних матеріалів. [2]

Враховуючи ці виклики, для розрахунку теплових характеристик необхідно враховувати теплопровідність матеріалів. Використовуючи формулу для теплового опору, можна скласти таблицю для порівняння теплопровідності різних матеріалів, які використовуються або можуть бути

застосовані в авіаційних конструкціях. Це дозволить краще оцінити їх ефективність з точки зору теплового захисту.

$$R = d / \lambda \quad (1), \text{ де}$$

R — це тепловий опір, який характеризує здатність матеріалу чинити опір передачі тепла через нього. Тепловий опір вимірюється в м2 · К/Вт, d — це товщина матеріалу в метрах, λ — це коефіцієнт теплопровідності матеріалу, який показує, наскільки ефективно матеріал проводить тепло. Чим більший тепловий опір (R), тим краще матеріал чинить опір передачі тепла. Відповідно, чим більша товщина (d) або нижчий коефіцієнт теплопровідності λ, тим вищий тепловий опір матерів.

Таблиця 1.

Теплопровідність різних матеріалів

Матеріал	Теплопровідність (Вт/(м-К))
Пінополеоретан	0.022-0.028
Пінополістирол	0.030-0.040
Мінеральна вата	0.035-0.045
Аерогель	0.013-0.020
Вуглепластик	02.-1.0
Склопластик	03.-0.5

Для паливних баків хорошим вибором серед представлених матеріалів є вуглепластик, незважаючи на його відносно високу теплопровідність (0.2-1.0 Вт/(м·К)). Теплопровідність вуглепластику знаходиться в діапазоні 0.2-1.0 Вт/(м·К), що є вищим значенням порівняно з такими матеріалами, як аерогель (0.013 Вт/(м·К)) або пінополіуретан (0.03 Вт/(м·К)). Це означає, що вуглепластик пропускає більше тепла, ніж теплоізоляційні матеріали. Однак, цей недолік можна мінімізувати за рахунок багатошарової конструкції. [3]

Далі для обрахування припущено, що різниця температур між зовнішнім і внутрішнім середовищем становить 50К, площа поверхні паливного бака приблизно 2 м. кв., а товщина шару вуглепластику дорівнює 0.01 м. Для вуглепластику з теплопровідністю k=0.5 Вт / м-К, тепловий потік буде розрахований так:

$$Q = -0.5 \cdot 2 \cdot 0.0150 = -5000 \text{Вт} \quad (2)$$

Для поращення використовується конструкція з аерогелем, тому форула розрахунку виглядатиме наступним чином:

$$\text{кеф}/1 = k1/dx1 + k2/dx2 + k3/dx3 \quad (3)$$

Де кеф — ефектичний коефіцієнт теплопровідності, dx1 та k1k_1k1,— товщина і теплопровідність зовнішнього шару вуглепластику, відповідно dx2 і k2 – для аерогелю і елементи 3 — внутрішній шар вуглепластику. За результатами такого отримуємо dx1 = dx3 = 0.005 м., для вуглепластику k1 = k3 = 0.5 Вт / м-К, а dx2 =0.01 м, і відповідно k2 = 0.013 Вт/ м-К. Оскільки теплопровідність значно зменшується завдяки шару аерогелю, тепловий потік для цієї комбінованої конструкції становитиме – 6350 Вт.

Для обрахування теплового потоку в стандартних баках взято ті ж припущення, що й раніше. Однак, замість вуглепластику – алюміній як типовий матеріал для стандартних баків. Коефіцієнт теплопровідності алюмінію становить приблизно 237 Вт/м·К. Застосовуючи формулу виходить наступний результат: Q = -237 · 2 · 50 / 0.01 = -2,370,000 Вт. Таким чином, тепловий потік для стандартного алюмінієвого бака становить приблизно -2,370,000 Вт. Порівнюючи це значення з результатом для баку з вуглепластиком та аерогелем (-6350 Вт), чітко видно, що тепловий потік у стандартному баку приблизно в 373 рази більший.

Існують також і інші матеріали для баків, такі як сталь, титан, кевлар. Кевлар, до речі, показує другий найкращий результат з тепловим потоком близько 10,000 Вт, проте це все ще фактично в 2 рази більше, аніж у композитного матеріалу.

Висновок.

Вуглепластик є хорошим вибором для паливних баків завдяки його високій механічній міцності, низькій вазі та хімічній стійкості. Використання багатошарової конструкції, де аерогель виступає як проміжний шар з низькою теплопровідністю, дозволяє значно зменшити тепловий потік через бак.

Список літератури

1. Моделювання поверхні для композитних матеріалів - SIAG GD - Електронний ресурс http://www.ifi.uio.no/siag/problems/grandine/

2. Boeing 787 Dreamliner має загальну проблему - Zimbio — Електронний ресурс Boeing+787+Dreamliner/articles/18/Boeing+787+Dreamliner+composite+problem

3. Chigvintseva O.P ., Boyko Y.V ., Gupalo S.I . Carbon fiber for structural purposes based on aliphatic polyamide // The XXIII International Scientific and Practical Conference «Scientific trends, solutions, theories and methods of development», June 12 – 14. Bilbao, Spain. P. 291-295.

УДК 614.8

С.В. Петренко, П.А. Панченко.
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Засоби індивідуального захисту при впливі гідразину

Запропоновано новий легкий захистний костюм TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1 який надасть захист від впливу гідразину в разі загоряння бвгвтоцільового винищувача F-16. Надається порівняння ЗЗК та TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1.

TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1.

У звязку з появою в Україні багатоцільових винищувачів F-16, що значно відрізняються від МіГ-29. Наявністю гідразину, що використовується як паливо для аварійної силової установки.

Аварійна силова установка F-16 (EPU) використовує 70% гідразину та 30% водної суміші (Н-70), як паливо. Вихлопні гази турбіни (EPU) складаються з 40% аміаку, 17% азоту, 15% водню та 28% води (рис. 1).



Рис. 1. Паливний бак з гідразином

Аварійна посадка літака або його аварія може призвести до розливу гідразину.

Отже рятувальники повинні бути вдягнуті в апарати на стиснутому повітрі аби уникнути подразнення очей, носа та горла. Компанія “Треллеборг АБ” пропонує легкий захисний костюм “TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1” (рис. 3.4.), він має на меті забезпечити безпеку пожежника від контакту з їдкими хімічними речовинами, або помірно небезпечними, в рідкій формі.

Використовується:

- робота з кислотами;
- операції по чищенню внутрішніх і зовнішніх поверхонь;
- роботи по дегазації;
- робота на ділянках розливу і фасовки небезпечних хімічних речовин;
- ліквідація аварійних розливів нафти і нафтових продуктів.



Рис. 2. Захисний костюм “TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1”

Технічні характеристики костюма:

Матеріал:

Зовнішній - бутилкаучук і верхній шар гуми Viton, покритий поліамідною тканиною.

Внутрішній - бутилкаучук.

- герметичний дизайн для захисту від води і хімічних речовин в рідкому вигляді;
- ушитий капюшон і герметичні манжети;
- фурнітура - блискавка, що закривається смугою-клапаном на кнопках;
- з'єднання швів - зварне;
- можливість ремонту проколів і ушкоджень;
- сертифікований в Європі згідно із стандартом EN 466.
- можливе оснащення костюма вклеєними чоботами з металоподноском і сталевою устілкою;
- температурний режим використання – від - 40°С до +65°С;
- стійкість до сірчаної кислоти, 98% - > 120 хвилин, лугу (40% розчин NAOH) - > 480 хвилин. Обумовлене багатошаровим захистом (рис. 3).

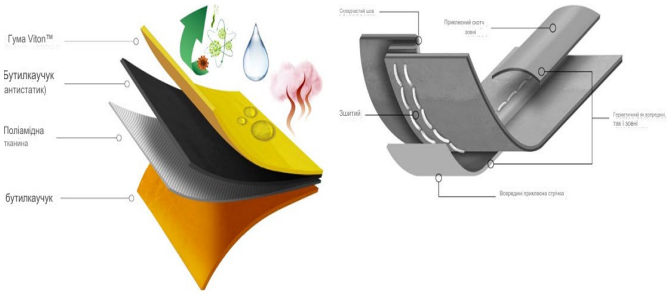


Рис.3. Схема слоїв костюму

Костюм має схвалення ЄС і відповідає Регламенту ЄС 2016/425, щодо засобів індивідуального захисту.

На відміну від загальновійськового захисного костюму (далі ЗЗК), TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1 має спеціалізований матеріал стійкий до високої температури та хімічних речовин (температура запалювання 600 градусів Цельсія, ЗЗК – 400 градусів Цельсія), герметичні шви запобігають проникненню шкідливих речовин (таблиця 1.).

Таблиця 1.

Порівняльна таблиця TRELLCHEM SUPER CV/VP1 та ЗЗК

	TRELLCHEM SUPER CV/VP1	ЗЗК
1	**2**	**3**
Особливості:	Вбудовані рукавички, козирок з покриттям антизапотівання.	Зйомні рукавички і козирок.
1	**2**	**3**
Принцип роботи:	Герметичний костюм з SCBA.(Self-Contained Breathing Apparatus, пристрій для самостійного дихання в умовах небезпеки, має балон з повітрям та маску.)	Працює як хімічно стійкий бар'єр
Температура займання	600°C	400°C
Вартість	2000$	1000$
Захист від гідразіну	Високий (до 30 хвилин)	Низький (до 15 хвилин)
Стандарти	Технічний регламент ЄС № 2016/425, EN 943-	ГОСТ 12.4.269-2007, ТУ У 21405719.001-

	1:2015, EN ISO 17491-3:2008.	2000
Шари захисту	Внутрішній шар: Поліуретанова мембрана Середній шар: Тканина високої міцності 3 Зовнішній шар: Поліамидний матеріал	поліамід

Висновоки.

Оскільки F-16 має додатковий паливний резерв у вигляді гідразину, який є небезпечним для дихальних шляхів та слизових оболонок, пропонується використання костюмів “TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1” з метою захисту особового складу ПРП від негативного впливу даної хімічної речовини.

Список літератури

1. Керівництво з польоту літака серії HAF - F 16C/D, КОРПОРАЦІЯ ЛОКХІД МАРТІН, 15 жовтня 2002 р.
2. Технічний паспорт “TRELLCHEM® SUPER Type CV/VP1”.

УДК 629.5.067.8:629.7(043.2)

С.В. Петренко, Я.О. Макаренко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Сучасні системи пожежогасіння на літаках: інновації та ефективність

Досліджуються сучасні системи пожежогасіння на літаках, акцентуючи увагу на новітніх технологіях і їх ефективності.

Сучасні підходи та техгології для запобігання та управління ризиками виникнення пожеж в авіації.

Комплексний підхід до оцінки впливу сучасних технологій на управління ризиками виникнення пожеж в авіації дозволяє не лише оцінити, як ефективно функціонують новітні системи, але й впровадити про активні заходи для зменшення потенційних загроз. Особливо важливим є інтегрування даних про пожежі та інноваційних технологій, що дозволяє створити точніші моделі ризиків, відображаючи реальні умови в різних регіонах. Такі моделі можуть слугувати основою для розробки адаптивних стратегій, які включають вдосконалення протипожежних матеріалів, оптимізацію систем раннього виявлення загроз та покращення процедур реагування на надзвичайні ситуації.

Сучасні технології моніторингу, як супутникові знімки і дані з безпілотників, не лише допомагають у виявленні потенційних загроз, але й дозволяють оперативно реагувати на пожежні ситуації, які виникають, за рахунок своєчасного надання актуальної інформації. Наприклад, супутникові дані можуть використовуватися для прогнозування і моніторингу стану рослинності, що є важливим для визначення ймовірності виникнення пожеж, тоді як безпілотники можуть проводити детальні огляди зон високого ризику і підтримувати оперативні дії з ліквідації пожеж.

Автоматизовані системи пожежогасіння**:** Оцінюються інноваційні автоматизовані системи, такі як водяні спринклери, системи газового пожежогасіння та інші технології, що забезпечують оперативне гасіння пожежі. Розглядається їхній вплив на швидкість і ефективність реагування на пожежі в умовах, що швидко змінюються.

Досліджуються сучасні матеріали, що підвищують стійкість авіаційних об'єктів до вогню, такі як вогнестійкі обшивки та покриття. Аналізується їхня роль у зменшенні ймовірності виникнення та поширення пожеж.

Вивчаються впливи глобальних кліматичних змін на авіаційні ризики, зокрема, збільшення частоти екстремальних погодних умов, таких як висока температура та зміни вологості. Обговорюється необхідність адаптації технологій і підходів до нових кліматичних умов для підтримання ефективності систем запобігання і управління пожежами. Результати комплексного підходу до аналізу впливу кліматичних змін на ризики виникнення пожеж в авіації показують, що ефективне управління цими ризиками можливе завдяки інтеграції різноманітних методів і технологій.

Комплексний підхід до оцінки впливу сучасних технологій на управління ризиками виникнення пожеж в авіації дозволяє не лише оцінити, як ефективно функціонують новітні системи, але й впровадити про активні заходи для зменшення потенційних загроз. Особливо важливим є інтегрування даних про пожежі та інноваційних технологій, що дозволяє створити точніші моделі ризиків, відображаючи реальні умови в різних регіонах. Такі моделі можуть слугувати основою для розробки адаптивних стратегій, які включають вдосконалення протипожежних матеріалів, оптимізацію систем раннього виявлення загроз та покращення процедур реагування на надзвичайні ситуації.

Наразі активно розвиваються технології штучного інтелекту та машинного навчання, які можуть прогнозувати і аналізувати ризики на основі даних з різних сенсорів. Це дозволяє створювати адаптивні системи, що підвищують ефективність реагування на пожежі. Технології також зосереджені на розробці нових матеріалів для протипожежного захисту, які зменшують вагу і покращують ефективність систем гасіння.

Сучасні системи пожежо гасіння на літаках значно підвищують рівень безпеки шляхом швидкого і точного реагування на пожежі. Інтеграція нових технологій забезпечує більш швидке виявлення загроз і їхню ефективну ліквідацію, що зменшує ризик серйозних пошкоджень і забезпечує безпеку пасажирів та екіпажу. Завдяки постійним інноваціям у сфері пожежогасіння, авіаційна промисловість здатна забезпечити високий рівень безпеки, адаптуючи свої системи до нових викликів і вимог.

На сучасних літаках пожежна безпека —це надзвичайно важлива частина загальної системи безпеки. З появою нових технологій, системи пожежогасіння стали ще більш ефективними і надійними.

Автоматичне виявлення і гасіння. Більшість сучасних літаків оснащені автоматичними системами пожежогасіння. Це означає, що як тільки система виявляє дим або високу температуру, вона автоматично активує пожежо гасники, не чекаючи на команду від екіпажу. Ці системи оснащені різними датчиками, які відстежують аномалії та негайно реагують на них.

Інертні гази для гасіння пожежі. Однією з новітніх технологій є використання інертних газів, таких як азот або аргон. Ці гази не підтримують горіння, тому, якщо їх закачати в зону пожежі, це допоможе швидко загасити вогонь. Це особливо корисно для електронних систем, де використання води або піни може бути небезпечним.

Пінні і водяні системи. Пінні системи також стали більш розвиненими. Вони покривають великі площі та забезпечують довготривале гасіння. Вода використовується рідше, але вона також має свою роль у гасінні пожеж, де її можна безпечно застосовувати.

Хімічні агенти для особливих випадків. Для боротьби з особливо складними пожежами, такими як ті, що виникають через коротке замикання,

використовують спеціальні хімічні порошки. Ці порошки ефективно гасять вогонь і не завдають шкоди чутливим частинам літака.

Інтеграція з системами управління. Новітні системи пожежогасіння інтегруються з іншими системами літака, такими як системи управління. Це означає, що система пожежогасіння може автоматично вмикатися при

виявленні проблеми, навіть без втручання пілотів.

Моніторинг і відео аналітика. Технології відео аналітики дозволяють постійно спостерігати за критичними зонами літака. Якщо десь виникає пожежа, камери та сенсори можуть надати важливу інформацію для швидкого реагування.

Висновки.

Сучасні системи пожежогасіння на літаках зазнали суттєвих удосконалень завдяки інтеграції новітніх технологій, що значно підвищує їх ефективність. Вдосконалені водяні спринклери тепер оснащені автоматичними системами регулювання, що забезпечує швидке та точне гасіння загорянь. Газові системи, які використовують інертні гази, швидко знижують концентрацію кисню, що критично важливо для захисту чутливих електронних компонентів, уникаючи шкоди від води. Пінні і аерозольні системи забезпечують ефективне гасіння в важкодоступних зонах, підвищуючи загальну надійність системи. Інтеграція з сучасними системами моніторингу і управління дозволяє здійснювати раннє виявлення загроз і автоматичне реагування, що робить гасіння більш точним і швидким. Розвиток штучного інтелекту та машинного навчання далі вдосконалює системи, надаючи можливість точного прогнозування і управління ризиками. Завдяки цим новітнім технологіям рівень безпеки авіаційних літаків значно підвищується, зменшуючи ризик серйозних пошкоджень і забезпечуючи високий рівень безпеки для пасажирів і екіпажу.

Список літератури

1. Іваненко І.І. Управління ризиками в авіації: теорія та практика. Київ: Наукова думка, 2020. С. 65-87.
2. Сидоренко В.В. Аналіз ризиків у контексті кліматичних змін. У: Підходи до управління ризиками в авіації. Київ: Видавництво "Авіатор", 2019. С. 11-65.
3. Посібник по організації і проведення АРР на території й у районі аеродромів цивільної авіації. – Київ: Міністерство цивільної авіації України, 2020

УДК 614.842.4

С.В. Петренко, В.В. Сарнавський
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)
Н.В. Глушаниця, доцент
(Кафедра іноземної філології і перекладу
Національний університет біоресурсів
і природокористування України, Україна)

Пропозиції щодо покращення маркування вогнегасників

Розглянуто можливість використання різних флуоресцентних міток на вогнегасниках та пожежних щитах.

Вступ.

В умовах війни та систематичних відключень електроенергії, виникає проблема можливості людей скористатися первинними засобами пожежогасіння. У темряві або в умовах поганої видимості, тяжко визначити та скористатися пожежними щитами та вогнегасниками.

В роботі запропоновано використати флуоресцентні матеріали, не виготовлені з фосфору, для покращення ідентифікації пожежно-технічного майна в умовах недостатньої видимості.

Даний матеріал може достатньо довго зберігати властивість світіння без дозарядки світловою енергією (рис. 1).

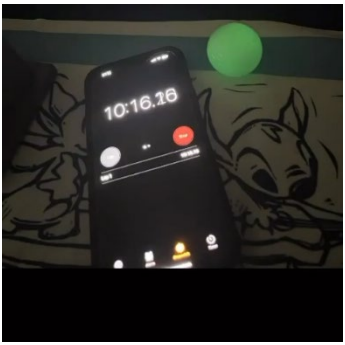


Рис. 1. Замір часу світіння флуоресцентних матеріалів

В умовах недостатньої видимості. Навіть невелике світіння буде добре видиме з великих відстаней та робить вогнегасник або пожежний щит добре видимим (рис. 2).

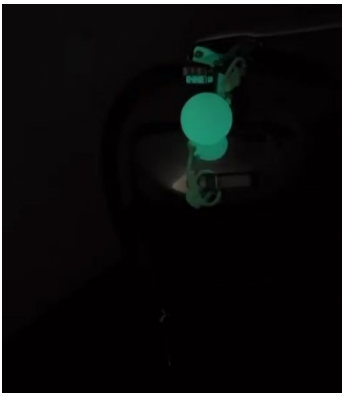


Рис. 2. Світіння саморобної флуоресцентної мітки з шару для гольфу

Пропозиції щодо покращення маркування вогнегасників. Додавання світло відбиваючих стрічок або наклейок на вогнегасники, що забезпечить їх видимість при освітленні ліхтарем або іншими джерелами світла.

Застосування флуоресцентних матеріалів, які світяться в темряві, для маркування вогнегасників та пожежних щитів. Це дозволить швидко знайти необхідне обладнання навіть при відсутності освітлення в умах відключень електроенергії, через обстріли критичної інфраструктури України.

Можливість легкої модифікації вогнегасників є простою та не потребує залучення додаткових майстрів та спеціального обладнання і не впливає на їх експлуатацію і гарантію від обслуговуючих компаній (рис. 3, 4).

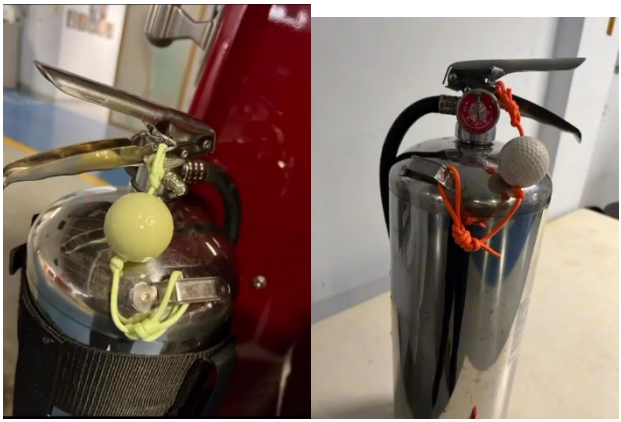


Рис. 3, 4. Вигляд саморобної флуоресцентної мітки з шару для гольфу

Також можливе використання стрічок з флуоресцентним ефектом у вигляді різник геометричних фігур. Наприклад квадрат для позначення порошкових вогнегасників, коло для позначення вуглекислотних і т.п. Що допоможе швидше ідентифікувати вогнегасники між собою та серед інших предметів.

Також варто врахувати можливість додавання світло відбиваючих стрічок або наклейок на вогнегасники, що забезпечить їх видимість при освітленні ліхтарем навіть з мобільних пристроїв або іншими джерелами світла. Що дозволить заздалегідь ідентифікувати пожежні щити та вогнегасники.

Данна модифікація має деякі мінуси такі, як:

1)Необхідність впровадження в стандарти та законодавство України;

2)Необхідність заміни флуоресцентних міток. Так, як через деякий період вони стають менш ефективними і світіння стає більш тускнішим, що призводить до додаткових фінансових затрат.

Висновки.

У висновку можливо зазначити що такі прості дії, а саме: використання флуоресцентних міток, флуоресцентних шарів та світло відбиваючих стрічок. Дає значну змогу швидко використати пожежно-технічне оснащення в умовах поганої видимості, що дасть змогу швидко усунути місце можливого загоряння до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів.

Список літератури

1. NFPA 10. «Standard for Portable Fire Extinguishers», David Lowrey, Heath Dehn, 2022.

УДК 629.735.087.3

С.В. Петренко, М.Є. Пилипенко, С.І. Юрченко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Покращення автоматичних систем пожежогасіння

Літаки обладнані системами автоматичного пожежогасіння в критичних зонах, що можуть автоматично подавати вогнегасні речовини, такі як хімічні сполуки або інертні гази, тому запропоновано пропозиції щодо покращення автоматичних систем пожежогасіння в літаках.

Система пожежогасіння повітряних суден

Кожен літак із злітною масою більше 5 тон обладнаний стаціонарною системою пожежогасіння двигунів. В якості вогнегасної речовини застосовуються галоїднопохідні сполуки.

Пуск системи – автоматичний дистанційний з кабіни пілотів. Пожежі на сучасних літаках можна класифікувати на:

- пожежі у відсіках паливних баків;
- пожежі у пасажирському салоні;
- пожежі у багажному та вантажному відсіках;
- пожежі у відсіках силових установок та шасі.

Пожежі в кабіні екіпажу, буфетах або кухнях літаків можуть виникати через коротке замикання в електронагрівальному обладнанні.

У гардеробах або туалетах загоряння може статися через порушення пасажирами правил перевезення, зокрема паління в заборонених місцях.

У пасажирських салонах ризик виникнення пожежі існує при перевезенні небезпечних речовин у особистому багажі, таких як лаки, фарби, спирти, або певні види косметики. У разі загоряння в зазначених відсіках пожежу легко помітити як членам екіпажу, так і пасажирам [1].

Протипожежне обладнання літаків забезпечує гасіння пожежі всередині гондол і двигунів, а також заповнення інертним газом паливного бака-відсіку, розташованого під фюзеляжем у центроплані.

Літаки оснащені електричними теплочутливими системами для виявлення пожежі, системами подачі вогнегасних речовин у пожежонебезпечні зони, а також системами виявлення диму в багажних відсіках і подачі інертного газу в паливні баки [1].

При виникненні пожежі, вогнегасна речовина у багажно-вантажні відсіки і підпідлогові відсіки подається через розпилюючі колектори централізованої системи пожежогасіння (далі-СПГ) силових установок. При спрацюванні системи димовиявлення СПГ включається вручну з кабіни екіпажу, а при спрацюванні системи сигналізації перша лінія СПГ (системи пожежогасіння) вмикається автоматично [1].

Задля недопущення загорання деяких елементів, компонентів, відсіків слід дотримуватися деяких вимог щодо конструкції літака. А саме FAA Advisory Circulars - Документи Федерального авіаційного управління США, які

охоплюють різні аспекти авіаційної безпеки, включаючи протипожежні системи на борту літаків. Документи FAA Advisory Circulars надають докладні рекомендації щодо проектування, встановлення та обслуговування цих систем.

Захист двигунів від пожежі (AC 33.17-1A). Цей документ визначає вимоги до систем пожежогасіння для двигунів, включаючи використання вогнестійких матеріалів, систем виявлення та засобів для гасіння пожеж у двигунах, щоб мінімізувати небезпеку загоряння (FAA).

Системи пожежного захисту (AC 25.869-1A). Охоплює вимоги до систем пожежної безпеки для пасажирських літаків. Системи повинні захищати критичні компоненти, такі як електричні системи та паливні лінії, від пожеж, спричинених горючими рідинами.

Тому, електричні компоненти в зонах безпосередньо за межами брандмауерів (брандмауер є важливим компонентом літака. По суті, це вогнетривка перегородка, яка відокремлює моторний відсік від зони кабіни. Ця спеціальна перегородка має бути сконструйована так, щоб через неї не могла пройти небезпечна кількість рідини, газу чи полум'я) в корпусі двигуна, кріпильні конструкції повинні бути виготовлені з таких матеріалів і встановлені на такій відстані від брандмауера, щоб вони не зазнали пошкоджень, які могли б загрожувати літаку, якщо поверхня брандмауера, що примикає до вогню, нагрівається до 1100º C (2012º F) протягом 15 хвилин [2].

Для тестових демонстраційних випробувань, компоненти брандмауера не повинні бути несправними ні під час, ні в кінці випробувань. Повинні стримувати пожежу в межах передбачуваної зони або області. Прийнятним доказом того, що пожежу локалізовано буде, якщо компоненти брандмауера не отримають наскрізного отвору, не вийдуть з ладу в жодній точці кріплень або протипожежного ущільнення по периметру, не спричинить займання на зворотному боці та після гасіння полум'я. Крім того, в жодному разі не повинно статися витоку небезпечної кількості палива або паливно-повітряної суміші, рідина не повинна витікати навколо брандмауера або проходити крізь нього. Крім того, брандмауер повинен стримувати вогонь, не створюючи при цьому небезпечних умов. Електрообладнання має бути сконструйоване та/або встановлене таким чином, щоб у разі несправності, небезпечна кількість токсичних або шкідливих продуктів, диму, чадного газу тощо, не буде розсіяна в салоні екіпажу або пасажирів [2].

Електрообладнання, яке може контактувати з легкозаймистими випарами, повинно бути розроблено та встановлено таким чином, щоб мінімізувати ризик вибуху парів як за нормальних, так і за несприятливих умов несправності [2].

Кисневі запірні клапани високого тиску повинні бути сконструйовані таким чином, щоб забезпечити ефективність повільного відкриття та закриття, щоб уникнути можливого ризику пожежі або вибуху.

Системи заряджання киснем, якщо вони встановлені, повинні бути забезпечені засобами запобігання надмірної швидкості заряджання, що може призвести до небезпечно високих температур всередині система. Система зарядки також повинна забезпечуватися захистом від забруднення [2].

Відсіки, в яких знаходяться компоненти кисневої системи високого тиску, в тому числі джерела кисню, повинні мати достатню вентиляцію для забезпечення швидкого розрідження витоку кисню. Такі відсіки також повинні забезпечувати належний захист від забруднення рідинами та іншими продуктами, що може призвести до ризику пожежі [2].

Якщо передбачені зарядні пристрої на місці, відсіки, в яких вони розташовані, повинні бути доступними ззовні повітряного судна та розташовані достатньо далеко від інших точок обслуговування, обладнання та легкозаймистих матеріалів, таких як мастило, пари палива або гідравлічної рідини, щоб запобігти займанню.

Обладнання, розташоване у визначених пожежних зонах і використовується під час аварійних процедури повинні бути принаймні вогнестійкими [2].

Ізоляція електричних проводів і електричних кабелів, встановлених у будь-якій зоні літака повинні бути самозатухаючими.

Загальна мета конструкції двигуна полягає в тому, щоб гарантувати, що дизайн, використані матеріали та методи будівництва мінімізували виникнення та поширення пожежі. Здатність до вогнезахисту - визначення вогнестійкості, вимагає, щоб усі частини або компоненти трубопроводів для транспортування легкозаймистих рідин були вогнестійкими, залежно від обставин, тоді як загалом вимагає, щоб резервуари для легкозаймистих рідин і пов'язані з ними запірні клапани були також вогнестійкими [3].

Таким чином, необхідно визначити, який рівень вогнезахисту повинен бути показаний для кожного компонента. Здатність повинна бути показана для кожного компонента відповідним маркуванням, що вимагає оцінка протипожежного захисту. Стандарт вогнестійкості, як правило, застосовується до компонентів, які повинні забезпечувати певні функції протягом перших п'яти хвилин пожежі, щоб дати екіпажу час виявити пожежу і безпечно вимкнути двигун. Проте, компоненти масляної системи турбінних двигунів можуть продовжувати пропускати масло після зупинки двигуна через продовження його обертання. Ці ефекти включають обертання масляних насосів, встановлених на коробці передач, і подальше протікання масла через систему змащення. Подача оливи до пожежі може тривати доти, доки триває ефект безперервного обертання, або доки подача оливи не припиниться. Тому компоненти масляної системи повинні оцінити з точки зору пожежної небезпеки (наприклад, кількість, тиск, швидкість потоку тощо), щоб визначити, чи слід застосовувати стандарти вогнестійкості [3].

Досвід показав, що використання певних матеріалів (наприклад, магнієвих і титанових сплавів), для відповідних конструкцій можуть знадобитися запобіжні заходи, щоб запобігти неприйнятній небезпеці пожежі. Має бути врахована можливість спалаху, якщо певні матеріали будуть тертися або контактувати з гарячими газами. Будь-які використовувані матеріали для підкладок, що стираються, необхідно оцінити, щоб гарантувати уникнення небезпеки пожежі чи вибуху [3].

Місце зіткнення з полум'ям. FAA схвалило наступні методи для визначення місць попадання полум'я під час тестування на вогонь.

Загальний метод. Полум'я повинно бути застосовано до елементів випробуваного виробу, які аналізом або випробуванням визначено як критичні щодо наслідків пожежі [3].

Для цього підходу визначення місця (місць) спалаху полум'я слід розглядати як мінімум такі потенційні фактори:

- Матеріали;
- Геометрія;
- Критичні характеристики частини;
- Локальні факельні ефекти;
- Вібрація;
- Внутрішній рівень/тиск/швидкість рідини;
- Поверхневі покриття;
- Вогнезахисні властивості.

Метод аналізу встановлення. Для цього методу план тестування може враховувати весь потенціал джерела вогню в передбачуваній установці під час визначення місця спалаху полум'я. Метою є визначення місць або об'єктів, на які неможливо безпосередньо вплинути пожежі та оцінити критичні характеристики в місцях, які можуть бути безпосередньо зачеплені. Якщо заявник обирає цей підхід до аналізу інсталяції, він повинен ґрунтуватися на фактичній передбачуваній інсталяції, і має враховувати, як мінімум, потенційні фактори, зазначені вище, і зокрема такі потенційні фактори встановлення:

- Конструкція капота та гондоли;
- Екранування суміжної конструкції;
- Підкапотний потік повітря;
- Обладнання для створення авіаційних двигунів;
- Джерела палива;
- Джерела повітря.

Переваги автоматичних систем пожежогасіння, згідно з документами FAA Advisory Circulars, можна розглянути через кілька ключових аспектів. Автоматичні системи пожежогасіння забезпечують миттєве виявлення пожежі за допомогою датчиків температури та диму. Це дозволяє зреагувати значно швидше, ніж ручні методи гасіння. Наприклад, у циркулярі AC 33.17-1A (Engine Fire Protection) зазначено, що системи повинні негайно активуватися при виявленні пожежі в двигуні, що дозволяє ефективно запобігти її поширенню.

Оскільки автоматичні системи не вимагають втручання людини, це зменшує ризик для екіпажу. Система сама виконує первинне пожежогасіння, надаючи більше часу для евакуації або додаткових дій екіпажу.

Автоматичні системи дозволяють точно дозувати кількість вогнегасних речовин, як зазначено в AC 25.869-1A (Fire Protection Systems). Це забезпечує ефективне гасіння пожежі без надмірного використання речовин, що може зашкодити іншим компонентам літака.

Завдяки своєчасному виявленню та автоматичному гасінню пожежі, пошкодження літальних апаратів мінімізуються. У довгостроковій перспективі це дозволяє зменшити витрати на ремонт і забезпечує більшу безпеку для пасажирів.

Покращення автоматичних систем пожежогасіння на літаках може бути досягнуто через низку інновацій та вдосконалень, спрямованих на підвищення ефективності систем і безпеки пасажирів та екіпажу. Використання більш чутливих і надійних датчиків для виявлення диму, температури та полум'я може значно підвищити швидкість реагування. Сучасні сенсори з можливістю розпізнавати різні типи пожежі, такі як тліючий дим чи відкрите полум'я, можуть зменшити кількість помилкових спрацьовувань і покращити точність.

Оптимізація енергоспоживання автоматичних систем пожежогасіння дозволить зменшити навантаження на бортові системи літака, що особливо важливо для сучасних моделей літаків із підвищеними вимогами до енергоефективності. Також ефективним буде удосконалення автономних систем, що можуть самостійно гасити пожежі навіть за відсутності електричного живлення чи пошкоджень інших систем, забезпечить додатковий рівень захисту.

Покращення автоматичної взаємодії з іншими системами літака, такими як система управління польотом, може допомогти екіпажу швидше отримати інформацію про місцезнаходження пожежі. Це дозволить екіпажу приймати швидші та ефективніші рішення.

Пошук більш екологічних і ефективних речовин для гасіння пожежі є пріоритетом. Традиційні хладонові речовини (наприклад, Halon 1301) ефективні, але їх використання обмежене через вплив на навколишнє середовище. Розробка безпечніших агентів з меншою шкодою для екосистеми і здоров'я людини може поліпшити пожежну безпеку.

Тому більш ефективним буде використання інертних газів. Системи на основі інертних газів, таких як азот чи аргон, здатні швидко ізолювати вогонь, зменшуючи рівень кисню та запобігаючи його поширенню.

Список літератури

1. Аветісян В.Г., Сенчихін Ю.М., Ораєвський Д.В. Організація аварійно-рятувальних робіт на авіаційному транспорті: навч. посіб. Харків: НУЦЗУ, 2012. 108 с.
2. Advisory Circular: Engine fire protection, AC No: 33.17-lA.
3. Advisory Circular: Fire protection systems, AC No: 25.869-1A.

УДК 656.7:632.4.085.1087.5

А.С. Помісячний, С.В. Петренко, Д.В. Тищук
(Кафедра військової підготовки
Національний авіаційний університет, Україна)

Пожежна безпека в авіаційній галузі

Пожежна безпека в авіаційній галузі є надзвичайно важливою для забезпечення безпеки особового складу, членів екіпажу та літака. Авіаційні органи мають суворі правила запобігання та реагування на пожежі в літаках і аеродромах.

Послідовності дій при пожежі та правила пожежної безпеки в авіаційної галузі.

При виникненні пожежі в авіаційній галузі важливо дотримуватися чіткої послідовності дій та правил пожежної безпеки. Основні етапи включають виявлення пожежі, сповіщення всіх, хто знаходиться поблизу, виклик служби порятунку, евакуацію, гасіння пожежі (якщо це безпечно) та залишення на безпечній відстані від місця пожежі до прибуття пожежних служб. Правила пожежної безпеки в авіаційній галузі передбачають регулярні перевірки систем протипожежної безпеки, забезпечення робочого стану вогнегасників та інших засобів гасіння, а також навчання особового складу щодо дій у разі пожежі.

Знання послідовності дій при пожежі та правил пожежної безпеки є надзвичайно важливими для всього особового складу авіаційної галузі, оскільки авіаційна індустрія включає в себе велику кількість техніки та матеріалів, які можуть бути підвищеної пожежної небезпеки та вибухонебезпечності. Професійність у виконанні правильних дій пожежної безпеки може врятувати життя особового складу, а також запобігти серйозним матеріальним збиткам для авіації. Особовий склад в авіаційній галузі повинен мати ясне розуміння та знати найбільш ефективні методи гасіння пожежі у випадку виникнення пожежі на борту літака. Це включає знання про розташування протипожежного обладнання, евакуаційні шляхи, взаємодію з особовим складом на борту під час надзвичайних ситуацій. Навички та знання з пожежної безпеки також є частиною тренувань, які проводяться регулярно для підтримання високого рівня готовності до виникнення пожежних ситуацій. Такі тренування допомагають працівникам авіації реагувати швидко та правильно в надзвичайних ситуаціях, забезпечуючи безпеку всім, хто знаходиться на борту літака.

Покращення пожежної безпеки на військових аеродромах.

Для значного покращення пожежної безпеки на військових аеродромах необхідно не лише забезпечити сучасну техніку, але й розвивати культуру безпеки серед особового складу. Важливо впровадити новітні технології, такі як дрони для моніторингу території аеродрому на наявність потенційних пожежних загроз або автоматизовані системи з виявленням температурних аномалій.





Рис. 1,2. Вигляд дрона та можливих мість загорянь.

Розумне управління ресурсами також може зіграти важливу роль: наприклад, використання водяних або пінних систем пожежогасіння з мінімальним ризиком пошкодження авіаційної техніки. Крім того, важливо проводити регулярні симуляції пожежних ситуацій, де особовий склад навчався б не лише гасінню пожеж, але й координації між різними службами аеродрому. Це допоможе сформувати швидке і скоординоване реагування на випадок реальної надзвичайної ситуації. Не менш важливо – створення інтегрованої системи моніторингу та обміну даними між пожежними командами, що дозволить оперативно відстежувати ситуацію та реагувати на перші ознаки небезпеки. Впровадження інновацій у цю сферу не тільки знизить ризик пожеж, а й допоможе зберегти життя та важливу військову техніку.

Навчальні програми з використанням віртуальної реальності (VR) для моделювання катастроф є надзвичайно ефективним способом підготовки особового складу до роботи в умовах пожежної небезпеки на військових аеродромах. VR дозволяє створювати реалістичні сценарії надзвичайних ситуацій, які імітують умови пожежі на аеродромі, зокрема біля літальних апаратів чи складів боєприпасів. Такі симуляції включають різні варіанти розвитку подій, які важко або навіть неможливо відтворити під час звичайних навчань, наприклад, великі пожежі, вибухи або аварійні ситуації з витоком пального.

Запровадження навчальних програм для пожежників з використанням VR окуляр та AR шоломів. Користуючись VR, особовий склад може тренуватися діяти в екстремальних умовах, вивчати стратегії евакуації та порятунку людей, а також координацію дій між різними службами аеродрому. Учасники таких навчань можуть виконувати різні завдання, починаючи від гасіння вогню до роботи з пошкодженою технікою та надання першої медичної допомоги. VR дозволяє відпрацьовувати точну координацію дій між пожежниками, медиками та технічними службами для ефективної взаємодії в реальних умовах. Доповнена реальність (AR) також може бути важливим інструментом для пожежних бригад і диспетчерів на аеродромах. Використання AR-шоломів або планшетів для відображення в реальному часі

розташування джерела загоряння, структурних елементів будівлі або літака та маршруту евакуації значно підвищить швидкість і ефективність роботи рятувальних команд.

Такий підхід також допомагає зменшити витрати на реальні навчальні засоби, які потребують великої кількості ресурсів, таких як паливо для симуляцій чи пошкодження техніки. Водночас віртуальні тренування забезпечують вищу інтенсивність підготовки, дозволяючи проводити більше навчань за короткий час і в умовах мінімального ризику.

Розвиток автоматизованих систем управління пожежею, впровадження сучасних автоматизованих систем управління пожежею.

Розвиток автоматизованих систем управління пожежею є критичним для підвищення безпеки авіаційних перевезень та забезпечення швидкого реагування на будь-які інциденти, пов'язані з пожежею, як на аеродромах, так і в літальних апаратах. У цій галузі сучасні технології можуть стати ключовим фактором для створення високоефективних систем виявлення та гасіння пожеж.

Одним із напрямків, який варто розвивати, є інтелектуальні системи моніторингу та виявлення пожежі, які використовують алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання для аналізу даних із різних сенсорів, таких як теплові камери, інфрачервоні сенсори, детектори диму та газу. Такий підхід дозволяє не лише швидко виявляти осередки загоряння, але й розпізнавати потенційно небезпечні умови задовго до того, як пожежа стане явною. Впровадження таких систем значно скорочує час на реагування, зменшуючи ризик поширення пожежі та забезпечуючи швидку локалізацію інциденту.

Для літальних апаратів особливе значення мають автоматизовані системи гасіння пожежі, які можуть автономно діяти в критичних ситуаціях. Вони повинні бути здатними оперативно оцінювати тип загоряння та активувати відповідні засоби гасіння, залежно від природи пожежі: електрична, паливна, або викликана іншими факторами. Наприклад, використання інертних газів або аерозолів для гасіння пожеж на борту літака не тільки знижує ризики для пасажирів, але й не пошкоджує обладнання, що може бути критично важливим для забезпечення продовження польоту або евакуації.

Окрім сенсорів і гасильних систем, необхідно також покращувати мережеву інтеграцію цих систем. Це означає створення єдиної платформи, що об'єднує всі сенсори, системи гасіння та диспетчерські пункти для координації дій у реальному часі. Така система може забезпечувати оперативний обмін даними між підрозділами безпеки аеродрому та екіпажем літального апарата. Це дозволить оперативно приймати рішення щодо гасіння пожежі або евакуації, коли кожна секунда може бути вирішальною.

На додаток до автоматизованих систем гасіння на борту літаків, системи дистанційного управління пожежогасінням можуть стати важливим кроком у розвитку технологій безпеки. Це особливо актуально для ситуацій, коли літальний апарат знаходиться на землі без екіпажу або в разі, коли ззовні потрібна допомога для віддаленого запуску гасильних систем. Така

можливість дозволить швидко втрутитися у критичну ситуацію навіть за відсутності людей на борту.

Однією з перспективних технологій, які можна впроваджувати на аеродромах, є роботизовані пожежні автомобілі з автоматизованим управлінням. Вони можуть бути оснащені високоточними системами навігації та засобами для оперативного гасіння пожеж, що дозволить швидко реагувати на пожежі навіть у важкодоступних ділянках аеродрому.

Не менш важливою є навчальна підготовка особового складу, яка повинна інтегруватися з новітніми технологіями. Пожежні бригади, екіпажі та рятувальні служби повинні проходити регулярні тренування з використанням сучасних автоматизованих систем, щоб забезпечити злагодженість дій у випадку реальної пожежі. Крім того, технології симуляції пожежних ситуацій можуть допомогти більш якісно готувати фахівців.

Загалом, інноваційний розвиток автоматизованих систем управління пожежею може значно підвищити рівень безпеки в авіаційній сфері, знижуючи ризики для людей та інфраструктури. Інтелектуальні системи виявлення, автономне гасіння, інтеграція з іншими системами безпеки та покращення підготовки особового складу створюють надійний фундамент для запобігання пожежам і їх оперативної ліквідації.

Список літератури

1. «ПОЛІТ». СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКИ. ВІЙСЬКОВА ОСВІТА ТА НАУКА: тези доп. XXV Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених (м. Київ, 2-5 квітня 2024). К.: НАУ, 2024. 350 с.

2. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять (01.040.13; 13.220.01) [На заміну ДСТУ2272-93; чинний від 2006-10-01].

3. Національний інститут стандартів і технологій (NIST) – дослідження та рекомендації з пожежної безпеки, зокрема в аеропортах, URL(https://www.nist.gov/el/fire-research-division-73300)

4. Асоціація аеропортів (ACI) – інформація щодо протипожежних заходів у аеропортах URL(https://aci.aero/)

УДК 656.7:614.84

С .В. Петренко, К.В. Омельченко, М. В. Сітніченко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Правила пожежної безпеки під час експлуатації аеродрому

Правила пожежної безпеки на аеродромі, вимоги до пожежної безпеки, та проблеми з якими стикаються у разі порушення цих правил.

Пожежна безпека є критично важливою складовою експлуатації аеродрому, оскільки аеродроми характеризуються високим рівнем техногенних ризиків. Основними факторами ризику є наявність великої кількості пального, мастильних матеріалів, техніки, а також висока концентрація людей. Забезпечення належного рівня пожежної безпеки є обов'язковою умовою для безпечного функціонування авіаційної інфраструктури.

Для забезпечення пожежної безпеки під час експлуатації аеродрому важливо використовувати відповідні матеріали та методи.

По-перше, важливо забезпечити наявність і справність пожежного обладнання. До основних матеріалів відносяться вогнегасники різного типу (порошкові, вуглекислотні, пінні), які повинні бути розміщені у доступних місцях. Крім того, системи спринклерного пожежогасіння автоматично реагують на загоряння, а пожежні крани повинні бути стратегічно розміщені по всьому аеродрому для швидкого реагування. Інші матеріали, такі як вогнестійкі і ізоляційні матеріали, також мають ключове значення для підвищення стійкості до вогню і захисту електричних систем.

По-друге, методи управління пожежною безпекою включають регулярні перевірки і обслуговування технічного стану обладнання і систем пожежогасіння. Важливо проводити профілактичні ремонти і усувати будь-які дефекти до того, як вони стануть причиною пожежі. Навчання персоналу є критичним аспектом, тому регулярні тренінги щодо використання пожежного обладнання та дій у надзвичайних ситуаціях повинні проводитися на постійній основі. Організація симуляцій евакуацій допомагає підготувати співробітників до реальних умов.

Планування і організація також відіграють важливу роль. Необхідно розробити і постійно оновлювати плани пожежної безпеки і евакуації, а також забезпечити безперешкодний доступ до всіх систем і обладнання для пожежних служб. Регулярні аудити безпеки допомагають оцінити відповідність нормам і стандартам, а моніторинг і аналіз даних пожежної безпеки дозволяють вчасно виявляти і усувати потенційні загрози.

Таким чином, комплексний підхід до використання матеріалів і методів пожежної безпеки є основою для ефективного управління ризиками на аеродромі.

Пожежна безпека на аеродромі є критично важливою для забезпечення безпеки авіаційних операцій та захисту життя людей. Для цього необхідно регулярно проводити перевірки і обслуговування аеродрому з метою виявлення

потенційних джерел загоряння, таких як витоки пального чи несправності в електричних системах. Важливо також забезпечити наявність і справність систем протипожежного захисту, таких як спринклери та вогнегасники, які дозволяють оперативно ліквідувати загоряння. Персонал аеродрому повинен проходити регулярні тренінги, що включають навчання методам запобігання пожежам, використанню вогнегасників та діям в надзвичайних ситуаціях. Це забезпечує здатність швидко реагувати на потенційні загрози. Крім того, легкозаймисті матеріали, такі як пальне і хімікати, повинні зберігатися відповідно до вимог безпеки і правильно утилізуватися, щоб зменшити ризик загоряння. Регулярний контроль технічного обладнання, особливо паливозаправних систем, є необхідним для запобігання витокам і аваріям. Необхідно також забезпечити вільний доступ для пожежних автомобілів і аварійних служб до всіх частин аеродрому, щоб забезпечити оперативне реагування. Встановлення і підтримка систем оповіщення про небезпеку допомагає швидко інформувати персонал про пожежі та інші надзвичайні ситуації. Регулярні тренування для перевірки готовності до реагування на пожежі дозволяють підготувати персонал до можливих надзвичайних ситуацій і оцінити ефективність існуючих заходів безпеки. Окрему увагу необхідно приділяти контролю за зберіганням і транспортуванням небезпечних матеріалів, зокрема пального, що є однією з основних загроз для пожежної безпеки на аеродромі. Також обов'язковими є наявність чітко позначених зон евакуації і шляхів виходу, які забезпечують швидку евакуацію людей у разі пожежі. Основні вимоги до пожежної безпеки спрямовані на запобігання виникненню пожеж, їх своєчасне виявлення та ефективне гасіння, а також на організацію належних умов евакуації.

Порушення правил пожежної безпеки може мати серйозні наслідки. Затримки в реагуванні на пожежу можуть призвести до її швидкого поширення, що ускладнює гасіння і може завдати значної шкоди не лише інфраструктурі аеродрому, а й авіаційній техніці, яка є надзвичайно вартісною. Це також створює пряму загрозу для життя і здоров'я як працівників аеродрому, так і пасажирів. У випадку серйозних інцидентів можуть виникати людські жертви через неправильну евакуацію або затримку в наданні допомоги.

Також варто зазначити, що пожежі можуть призвести до екологічних катастроф, якщо відбудеться вибух або витік небезпечних речовин. Нарешті, порушення правил пожежної безпеки може спричинити зупинку операцій аеродрому на тривалий період, що матиме негативний вплив на авіаційний трафік, логістику та економічну стабільність підприємства. Тому дотримання правил пожежної безпеки є критично важливим для безперебійної роботи аеропорту та безпеки всіх учасників процесу.

Висновок.

Дотримання правил пожежної безпеки на аеродромі є життєво важливим для забезпечення безпеки авіаційних операцій та захисту життя людей. Регулярні перевірки та обслуговування, ефективні системи протипожежного захисту, навчання персоналу та контроль за зберіганням небезпечних матеріалів є ключовими аспектами, які допомагають запобігти виникненню пожеж і швидко реагувати на надзвичайні ситуації. Забезпечення вільного доступу для

аварійних служб танаявність систем оповіщення про небезпеку також є критичними для своєчасного реагування. Регулярні тренування і симуляції допомагають перевірити готовність до можливих надзвичайних ситуацій і оцінити ефективність заходів безпеки. Таким чином, комплексний підхід до управління пожежною безпекою сприяє створенню безпечного середовища на аеродромі, що має важливе значення для забезпечення безпеки всіх учасників авіаційних операцій.

Список літератури

1. Наказ № 286 від 07.05.2013 Про затвердження Правил аварійно-рятувального та протипожежного забезпечення польотів у цивільній авіації Україні.

2. Як горять військові склади в Україні: історія пожеж URL: https://www.bbc.com (дата звернення 13.03.2024).

3. Наказ від 29.09.2014 №685 про затвердження положення про пожежну безпеку системі Міністерства оборони України

УДК 623.746.6:614.842:681.5

С.В. Петренко, Д.В. Попова, Д.В. Саміленко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Перспективи розвитку автономних систем пожежогасіння для безпілотних літальних апаратів військового призначення

Дослідження перспектив розвитку автономних систем пожежогасіння для військових БПЛА. Огляд сучасних підходів до інтеграції сенсорних систем, адаптивних алгоритмів і методів гасіння пожеж показує, що ці технології значно підвищують надійність і ефективність БПЛА в бойових умовах, зменшуючи ризик займання і втрат бойових одиниць.

Розвиток безпілотних літальних апаратів (далі - БПЛА) військового призначення відкриває нові горизонти для сучасної війни та забезпечення безпеки. Проте підвищення складності та автономності таких систем вимагає вдосконалення технологій захисту, зокрема пожежогасіння, що є критично важливим для збереження цілісності БПЛА та ефективності виконання завдань. В умовах військових дій пожежі можуть виникати внаслідок бойових пошкоджень, аварій або технічних несправностей, що створює потребу в розробці автономних систем пожежогасіння для таких апаратів. На сьогодні існують кілька перспективних напрямів розвитку автономних систем пожежогасіння, які активно досліджуються в сучасній науковій літературі [1, 2, 3].

Об’єктами дослідження є БПЛА військового призначення, що охоплюють широкий спектр від тактичних розвідувальних БПЛА до стратегічних ударних платформ. Основна увага приділялася аналізу внутрішньої архітектури цих апаратів, зокрема систем енергозабезпечення, компонентів двигунів, паливних баків, а також критичних електронних систем. Враховувалися можливі джерела займання, які можуть виникнути через бойові пошкодження, перегрів компонентів або коротке замикання.

Для оцінки ефективності автономних систем пожежогасіння використовувалася комбінація методів комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень. Зокрема, було застосовано метод кінцевих елементів (FEM) для моделювання процесу займання та розповсюдження пожежі всередині корпусу БПЛА. Цей метод дозволяє точно оцінити вплив різних факторів, таких як тип матеріалу, температурні умови та наявність вентиляційних отворів, на динаміку пожежі [4].

Для моделювання систем пожежогасіння було створено віртуальні прототипи БПЛА, що містять різні типи сенсорних систем: інфрачервоні датчики; детектори диму; термопари та оптичні сенсори. Використовувалися алгоритми машинного навчання для оптимізації роботи сенсорних систем, зокрема для підвищення точності виявлення вогнищ займання та зменшення кількості помилкових спрацьовувань.

Особливу увагу приділяли розробці та тестуванню адаптивних алгоритмів управління автономною системою пожежогасіння. Вони включали механізми прогнозування ймовірності займання на основі аналізу реальних даних про стан компонентів БПЛА, зібраних під час польоту. Алгоритми враховували фактори ризику, такі як ступінь зношеності компонентів, рівень температури та кількість бойових пошкоджень, для автоматичного прийняття рішень щодо застосування відповідного методу гасіння: активного охолодження, ізоляції займання або хімічного гасіння [5].

Додатково було виявлено, що запропоновані методи пожежогасіння мають високу стійкість до пошкоджень. Навіть у випадках відмови окремих сенсорів або компонентів, завдяки надмірності та резервуванню, забезпечуючи вчасне виявлення та гасіння пожежі. Це особливо важливо в умовах бойових дій, де обладнання піддається високим навантаженням та ризику пошкоджень.

У результаті досліджень було виявлено, що найбільш ефективними для автономних систем пожежогасіння в БПЛА є комбіновані підходи, які використовують одночасно кілька методів виявлення та гасіння пожеж. Так, інтеграція інфрачервоних сенсорів з детекторами диму та температури дозволяє швидко ідентифікувати осередок займання, навіть за умов інтенсивних перешкод, що можуть виникнути під час виконання бойових завдань. Розроблені алгоритми управління автономною системою дозволяють оперативно приймати рішення щодо способу гасіння вогню, з урахуванням особливостей конструкції БПЛА та наявності критично важливих компонентів в зонах займання. Крім того, запропонована система має можливість автоматичного відновлення функціональності після успішного гасіння пожежі, що значно підвищує життєздатність БПЛА в бойових умовах [5, 6].

В рамках експериментальних досліджень була розроблена спеціальна випробувальна установка, яка дозволяє відтворювати умови, подібні до реальних бойових ситуацій, включаючи високі температури, динамічні удари та наявність вибухонебезпечних речовин. Для тестування систем пожежогасіння використовувалися піротехнічні суміші, що імітують займання паливних баків та інших легкозаймистих компонентів БПЛА.

Крім того, була проведена серія польових випробувань з використанням прототипів автономних систем пожежогасіння на базі реальних БПЛА, що підтвердили їхню високу ефективність та надійність. Під час тестових польотів, що імітували бойові умови з впливом зовнішніх факторів, таких як вітер, вібрації та різкі зміни температури, система успішно виявляла та ліквідовувала індуковані займання без втручання оператора. Середній час реакції системи складав 2,5 секунди, що є критично важливим для запобігання серйозних пошкоджень апарату та збереження його функціональності під час виконання місії.

Висновки.

Перспективи розвитку автономних систем пожежогасіння для військових БПЛА полягають у підвищенні їх ефективності за рахунок впровадження комбінованих сенсорних систем і адаптивних алгоритмів управління. Отримані результати можуть бути використані для створення

нових поколінь автономних систем пожежогасіння, що підвищить надійність і бойову готовність безпілотних літальних апаратів.

Список літератури

1. Степаненко, О. В. Сучасні системи автономного пожежогасіння для безпілотних літальних апаратів. – Науковий журнал, 2023, 234 с.
2. Іванов, П. М. Безпека військових БПЛА: виклики та рішення. – Монографія, 2022, 488 с.
3. Ніконов, Д. А. Автономні системи управління та захисту БПЛА. – Науковий вісник, 2023, 290 с.
4. Сміт, Дж. Моделювання пожежних ситуацій в авіаційних системах. – Журнал авіаційної техніки, 2022, 300 с.
5. Браун, Т. Інтеграція сенсорних систем для виявлення пожеж на БПЛА. – Науковий вісник, 2023, 285 с.
6. Дювал, Ж. Автономні алгоритми гасіння пожеж в безпілотних апаратах. – Монографія, 2024, 305 с.

УДК 614.84 629.113 351.74

О.С. Паюк, Я.І. Бахмач, Я.М. Влад
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Зростання кількості пожеж в Україні у 2021-2023 роках: наслідки війни та руйнування інфраструктури

У статті розглянуто збільшення кількості випадків пожеж в Україні внаслідок військових дій у 2021-2023 роках. Основними причинами пожеж стали руйнування житлових, промислових і енергетичних об'єктів через обстріли та авіаудари. Підкреслено складнощі у роботі пожежних служб в умовах війни та загрози для населення і навколишнього середовища.

У 2021-2023 роках спостерігалося значне збільшення кількості випадків пожеж, що пов'язано з військовими конфліктами та втратою контролю над деякими регіонами. Дані свідчать про те, що частота виникнення пожеж зросла, що може бути наслідком руйнувань інфраструктури та підвищення напруги у відповідь на екстремальні обставини. Крім того, часто фіксуються навмисні підпали, спричинені бойовими діями або саботажем. Також ускладнення процесів пожежогасіння через руйнування систем цивільного захисту та обмежений доступ до ресурсів створюють додаткові труднощі у боротьбі з пожежами. Ситуація ускладнюється збільшенням кількості промислових і техногенних аварій, які сприяють поширенню вогню та екологічним катастрофам.

У 2021-2023 роках в Україні відбулося значне збільшення кількості випадків пожеж, що безпосередньо пов'язано з повномасштабною війною. Бойові дії, що тривають на значній частині території країни, призвели до руйнування критичної інфраструктури, включно з житловими будинками, промисловими підприємствами, енергетичними об'єктами та складськими приміщеннями. Обстріли, авіаудари та артилерійські атаки стають причиною численних пожеж у регіонах, які зазнали найбільшого впливу військових дій. Особливо в зоні активних бойових дій, пожежі виникають не лише внаслідок влучань у будівлі, але й через пошкодження нафтових сховищ, складів боєприпасів та інших об'єктів з легкозаймистими матеріалами.

Пожежні служби часто мають обмежені можливості для реагування, оскільки руйнування інфраструктури, небезпека нових обстрілів та труднощі з доступом до постраждалих територій суттєво ускладнюють їхню роботу. Крім того, використання зброї, що містить запальні елементи, і навмисні підпали в рамках бойових дій стають додатковими факторами, що підвищують ризик виникнення масштабних пожеж.

Руйнування промислових об'єктів і об'єктів енергетичної інфраструктури не лише провокують локальні катастрофи, але й мають

довготривалі наслідки для екології, що ускладнює відновлення зруйнованих регіонів після завершення конфлікту. Водночас пожежі, спричинені воєнними діями, ставлять під загрозу життя мирного населення та призводять до втрат житла, культурної спадщини й інших важливих об'єктів.

У зв’язку з нинішніми обставинами та періодичними ракетними атаками та атаками БПЛА, пожежі стали частішими, а добиратись до осередку пожежі в деяких випадках в короткий термін стає проблематично. Цьому свідчить діаграма кількості виникнення пожеж за 2021-2023 роки, на території України (рис.1.).

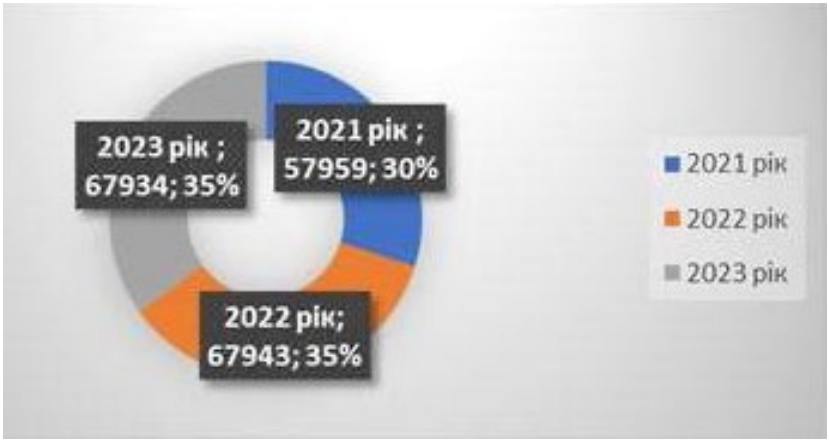


Рис. 1. Діаграма кількості виникнення пожеж на території України

Техніка, яка стоїть на озброєнні в військових частинах, потребує модернізації, а ще краще заміни. Проаналізувавши пожежну техніку, яка стоїть на озброєнні у провідних країнах світу, пропоную взяти на озброєння універсальний пожежний автомобіль Rosenbauer Tigon (рис.2.).



Рис.2. Rosenbauer Tigon

Візуально Rosenbauer Tigon нагадує фантастичну машину, але насправді цей пожежний автомобіль розроблений для подолання всіх можливих розбитих ракетами чи БПЛА ділянок доріг. Він має незалежну підвіску та фірмову хребтову раму.

Дивовижну колісну формулу яку він перейняв від військової машини Tatra Force 8×8 або 10×10. Rosenbauer Tigon на відміну від інших ПА створений на базі військової машини, що вже дає перевагу на відміну від теперішніх ПА.

Rosenbauer Tigon оснащений 700-сильним двигуном від Volvo D16 в сукупності з автоматичною коробкою передач Allison. Їх тандем дозволяє прискорюватись до 80 км/год за 35 секунд і набирати до 120 км/год.

Місткість відсіків для рідин під стать титанічної машини: стандартний Tigon готовий взяти на борт 9000 літрів води та 3500 літрів піноутворювача. Турель на бампері здатна в хвилину вивергати 2000 літрів вогнегасної речовини на відстань до 70 метрів, а лафетний ствол вивергає 9500 л/хв на 100 метрів.

Загальний стан пожежної безпеки в Україні на 2024 рік вказує на ряд серйозних викликів, що потребують комплексного вирішення. Модернізація техніки, підвищення рівня фінансування, вдосконалення законодавства та просвіта населення — всі ці аспекти потребують термінових дій для підвищення безпеки країни в умовах постійної загрози.

Список літератури

1. Методичний посібник підготовка підрозділів охорони арсеналів, баз, складів, аеродромів, пунктів управління, позицій (позиційних районів РВІА, ЗРВ, ЗТГ), ВП 7-73(03).01, військова навчально-методична публікація командирам підрозділів (військовослужбовцям) з підготовки підрозділів охорони, 2019.

2. Державний стандарт України №2273:2006“ПРОТИПОЖЕЖНА ТЕХНІКА”.

3. Довідник керівника гасіння пожеж, П. А.Коротинський та ін., за ред. В. С. Кропивницького.К.: ТОВ «Літера-Друк», 2016.

УДК 623.746

О.І. Зарицький, канд.техн.наук, Д.О. Тикул, Н.Ю. Цаплан
(Національний авіаційний університет, Україна)

Пожежна безпека та актуальні виклики в військовій авіації.

Наводяться та аналізуються проблемні питання щодо пожежної безпеки у військовій авіації. Пропонуються шляхи розв'язання вказаних питань.

Пожежна безпека у військовій авіації є критично важливим аспектом для забезпечення безпеки та ефективності операцій. Пожежі можуть виникати через різні фактори, включаючи ворожі атаки, технічні неполадки або аварійні ситуації. Тому управління пожежною безпекою є важливою частиною діяльності військової авіації та критично важливим аспектом для забезпечення безпеки особового складу, техніки та матеріальних ресурсів.

Військова авіація України відіграє важливу роль у забезпеченні національної безпеки та оборони країни. Її основне призначення включає захист повітряного простору, підтримку наземних військ, а також виконання розвідувальних та ударних завдань.

Призначення військової авіації України[4]:

1.Захист повітряного простору: Виявлення та знищення ворожих літальних апаратів, забезпечення контролю над повітряним простором країни.

2.Підтримка наземних військ: Нанесення ударів по ворожих позиціях, підтримка операцій сухопутних військ, забезпечення транспортних і медичних перевезень.

3.Розвідка і спостереження: Збір інформації про розташування і переміщення ворожих сил, моніторинг ситуації в зоні конфлікту.

4.Виконання спеціальних завдань: Проведення антитерористичних операцій, евакуація важливих осіб та гуманітарні місії.

Склад військової авіації України[4]:

Тактична авіація — це різновид військової авіації, який призначений для ведення самостійних або спільних операцій з сухопутними військами. Вона діє на театрах воєнних дій, підтримуючи бойові операції на землі. До складу Повітряних Сил належать роди авіації: бомбардувальна, винищувальна, штурмова, розвідувальна, транспортна, спеціальна, БПЛА.

Армійська авіація — це складова військ що входить до складу Сухопутних Військ (штурмові вертольоти, багатофункціональні вертольоти) і виконує завдання, пов'язані з підтримкою бойових дій на землі.

Морська авіація Військово-Морських Сил має на озброєнні літальні апарати наземного і корабельного базування та включає протичовнові, транспортні, пошуково-рятувальні компоненти та авіацію вогневої підтримки дій військ (сил).

Загалом, військова авіація — це не лише техніка, а й важливий елемент національної оборони, який забезпечує безпеку та стратегічну перевагу.

Пожежна небезпека на об'єктах військової авіації можуть виникати з різних причин, і важливо вживати заходи для їх попередження, а у разі виникнення ефективного подолання [2].

Пожежа є одним із найрозповсюдженіших видів техногенних небезпек і спостерігається через неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі та просторі [1].

До основних причин виникнення пожежі на об'єктах військової авіації відносяться: ворожі атаки (бойові дії), диверсійні дії або терористичні акти, аварії катастрофи літаків, вертольотів, технічні несправності авіаційної техніки та техніки обслуговування, помилки при експлуатації авіаційної техніки, людський фактор, погодні умови, наявність вибухонебезпечних речовин (набої, боєприпаси, паливо-мастильні матеріали), пожежі на прилеглих об'єктах.

Причинами виникнення пожеж на авіаційній техніці є: ворожі атаки (бойові дії), відмова електричної системи, порушення в паливній системі, порушення техніки безпеки підчас заправки, розряди атмосферної електрики, механічні пошкодження, порушення правил пілотування пілотами, порушення правил експлуатації техніками, тощо.

Класифікація пожеж внаслідок воєнних дій може бути доволі складною, оскільки навіть одна подія може спричинити кілька видів шкоди. Крім того, варто враховувати, що це тільки загальні категорії, а конкретні ситуації можуть варіюватися в залежності від конкретних обставин [3].

Пожежна безпека у військовій авіації під час війни має особливе значення з кількох причин:

1.Високий рівень ризику**:** Військова авіація працює в умовах активних бойових дій, що підвищує ймовірність виникнення пожеж через пошкодження авіаційної техніки, боєприпасів або пального.

2.Вартість і значення техніки**:** Військові літаки та інша авіаційна техніка є дорогими і стратегічно важливими ресурсами. Втрата або пошкодження таких одиниць техніки може мати серйозні наслідки для оперативної спроможності і безпеки.

3.Безпека персоналу**:** Екіпажі літаків, технічний персонал та інші військові спеціалісти мають бути захищені від ризиків, пов'язаних з пожежами. Належна підготовка і заходи безпеки можуть врятувати життя і зменшити травматизм.

4.Оперативність**:** У бойових умовах важливо, щоб військова техніка була готова до негайного використання. Пожежі можуть викликати затримки в обслуговуванні та ремонті літаків, що вплине на їхню оперативність.

5.Захист стратегічних об'єктів**:** Аеродроми, склади боєприпасів і пального є критично важливими об'єктами, які можуть стати мішенями для атак. Належна пожежна безпека допомагає запобігти руйнуванням та зменшити вплив атак на ці об'єкти.

6.Наслідки для навколишнього середовища: Пожежі на військових базах або в зоні бойових дій можуть мати негативний вплив на навколишнє середовище, що може призвести до подальших екологічних і соціальних проблем.

7.Дотримання стандартів і протоколів: Під час війни важливо дотримуватися міжнародних стандартів і протоколів пожежної безпеки для забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

Основними заходами щодо запобігання виникненню пожеж на об'єктах військової авіації є:

1. Протипожежні заходи на аеродромах:

- Інфраструктура: Наявність спеціалізованих протипожежних споруд, таких як резервуари для води, системи водопостачання, спеціальні пожежні станції.

- Огляд і технічне обслуговування: Регулярна перевірка та обслуговування протипожежного обладнання, включаючи системи спринклерів, вогнегасники та пожежні машини.

2. Забезпечення безпеки авіаційної техніки:

- Технічний стан: Регулярний огляд і технічне обслуговування літаків та іншої техніки для запобігання витокам пального і можливих коротких замикань.

- Зберігання пального: Дотримання норм безпеки при зберіганні і заправці літаків, зокрема використання захисних систем для попередження витоків.

3. Протипожежні тренування і підготовка:

- Навчання персоналу: Регулярні тренування для особового складу щодо дій у випадку пожежі, включаючи користування протипожежними засобами і евакуацію.

- Симуляції: Проведення тренувальних маневрів для відпрацювання дій у реальних умовах, таких як аварійна посадка або загоряння під час технічного обслуговування.

4. Безпека на борту літаків:

- Аварійні системи: Наявність на борту літаків систем раннього виявлення диму і вогню, а також автоматичних систем гасіння пожежі.

- Процедури у разі загоряння: Докладні інструкції та протоколи для екіпажу і пасажирів про дії у разі пожежі, включаючи використання рятувальних засобів і обладнання.

5. Контроль і моніторинг:

- Системи спостереження: Встановлення камер відеоспостереження і датчиків для моніторингу потенційних джерел пожежі на території аеродромів авіабаз.

- Звітування і аналіз: Регулярне ведення звітів про інциденти та проведення аналізу для вдосконалення процедур безпеки.

6. Співпраця з цивільними службами:

- Координація: Тісна співпраця з місцевими пожежними службами і медичними установами для швидкого реагування у випадку пожежі.

Пожежна безпека у військовій авіації є комплексною системою заходів, що включає запобігання, гасіння, навчання та реагування. Вона потребує постійного вдосконалення і оновлення з урахуванням нових технологій, зміни умов експлуатації і потенційних загроз. Забезпечення високого рівня пожежної

безпеки є важливим для захисту життя особового складу, техніки та забезпечення ефективності військових операцій.

Список літератури

1. Наказ начальника Генерального штабу – Головнокомандувача Збройних Сил України від 25.09.2018 року № 318 “Про затвердження Інструкції з організації діяльності штатних пожежно-рятувальних підрозділів та гасіння пожеж на об’єктах Міністерства оборони України та Збройних Сил України”.

2. Наказ Міністерства оборони України від 02.04.2019 року №143 “Про затвердження Правил забезпечення пожежної безпеки в системі Міністерства оборони України”, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 11.07.2019 за № 764/33735.3.

3. Довідник керівника гасіння пожежі: [Науково-виробниче видання.] – Київ: ТОВ “Київська книжково-журнальна фабрика”, 2017, – 320 с.

4. https://www.mil.gov.ua/.

УДК 614.84:656.7

С.В. Петренко, І.І. Чуп, В.М. Цимбаленко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Пожежна безпека в авіаційній галузі

Забезпечення пожежної безпеки в авіаційній галузі є критично важливим аспектом, що впливає на інфраструктуру та безпеку особового складу. Розглянуто причини забезпечення пожежної безпеки в армійській авіації. Запропоновано забезпечити пожежні підрозділи пересувними вогнегасниками ВВК-400 або іноземними аналогами.

Причини забезпечення пожежної безпеки у армійській авіації.

Забезпечення пожежної безпеки в армійській авіації є критично важливим аспектом, що впливає на безпеку особового складу та інфраструктури. Гелікоптери армійської авіації відіграють ключову роль у забезпеченні бойових операцій, транспортуванні особового складу та вантажів, евакуації поранених та інших важливих завдань. Водночас, їх застосування пов'язане з підвищеними ризиками, зокрема загрозою виникнення пожеж. Пожежі на об’єктах та техніці армійської авіації можуть спричинити серйозні наслідки, включаючи пошкодження дорогоцінної техніки, поранення та загибель особового складу, а також втрату бойової готовності. Армійська авіація це найбільш маневрений рід Сухопутних військ Збройних Сил України і може використовуватись у різноманітних умовах, а саме:

- для авіаційної підтримки військ шляхом ураження наземних або морських, броньованих, рухомих об’єктів противника (як правило малорозмірних) переважно на передньому краї і в тактичній глибині;
- для вирішення завдань всебічного забезпечення загальновійськового бою;
- для вирішення широкого кола навіть не бойових завдань тому, що вертольоти, які є в їх складі, є багатоцільовими апаратами;
- Наприклад, у відповідності з призначенням ударна група армійської авіації при якісній підготовці екіпажів вертольотів у складі 10-12 Мі-24В здатна за один виліт знешкодити до 46-56 танків чи БТР на відкритій місцевості, або 25-30 танків у обвалуваннях (вогневе завдання);
- Вертоліт Мі-8ППА, що знаходиться в зоні на відстані 20-30 км від противника, здатен шляхом створення активних перешкод радіолокаційним станціям виявлення повітряних цілей, наведення винищувачів і цілевказання зенітно-ракетним комплексом зменшити ймовірність виявлення повітряних цілей в 1,5-2 рази;
- Вертоліт Мі-8, що має боєкомплект 200 мін, здатен поставити: один ряд мін довжиною 995 м за 3.25 хв., або двох рядне мінне поле площиною 130000 кв. м. за 6.25 хв.

Враховуючи високу бойову ефективність цих вертольотів велику роль в збереженні боєздатності підрозділів армійської авіації несе пожежна охорона,

яка забезпечує пожежну безпеку польотів та пожежний захист авіаційної техніки та об’єктів бригади.



Рис. 1. Гелікоптер ЗСУ завдає удару по військам противника.

Особливості організації гасіння пожежі в ангарах техніко-експлуатаційної частини.

Одним з найбільш пожежонебезпечних об’єктів є техніко-експлуатаційна частина (далі-ТЕЧ). Особливим приміщенням ТЕЧ є ремонтний зал, розташований у центрі будівлі. Одна стіна ТЕЧ являє собою розсувні ворота з декількох рухомих секцій, що приводяться в рух електродвигунами та ручними приводами.



Рис. 2. Авіаційний ангар (ТЕЧ)



Рис. 3. Гелікоптер що знаходиться в ТЕЧ

Розвиток пожеж на гелікоптерах, що знаходяться в ТЕЧ, відбувається так само інтенсивно, як і під час аварій. Але внаслідок наявності задимлення та загрози завалення покриття обстановка значно складніша. Розповсюдженню горіння в ангарі сприяє значний повітряний обмін. Під час ремонту гелікоптерів отвори у фюзеляжах, як правило, відкриті, кожухи та щити зняті, частково відсутня обшивка. Усе це створює сприятливі умови для розвитку пожеж.

Середня швидкість розповсюдження горіння твердими матеріалами у середині ангарів буває у межах 0,5-1 м/хв. Покриття по металевих конструкціях, незахищених від дії температур, в умовах пожежі можуть завалюватись через 20-25 хв. Одним з першочергових завдань під час гасіння пожеж в ТЕЧ є визначення необхідності евакуації вертольотів з будівлі. Евакуація можлива, якщо гелікоптери стоять не на підставках, а на шасі.

Евакуацію проводять терміново коли:

- сил та засобів, які є недостатньо для гасіння або захисту покриття від завалювання, а швидкість розвитку пожежі перевищує швидкість зосередження сил та засобів;
- гелікоптер, що горить, знаходиться у першому ряді від воріт;
- локалізацію пожежі неможливо здійснити на протязі 15-20 хв.

При сильному задимленні ТЕЧ організовується боротьба з димом. Найбільш прийнятним способом видалення диму є комплексне використання аерації та вентиляційних систем. Для цього відкривають світлові ліхтарі, за скління над воротами, відключають припливну вентиляцію і, якщо не проводиться евакуація гелікоптерів, то закривають ворота.

Під час горіння авіаційного палива, що розтікається, чи малогабаритного обладнання, розташованого на підлозі, при гасінні авіаційного палива найбільший ефект дає застосування піни середньої кратності. Якщо горіння відбувається на значній площі великогабаритного обладнання або корпусу гелікоптера, гасіння ведеться потужними повітряно-пінними стволами або розпиленими струменями води.

У середині фюзеляжу гелікоптеру пожежу доцільно гасити піною середньої кратності, а при відсутності обшивки та відкритих отворів можна використовувати поверхневе гасіння струменями води або піни з СПП-4.

Особливість полягає у тому, що гелікоптери на стоянках знаходяться на справних шасі і тому їх можна відкочувати від гелікоптера що горить.

Внаслідок великого горючого завантаження у вигляді горючих рідин, гуми, різноманітних пластиків та інших матеріалів, що мають велику швидкість вигоряння та димоутворюючу властивість, приміщення ТЕЧ задимлюються дуже швидко.

На теперішній час у багатьох провідних країнах світу, у тому числі і в Україні, відбувається оновлення технічних засобів пожежогасіння відповідно до рівня науково-технічних досягнень і вимог світових стандартів. На зміну застарілій пожежній техніці та оснащенню розробляються нові зразки техніки, зокрема ручні пожежні стволи, що формують спрямований потік розпиленої маси води.

Прикладом такої установки є відома установка пожежогасіння фірми-виробника «ROTFIRE» Туреччина. Відмінною рисою установок «ROTFIRE» є наявність ствола-пістолета високого тиску «Firegan», який створює дрібнодисперсний тонкорозпилений струмінь води дальність якого становить до 20 метрів. При цьому перемикання між режимами гасіння (водою і піною) здійснюється практично миттєво (натисненням однієї кнопки).

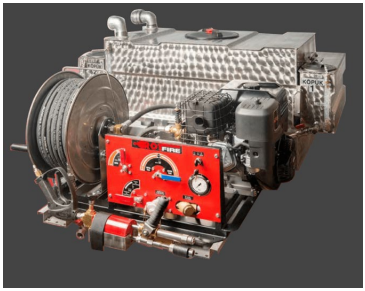


Рис. 4. Установка пожежогасіння «ROTFIRE»



Рис. 5. Ствол-пістолет високого тиску «Firegan»

Така установка забезпечує подачу вогнегасної речовини з витратою від (0,5 до 1,2) л /с. Залежно від моделі установка може бути укомплектована баками з водою об'ємом від (300 до 1300) літрів і баками з піною об'ємом від (60 до 200) літрів. Переваги гасіння пожеж стволами високого тиску такі:

- швидкісний напір (коли компактний, високошвидкісний струмінь води за рахунок кінетичної енергії здатен збити або відтіснити полум'я);

- охолоджуючий ефект (за рахунок інтенсивного випаровування часточок води різко падає температура в зоні горіння);

- ізолюючий ефект (за рахунок утворення великої кількості парогазової фракцій безпосередньо в зоні горіння);

- осаджуючий ефект (здатний подавити та осадити продукти горіння (дим, киптяву, сажу).

Тому у багатьох країнах світу широкого застосування набула технологія тонкого розпилу водних вогнегасних речовин, яку забезпечують сучасні переносні мобільні установки високого тиску. Використання таких технологій під час гасіння пожеж дає змогу значно збільшити ефективність використання води. Це відбувається за рахунок утворення капель води діаметром не більше 200 мкм, що призводить до збільшення площі поверхні капель води, які реагують з полум'ям, чим забезпечується швидке випаровування води, зниження температури в зоні горіння та збільшення кількості утворення об'єму пара. Водяна пара відіграє роль флегматизатора і знижує концентрацію кисню, що призводить до зменшення інтенсивності горіння або його припинення. Висока ефективність переносних установок пожежогасіння, що поєднує малі витрати вогнегасної речовини при високому тиску, забезпечує компактність і високу ступінь оперативності розгортання системи, що дозволяє розглядати її як засіб першої допомоги, що перевершує широко поширені в даний час засоби пожежогасіння.

Висновки

Установка таких систем в ТЕЧ дозволить особовому склад який в ній працює у разі загоряння розпочати гасіння та не давати поширюватись вогню до приїзду ПРП або навіть самостійно її ліквідувати.

Список літератури

1. Наказ начальника Генерального штабу – Головнокомандувача Збройних Сил України від 25.09.2018 року № 318 "Про затвердження Інструкції з організації діяльності штатних пожежно-рятувальних підрозділів та гасіння пожеж на об'єктах Міністерства оборони України та Збройних Сил України".

2. Заходи безпеки у Збройних Силах України: навчальний посібник навчальний посібник / О. Водчиць, І. Скворок, Г. Чугуй, М. Швець та ін.

3. Наказ Міністерства оборони України від 29.09.2014 № 685 "Про затвердження Положення про пожежну безпеку в системі Міністерства оборони України", зареєстрований в Міністерстві юстиції України 02.12.2014 за № 1537/26314, в редакції наказу № 224 від 24.06.2020.

УДК 656.7.086.7.+614.841.41

С.В. Петренко, В.В. Сисак
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Пожежна безпека при перевезенні небезпечних вантажів повітряним транспортом

Детальний розбір класифікації небезпечних вантажів, на які класи вони поділяють. Інструкція з підготовки експлуатації вантажів. Та підготовка персоналу який задіюється для їх перевезення.

Основні документи пожежної безпеки при повітряних перевезеннях та технічні інструкції ICAO DOC 9284 AN/928 та правила IATA.

Перевезення небезпечних вантажів повітряним транспортом є важливою і складною операцією, яка вимагає особливої уваги до питань безпеки, зокрема пожежної безпеки. Небезпечні вантажі – це речовини, матеріали та вироби, які внаслідок притаманних їм властивостей та особливостей можуть становити значну загрозу для життя і здоров'я людей, спричиняти матеріальні збитки, завдавати шкоди довкіллю. При авіаційних перевезеннях ці ризики зростають через особливості польотів – обмежений простір, неможливість швидкої евакуації, великі швидкості та висоти. Тому забезпечення пожежної безпеки при транспортуванні небезпечних вантажів літаками є першочерговим завданням для всіх суб'єктів авіаційної діяльності [1].

Основними документами, які регламентують питання пожежної безпеки при повітряних перевезеннях небезпечних вантажів в Україні є: Повітряний кодекс України; Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»; Авіаційні правила України «Порядок та умови повітряних перевезень небезпечних вантажів»; Технічні інструкції з безпечного перевезення небезпечних вантажів повітрям ICAO Doc 9284 AN/905; Керівництво з відповідних дій в аварійній ситуації щодо інцидентів з повітряними суднами, які перевозять небезпечні вантажі ICAO Doc 9481 AN/928; Правила IATA «Dangerous Goods Regulations», документи встановлюють загальні принципи, вимоги та процедури щодо класифікації, упаковки, маркування, документального оформлення, приймання, зберігання, завантаження, перевезення, розвантаження небезпечних вантажів, а також дій персоналу в аварійних ситуаціях.

Забезпечення належної пожежної безпеки вимагає детального поділу небезпечних вантажів на класи відповідно до їх небезпечних властивостей. Згідно з Технічними інструкціями Міжнародної організації цивільної авіації (ІСАО), небезпечні вантажі класифікуються за дев'ятьма основними класами.

Клас 1 включає вибухові речовини та вироби, що мають значний ризик детонації.

Клас 2 охоплює гази, які можуть бути займистими, незаймистими або токсичними, вимагаючи специфічних заходів безпеки залежно від їх властивостей.

Клас 3 представляє легкозаймисті рідини, що є потенційно небезпечними через низьку температуру спалаху.

До Класу 4 належать легкозаймисті тверді речовини, які можуть спричинити пожежу при контакті з джерелами тепла.

Клас 5 включає окиснюючі речовини та органічні пероксиди, які можуть викликати або сприяти займанням інших матеріалів.

Клас 6 охоплює токсичні та інфекційні речовини, що можуть завдати шкоди здоров'ю людей і тварин.

Радіоактивні матеріали віднесені до Класу 7 і потребують особливої уваги через їх іонізуюче випромінювання.

Клас 8 включає корозійні речовини, здатні викликати руйнування живих тканин або інших матеріалів при контакті. Нарешті,

Клас 9 охоплює інші небезпечні речовини та вироби, які не потрапляють під визначення попередніх класів, але все ще становлять значний ризик [2,3].

Кожен із зазначених класів додатково підрозділяється на підкласи, категорії та групи, що дозволяє точніше ідентифікувати небезпечні властивості кожної речовини чи виробу. Належна упаковка є критично важливою для попередження витоків, розсипів, займання небезпечних вантажів. Пакувальні комплекти для авіаперевезень мають бути високоякісними, міцними, герметичними, стійкими до вібрацій, перепадів температури і тиску. Вони повинні успішно проходити випробовування відповідно до вимог Технічних інструкцій. Внутрішні пакування забезпечуються прокладними і абсорбуючими матеріалами. На зовнішній тарі не допускається наявність слідів небезпечних речовин. Кожне вантажне місце з небезпечними вантажами має мати відповідне маркування із зазначенням номеру ООН, належної назви вантажу, знаків небезпеки (у вигляді ромбів з піктограмами), відміток про спеціальні умови тощо. Вантажовідправник оформлює декларацію про небезпечні вантажі та, при потребі, додаткові документи (дозволи, сертифікати тощо). Всі написи і знаки небезпеки мають бути різномовними, розбірливими і довговічними [1].

Експлуатант може здійснювати перевезення небезпечних вантажів лише за наявності відповідного дозволу від уповноваженого органу з питань цивільної авіації. Персонал всіх суб'єктів авіаційної діяльності, задіяний у перевезеннях небезпечних вантажів, має пройти спеціальну підготовку залежно від їх функціональних обов'язків і періодично оновлювати свої знання та навички. На борт повітряного судна приймаються лише належним чином оформлені, перевірені і визнані придатними до перевезення небезпечні вантажі в межах встановлених обмежень.

Пакування з небезпечними вантажами розміщуються в вантажних відсіках окремо від інших вантажів, багажу, пошти і бортприпасів і надійно закріпляються. При цьому враховуються вимоги щодо сумісності окремих класів небезпечних речовин, безпечних відстаней, максимально дозволеної кількості в одному місці тощо. Деякі особливо небезпечні вантажі дозволяється перевозити лише на вантажних, а не на пасажирських повітряних суднах.

Командир повітряного судна обов'язково інформується про наявність, місцезнаходження, характеристики небезпечних вантажів на борту, інформація має бути доступна йому протягом всього польоту.

У разі виникнення аварійної ситуації під час перевезення небезпечних вантажів, екіпаж транспортного засобу забезпечується детальними письмовими інструкціями, які чітко визначають порядок дій у різних сценаріях розвитку подій, інструкції містять крок за кроком алгоритми, що охоплюють як негайні дії для забезпечення безпеки самого екіпажу, так і заходи для мінімізації ризиків для оточуючого середовища та інших учасників дорожнього руху. Наприклад, вони можуть включати вказівки щодо встановлення попереджувальних знаків, інструкції з безпечного покидання транспортного засобу, а також заходи щодо негайного повідомлення відповідних аварійно–рятувальних служб. Крім того, всім членам екіпажу та іншим працівникам, залученим до процесу обробки небезпечних вантажів, надаються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

До таких засобів належать рукавички, маски, захисні окуляри та інші елементи, які дозволяють знизити ризики впливу шкідливих або небезпечних речовин на організм людини [4].

Наявність і правильне використання ЗІЗ є критично важливими для збереження здоров'я та життя працівників, оскільки небезпечні вантажі можуть мати хімічні, біологічні, радіаційні або фізичні властивості, які при неправильному поводженні можуть спричинити серйозні травми або навіть загрозу життю.

Місця, де відбувається приймання, зберігання та завантаження небезпечних вантажів, мають бути обладнані спеціальними засобами пожежогасіння. Важливим є також наявність абсорбуючих матеріалів, які використовуються для нейтралізації розливів рідин або інших речовин, що можуть спричинити пожежу або забруднення навколишнього середовища. Усі ці заходи спрямовані на швидке реагування у випадку інциденту та забезпечення максимальної безпеки в критичних ситуаціях. Окрім того, в таких місцях повинні бути розміщені медичні аптечки, які містять всі необхідні засоби для надання першої медичної допомоги у разі травм або отруєнь. Медичне обладнання та матеріали повинні бути ретельно підготовлені до використання в умовах аварії, а персонал повинен бути навченим їх використанню.

В разі будь–якого інциденту з небезпечними вантажами на борту в польоті (витікання, розсипання, займання, виділення диму, газів та ін.), екіпаж діє згідно з аварійним чек–листом та рекомендаціями ICAO Doc 9481. Першочерговими цілями є порятунок пасажирів та екіпажу і забезпечення безпеки польоту. Відсіки з небезпечними вантажами ізолюються, системи вентиляції відключаються. При стабілізації ситуації здійснюється позачергова посадка в найближчому придатному аеропорту. Командир негайно інформує диспетчерів УПР про характер і деталі інциденту, тип і кількість небезпечних вантажів на борту.

Висновок

Отже, пожежна безпека при перевезенні небезпечних вантажів повітряним транспортом забезпечується комплексом правових, організаційних і технічних заходів на всіх етапах транспортного процесу.

Ключовими факторами є – дотримання вимог нормативних документів; належна підготовка персоналу; коректна класифікація та ідентифікація вантажів; використання сертифікованої тари та пакувальних комплектів; правильне документальне оформлення; обмеження сумісного завантаження; інформування екіпажу; швидке реагування на інциденти.

Список літератури

1. Вантаж небезпечний. Митна енциклопедія : у 2 т. І. Г. Бережнюк (відп. ред.) та ін.. Хм. ПП Мельник А. А., 2013. Т. 1 : А Л. 472 с.

2. Габрієлова Т.Ю, Литвиненко С.Л., Баннов О.В. Організація та технологія доставки спеціальних категорій вантажів. Кондор, Київ, 2018. – 8 – 45 ст.

3. Лукашова, К.С. Удосконалення технологій перевезення небезпечних вантажів авіаційним транспортом: кваліфікаційна робота, 272 Авіаційний транспорт / Лукашова Каріна Сергіївна. – Київ: НАУ, 2021. – 100 с.

4. Про затвердження Авіаційних правил України «Порядок та умови повітряних перевезень небезпечних вантажів». *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0057–21#Text

5. Batarlienė N. Improving Safety of Transportation of Dangerous Goods by Railway Transport. Infrastructures. 2020. № 5 (7). C. 54

УДК: 629.7: 614.84

С.В. Петренко, С.А. Лободенко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Актуальність використання автоматизованих систем у процесі ліквідації пожеж та захисту від них

Розглянуто автоматизовані систем пожежної сигналізації для забезпечення протипожежного захисту на об'єктах різного призначення. Висвітлено ключові аспекти функціонування таких систем, їх роль у мінімізації матеріальних збитків та зниженні ризиків для життя людей. Окрему увагу приділено аналізу ефективності сучасних технологій у боротьбі з пожежами.

Використання автоматизованих систем у забезпеченні пожежної безпеки літаків.

Пожежі є одним із найнебезпечніших явищ, що призводять до значних економічних, екологічних та соціальних збитків. Людські жертви, руйнування інфраструктури, забруднення довкілля — неповний перелік наслідків пожеж як стихійних лих та техногенних катастроф. Тому забезпечення ефективного протипожежного захисту та оперативної ліквідації загорянь є пріоритетним завданням для багатьох галузей людської діяльності. Разом з організаційними заходами, важливу роль у боротьбі з пожежами відіграють новітні технології. Зокрема, впровадження автоматизованих систем пожежогасіння та протипожежного захисту дозволяє суттєво підвищити рівень пожежної безпеки об'єктів, знизити ризики для людей, мінімізувати матеріальні збитки.

Аналіз останніх досліджень показує, що розробці та практичному впровадженню автоматизованих систем у сфері пожежної безпеки приділяється велика увага науковців та інженерів. Створюються спеціалізовані давачі виявлення загорянь та різні типи автоматичних установок пожежогасіння. Проводяться дослідження ефективності різних вогнегасних речовин та способів їх доставки до осередку пожежі. Розробляються алгоритми та програмне забезпечення для автоматизованого керування процесами ліквідації загорянь. Водночас, актуальними залишаються питання підвищення надійності автоматичних протипожежних систем, удосконалення давачів та виконавчих механізмів, оптимізації систем пожежної сигналізації та оповіщення [1].

Аналіз статистичних даних свідчить про те, що кількість пожеж в Україні за останні роки неухильно зростає. У 2023 році зафіксовано 67 тисяч пожеж, що на 18% більше, ніж у 2020 році. При цьому загальні збитки від пожеж склали понад 10,5 мільярдів гривень, а кількість загиблих внаслідок пожеж перевищила 1,7 тисячі осіб. Сучасні автоматизовані системи протипожежного захисту поділяються на три основні групи. Перша група включає системи пожежної сигналізації, які забезпечують своєчасне виявлення ознак горіння. Друга група охоплює системи пожежогасіння, призначені для автоматичної локалізації та ліквідації загорянь. Третя група складається з систем протидимного захисту та керування евакуацією, що запобігають

розповсюдженню диму та полегшують евакуацію людей. Визначення напрямків удосконалення автоматичних протипожежних систем є критично важливим завданням, оскільки сучасні технології повинні забезпечувати максимальну ефективність у боротьбі з пожежами. Подальше вдосконалення таких систем має зосереджуватися на підвищенні чутливості датчиків, скороченні часу реагування та автоматизації процесів гасіння. Оцінка ефективності використання автоматизованих систем для ліквідації загорянь і забезпечення пожежної безпеки об'єктів свідчить про їхню високу результативність у зменшенні матеріальних втрат та зниженні ризиків для життя людей. Важливим напрямком є також інтеграція таких систем з іншими засобами безпеки, що дозволяє створити комплексний підхід до захисту від пожеж [3].

До систем пожежної сигналізації входять різні типи пожежних сповіщувачів: теплові, димові, полум'я. Вони постійно контролюють параметри середовища в приміщеннях і швидко реагують на появу ознак горіння. Отримавши сигнал від давачів, приймально-контрольний прилад вмикає звукову та світлову сигналізацію, сповіщає про пожежу черговий персонал. Далі в роботу вступають системи автоматичного пожежогасіння. Вони бувають водяні, пінні, газові, порошкові, аерозольні. Вибір типу системи залежить від характеристик об'єкта та пожежного навантаження в приміщеннях. Для великих промислових об'єктів найчастіше застосовуються спринклерні водяні або пінні установки пожежогасіння, для невеликих приміщень — модульні системи з газовими або порошковими вогнегасними речовинами.

Значний внесок у забезпечення пожежної безпеки будівель та захист життя людей роблять системи протидимного захисту. До них входять автоматичні димові люки та клапани, вентиляційні пристрої для видалення диму. Деякі сучасні системи дозволяють створювати надлишковий тиск на шляхах евакуації, що перешкоджає розповсюдженню диму.

Впровадження автоматизованих протипожежних систем є однією з найбільш важливих інновацій у сфері пожежної безпеки, що дозволяє значно підвищити ефективність боротьби з пожежами на різних об'єктах. Застосування сучасних засобів автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння має велике значення не тільки для зменшення матеріальних збитків, але й для забезпечення безпеки людей, які знаходяться в будівлях і спорудах. Такий підхід до пожежної безпеки дозволяє мінімізувати втрати від пожеж, запобігти їхньому поширенню та знизити ризик виникнення надзвичайних ситуацій.

Автоматизовані протипожежні системи складаються з різних компонентів, які працюють у тісній взаємодії, щоб виявляти пожежі на ранніх стадіях і оперативно реагувати на загрозу. Одним з ключових елементів таких систем є автоматичні пожежні сповіщувачі, які здатні виявляти ознаки пожежі, такі як дим, тепло або полум'я, і негайно передавати сигнал тривоги на центральний пульт управління. Особливо важливою є роль автоматичних систем пожежогасіння, які можуть бути інтегровані з системами пожежної сигналізації. Такі системи включають в себе автоматичні розпилювачі води, пінних або газових речовин, які можуть бути активовані у разі виникнення пожежі. Вони здатні ефективно загасити полум'я протягом лічених секунд, що

дозволяє запобігти його поширенню на інші частини будівлі або об'єкта. Наприклад, у випадку загоряння на складі, автоматична система пожежогасіння може миттєво розпочати гасіння пожежі, забезпечуючи тим самим збереження товарів і матеріальних цінностей, які знаходяться на складі. Крім складів, автоматичні системи пожежогасіння широко застосовуються на таких об'єктах, як електростанції, морські судна, архіви, музеї, центри обробки даних тощо.

На електростанціях, де велика кількість електричного обладнання і високий рівень енергоспоживання створюють підвищену пожежну небезпеку, використання автоматичних систем пожежогасіння є обов'язковою умовою для забезпечення безперебійної роботи. Вони дозволяють швидко ліквідувати пожежу і мінімізувати ризик виникнення аварій, які можуть призвести до серйозних наслідків. Автоматичні протипожежні системи також є важливим елементом захисту морських суден, де ризик виникнення пожежі на борту є досить високим через наявність великої кількості горючих матеріалів і обмежені можливості для евакуації. Такі системи можуть миттєво реагувати на загоряння і запобігати поширенню вогню, що є критично важливим для забезпечення безпеки пасажирів і екіпажу судна. У музеях і архівах, де зберігаються унікальні культурні та історичні цінності, автоматичні системи пожежогасіння допомагають запобігти непоправним втратам у разі виникнення пожежі. Використання спеціальних газових пожежогасних систем дозволяє ефективно загасити вогонь без завдання шкоди експонатам, що зберігаються в приміщеннях. Центри обробки даних (ЦОД), де зберігаються величезні обсяги інформації і працює критично важливе обладнання, також потребують надійного протипожежного захисту.

Автоматичні системи пожежогасіння в ЦОД забезпечують швидке гасіння пожежі, що дозволяє зберегти важливі дані і забезпечити безперебійну роботу обладнання. Це особливо важливо для компаній і організацій, які залежать від безперервної роботи своїх інформаційних систем і баз даних.Важливо відзначити, що впровадження автоматизованих протипожежних систем не обмежується тільки встановленням обладнання. Для досягнення максимальної ефективності таких систем необхідно проводити регулярне технічне обслуговування і перевірку працездатності всіх компонентів системи. Регулярний моніторинг і тестування системи дозволяють вчасно виявляти і усувати можливі несправності, що забезпечує високу надійність роботи системи в разі виникнення надзвичайної ситуації. Ще одним важливим аспектом впровадження автоматизованих протипожежних систем є навчання персоналу, який працює на об'єкті. Навчання повинно включати інструкції щодо використання системи пожежної сигналізації, дій у разі виникнення пожежі, а також правильного застосування засобів пожежогасіння. Персонал повинен знати, як діяти в екстреній ситуації, щоб максимально швидко і ефективно зреагувати на виникнення пожежі. Крім того, навчання повинно охоплювати не тільки технічний персонал, але й усіх працівників, які можуть опинитися в зоні ризику. Для забезпечення високої ефективності протипожежного захисту важливо також впроваджувати комплексний підхід, який включає в себе не

тільки автоматичні системи пожежогасіння, але й інші заходи, спрямовані на попередження виникнення пожеж.

Проте, незважаючи на досягнутий прогрес, автоматизовані системи протипожежного захисту потребують подальшого вдосконалення в напрямку підвищення надійності, швидкодії, стійкості до зовнішніх впливів. Актуальними залишаються питання уніфікації протоколів взаємодії між компонентами систем пожежної автоматики різних виробників. Важливо також забезпечити регулярне технічне обслуговування протипожежних систем для підтримання їх у працездатному стані. Перспективним напрямком є впровадження інтелектуальних алгоритмів у системах виявлення осередків загоряння з використанням комбінації різних типів сенсорів, відеоаналітики та штучного інтелекту. Забезпечення пожежної безпеки в сучасному техногенному середовищі неможливе без широкого застосування автоматизованих систем протипожежного захисту. Вони відіграють ключову роль у своєчасному виявленні та ліквідації пожеж, зниженні ризиків для людей та матеріальних цінностей. Цілодобовий автоматичний контроль пожежонебезпечних параметрів, швидке реагування на появу ознак займання, ефективна боротьба з вогнем та продуктами горіння - ось головні переваги сучасних протипожежних систем. Дослідження та впровадження новітніх технологій автоматизації у галузі пожежної безпеки залишається важливим та актуальним завданням, від вирішення якого залежить збереження людських життів та матеріальних ресурсів.

Висновок.

Підсумовуючи, автоматизовані протипожежні системи демонструють високу ефективність у захисті об'єктів від пожеж, дозволяючи оперативно ліквідувати до 90% загорянь без втручання людини. Вони є критично важливими для забезпечення безпеки на складах, електростанціях, морських суднах, у музеях, архівах та центрах обробки даних, де ризик виникнення пожежі є особливо високим. Інтеграція цих систем з іншими засобами безпеки, регулярне технічне обслуговування та навчання персоналу значно підвищують їхню ефективність. Загалом, автоматизовані протипожежні системи є невід'ємною частиною сучасних стандартів пожежної безпеки, забезпечуючи максимальний захист життя людей і матеріальних цінностей.

Список літератури

1. Андрієнко М.В. Удосконалення механізмів регулювання процесу забезпечення пожежної безпеки в Україні. Інвестиції: практика та досвід. 2017. №20. С. 46–49.

2. Мала, Ю.А. Актуальність використання автоматизованих систем у процесі ліквідації пожеж та захисту від них. Ю. А. Мала, О. О. Рожкова. Молодий вчений. 2019. № 12. Електронні дані.

3. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua.

УДК629.7:614.8:37.091

С.В. Петренко, А.М. Веремеєнко, С.С. Єлева
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Навчання та підготовка авіаційного персоналу з питань пожежної безпеки

У тезі розглядаються сучасні методи навчання та підготовки авіаційного персоналу з питань пожежної безпеки, зокрема в умовах військових конфліктів. Підкреслюється важливість впровадження інноваційних технологій, таких як вогнестійкі матеріали та автоматизовані системи пожежогасіння.

Вступ.

Сучасна авіація неможлива без високих стандартів безпеки, серед яких пожежна безпека займає одне з ключових місць. Завдяки стрімкому розвитку технологій, авіаційна промисловість впроваджує інноваційні рішення для захисту пасажирів і екіпажу від пожежних ризиків. Це включає використання вогнестійких матеріалів, автоматизованих систем виявлення та гасіння пожежі, а також передових методів навчання персоналу. У цьому контексті розуміння та впровадження сучасних технологій пожежної безпеки стає невід'ємною складовою безпечних польотів. Сучасні технології для забезпечення пожежної безпеки в авіації грають ключову роль у зниженні ризиків та підвищенні рівня безпеки як пасажирів, так і екіпажу. Ці технології охоплюють широкий спектр заходів, включаючи вдосконалення матеріалів, автоматизацію систем виявлення пожежі, а також інновації у навчанні та підготовці персоналу.

Матеріали з вогнестійкими властивостями.

Одним із важливих аспектів сучасної пожежної безпеки є використання матеріалів, здатних витримувати високу температуру та запобігати розповсюдженню вогню. Літакові сидіння, обшивка та конструктивні елементи виготовляються з використанням вогнестійких сполук, що дозволяє значно знизити ризик займання. Новітні дослідження в галузі матеріалознавства спрямовані на пошук легких, міцних та стійких до вогню матеріалів, які забезпечать не тільки безпеку, але й економію палива за рахунок зменшення ваги літальних апаратів.

Автоматизовані системи виявлення та гасіння пожежі.

Сучасні літаки обладнані високотехнологічними системами для виявлення пожежі. Ці системи, як правило, включають датчики диму та температури, які постійно моніторять стан повітряних суден і сповіщають екіпаж про будь-які відхилення. Багато сучасних систем здатні не тільки виявляти загрозу, але й автоматично реагувати на неї, активуючи системи гасіння, що можуть використовувати хімічні засоби, піну чи інертні гази для швидкого гасіння пожежі. Впровадження таких автоматизованих рішень значно скорочує час реагування на інцидент, що може бути критичним для збереження життя пасажирів та екіпажу.

Регулярна перевірка навичок персоналу з питань пожежної безпеки є важливою складовою системи підготовки.

Ці перевірки можуть включати як теоретичні тести, так і практичні випробування. Успішне завершення таких перевірок зазвичай супроводжується отриманням сертифіката, який підтверджує кваліфікацію працівника. Також варто зазначити, що регулярна перепідготовка є обов'язковою для авіаційного персоналу. Це особливо важливо в умовах постійного розвитку технологій та зміни стандартів безпеки. Персонал повинен бути в курсі останніх змін та вдосконалень у системах пожежної безпеки.

Навчання та підготовка в умовах війни.

Військові конфлікти створюють нові виклики для авіаційної безпеки, особливо в контексті пожежної безпеки. В умовах війни загрози для літаків значно зростають, і це вимагає адаптації методів підготовки авіаційного персоналу до нових реалій.

Пожежна безпека в умовах бойових дій.

Під час війни літаки можуть стати мішенню для атак із землі або з повітря, що значно підвищує ризик виникнення пожежі на борту. У таких умовах персонал повинен бути готовий до дій у разі обстрілу, вибуху або інших бойових дій, що можуть спричинити пожежу. Підготовка в таких умовах включає не тільки стандартні процедури пожежогасіння, але й специфічні методи дій у разі пошкоджень, спричинених бойовими діями. Персонал повинен знати, як швидко і ефективно діяти в умовах паніки, обмеженого часу та ресурсів, а також в умовах можливого пошкодження системи пожежогасіння.

Зміцнення конструкцій літаків та вплив на навчання.

В умовах війни літаки часто модернізуються з метою зміцнення їх конструкцій та захисту від бойових дій. Це може включати встановлення системи захисту від ракет та інших видів зброї. Навчання персоналу повинно враховувати ці зміни та адаптувати підходи до пожежної безпеки відповідно до нових конструктивних особливостей літаків. Такі модифікації можуть вплинути на роботу систем виявлення та гасіння пожежі, тому персонал повинен бути добре обізнаний про всі нововведення та знати, як їх ефективно використовувати в умовах надзвичайної ситуації.

Психологічна підготовка до стресових ситуацій.

Один із найважливіших аспектів підготовки авіаційного персоналу в умовах війни – це психологічна стійкість. Стрес, паніка та страх можуть суттєво вплинути на здатність екіпажу діяти ефективно під час пожежі на борту, особливо якщо вона виникає в результаті бойових дій. Навчальні програми повинні включати спеціалізовані курси з управління стресом, які допоможуть персоналу зберігати спокій і діяти раціонально навіть у найскладніших умовах. Це може включати симуляції бойових умов, де персонал вчиться контролювати емоції та зосереджуватися на виконанні завдань з пожежогасіння та евакуації.

Співпраця з військовими та екстреними службами.

В умовах війни авіаційний персонал повинен тісно співпрацювати з військовими та екстреними службами, які можуть надавати підтримку у разі надзвичайних ситуацій на борту. Це включає як координацію дій під час польоту, так і оперативне реагування після приземлення. Навчальні програми повинні враховувати ці аспекти та включати тренування з координації дій з військовими службами. Персонал повинен знати, як взаємодіяти з наземними службами під час евакуації, як правильно передавати інформацію та які дії необхідно вжити для забезпечення безпеки пасажирів та екіпажу.

Системи управління ризиками в авіації.

У контексті пожежної безпеки велике значення має використання систем управління ризиками. Такі системи дозволяють проаналізувати потенційні загрози, розробити стратегії для їх уникнення або мінімізації, а також підготувати персонал до дій у разі надзвичайних ситуацій. На етапі планування польоту враховуються фактори, які можуть спричинити пожежу на борту, включаючи технічні несправності, погодні умови та людський фактор. Це дозволяє екіпажу краще підготуватися до ймовірних сценаріїв розвитку подій і діяти максимально оперативно у разі виникнення пожежі.

Застосування віртуальної реальності у тренуваннях.

Одним із сучасних методів підготовки персоналу є використання віртуальної реальності (VR). Цей підхід дозволяє симулювати різноманітні сценарії розвитку подій, включаючи пожежу на борту, без необхідності проведення реальних навчальних польотів. Тренування у VR-середовищі дозволяють авіаційному персоналу відпрацювати необхідні дії в умовах надзвичайної ситуації, що робить їх підготовленими до подібних інцидентів у реальному житті. Крім того, використання VR-технологій дозволяє знизити витрати на навчання та підвищити його ефективність, адже персонал має можливість багаторазово повторювати критичні моменти тренування.

Висновки.

Навчання та підготовка авіаційного персоналу з питань пожежної безпеки є надзвичайно важливими для забезпечення безпечних польотів. В умовах війни ці вимоги стають ще більш актуальними, оскільки виникають нові загрози, що потребують адаптації підходів до підготовки. Сучасні методи навчання, включаючи використання віртуальної реальності, практичні тренування та психологічну підготовку, дозволяють ефективно підготувати персонал до дій у надзвичайних ситуаціях. Важливим аспектом є також адаптація програм навчання до умов війни, де необхідно враховувати додаткові загрози та специфіку бойових дій. Така підготовка включає аналіз ризиків, вдосконалення матеріальної бази літаків, впровадження інноваційних систем виявлення та гасіння пожежі, а також тісну співпрацю з військовими та екстреними службами. Це дозволяє забезпечити високий рівень пожежної безпеки, що є критично важливим для збереження життя і здоров'я пасажирів та екіпажу під час польотів, особливо в умовах підвищених ризиків війни.

Список літератури

1. Jones A. M. “Fire Protection Systems”. New York: McGraw-Hill Education, 2008. 356 с.

2. Smith J., Brown P. “Fire Safety in Aviation: Technologies and Applications”. “Journal of Aircraft” Vol. 45, No. 3, New York: AIAA, 2009. 247-267 с.

3. Wang L., Zhang Y. “Advances in Fire Detection Systems in Aircraft”. “Aerospace Science and Technology”, Vol. 12, No. 4, Paris: Elsevier, 2010. 341-352 с.

4. “International Civil Aviation Organization (ICAO) Fire Safety Standards”, Doc 9807, Montreal: ICAO, 2015. 112 с.

5. “European Aviation Safety Agency (EASA) Fire Safety Guidelines”, Issue 5, Cologne: EASA, 2017. 135 с.

6. “Federal Aviation Administration (FAA) Fire Safety Standards”, Washington: FAA, 2016. 98 с.

УДК: 629.7: 614.84

С.В. Петренко, П.М. Кишка
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Сучасні системи пожежогасіння в авіаційних ангарах: аналіз ефективності та перспективи розвитку

Досліджено ефективність сучасних систем пожежогасіння в авіаційних ангарах. Проаналізовано спринклерні, газові, пінні та роботизовані системи за критеріями швидкості реагування, площі покриття та економічності. Виявлено перспективність гібридних рішень та інтеграції штучного інтелекту для підвищення безпеки авіаційних об'єктів.

Вступ.

Авіаційні ангари є критично важливими об'єктами інфраструктури, що вимагають особливої уваги до пожежної безпеки. Наявність великої кількості горючих матеріалів, включаючи авіаційне паливо, мастила та різноманітні технічні рідини, у поєднанні з високовартісною авіаційною технікою створює високий рівень небезпеки для пожежно-рятувальних підрозділів. Сучасні системи повинні не лише ефективно ліквідовувати пожежу, але й мінімізувати пошкодження обладнання та забезпечувати безпеку особового складу.

Метою даного дослідження є аналіз ефективності існуючих систем пожежогасіння в авіаційних ангарах та визначення перспективних напрямків їх розвитку. У ході роботи були розглянуті різні типи систем, оцінені їх переваги та недоліки, а також досліджені інноваційні технології, що можуть підвищити рівень пожежної безпеки в авіаційній галузі.

Аналіз існуючих систем пожежогасіння в авіаційних ангарах розпочнемо зі спринклерних систем, які залишаються одними з найпоширеніших засобів пожежогасіння. Їх головними перевагами є відносно низька вартість установки та обслуговування, а також здатність швидко реагувати на виникнення пожежі. Однак, ці системи мають ряд недоліків, зокрема можливість пошкодження чутливого електронного обладнання водою та недостатню ефективність при гасінні пожеж, спричинених горінням авіаційного палива. Крім того, спринклерні системи вимагають регулярного технічного обслуговування для запобігання корозії та засмічення трубопроводів.

Газові системи пожежогасіння, які використовують інертні гази або хімічні сполуки для пригнічення горіння, набувають все більшої популярності в авіаційних ангарах. Їх головною перевагою є відсутність пошкодження обладнання від вогнегасної речовини, що особливо важливо для захисту дорогої авіаційної техніки. Такі системи демонструють високу ефективність при гасінні пожеж різних класів і дозволяють швидко відновити роботу після спрацювання. Проте, вони вимагають герметизації приміщення для ефективної роботи, що може бути складно забезпечити в умовах великих ангарів. Також варто

відзначити потенційну небезпеку для персоналу при використанні деяких газових сполук та високу вартість установки і заправки таких систем.

Системи пінного пожежогасіння особливо ефективні при боротьбі з пожежами, пов'язаними з горінням рідких вуглеводнів, що робить їх цінними для авіаційних ангарів. Вони здатні швидко покрити великі площі і створити захисний шар, який запобігає повторному займанню. Однак, використання пінних систем пов'язане з певними труднощами, такими як складність у видаленні піни після гасіння пожежі та потенційний негативний вплив деяких піноутворюючих складів на навколишнє середовище. Крім того, ці системи вимагають регулярної заміни піноутворюючого концентрату, що збільшує експлуатаційні витрати.

Інноваційним рішенням у сфері пожежогасіння є впровадження роботизованих систем. Ці системи здатні автономно виявляти та гасити пожежі, використовуючи різні вогнегасні речовини. Їх головними перевагами є висока точність націлювання в осередок пожежі та можливість роботи в небезпечних для людини умовах. Роботизовані системи можуть адаптуватися до різних сценаріїв пожежі, що підвищує їх ефективність. Однак, впровадження таких систем пов'язане з високими початковими витратами та необхідністю складного технічного обслуговування. Також існують певні сумніви щодо надійності роботизованих систем в екстремальних умовах, що вимагає додаткових досліджень та випробувань.

Говорячи про перспективи розвитку систем пожежогасіння в авіаційних ангарах, не можна не згадати про інтеграцію штучного інтелекту. Використання алгоритмів машинного навчання відкриває нові можливості для підвищення ефективності протипожежних систем. Штучний інтелект може бути використаний для прогнозування потенційних загроз на основі аналізу даних, оптимізації роботи систем пожежогасіння в реальному часі та автоматичної адаптації стратегії гасіння до конкретних умов пожежі. Це дозволить створити більш "розумні" системи, здатні передбачати та запобігати виникненню пожежних ситуацій.

Перспективним напрямком є також розробка гібридних систем пожежогасіння, які поєднують різні технології в єдину систему. Наприклад, комбінація спринклерних систем з роботизованими установками може підвищити точність гасіння, а інтеграція газового та пінного пожежогасіння дозволить ефективно боротися з різними типами пожеж. Використання адаптивних алгоритмів для вибору оптимального методу гасіння в кожному конкретному випадку підвищить загальну ефективність системи пожежогасіння.

Значний потенціал має застосування нанотехнологій у розробці нових вогнегасних речовин. Створення екологічно безпечних піноутворюючих складів з покращеними властивостями, розробка наночастинок для підвищення ефективності води при гасінні пожеж, впровадження самовідновлюваних вогнезахисних покриттів для авіаційної техніки – все це може значно підвищити ефективність пожежогасіння в авіаційних ангарах.

Важливим напрямком розвитку є створення інтегрованих систем моніторингу та управління, які об'єднують функції виявлення, моніторингу та

гасіння пожеж. Використання мережі сенсорів для раннього виявлення загроз, впровадження систем відеоаналітики для точного визначення джерела займання, автоматизація процесів прийняття рішень при виникненні пожежної ситуації – все це дозволить підвищити загальну ефективність протипожежного захисту авіаційних ангарів.

Окремо варто відзначити важливість розробки нових стандартів та нормативів у сфері пожежної безпеки авіаційних об'єктів. З появою нових технологій та матеріалів виникає необхідність в оновленні існуючих правил та рекомендацій щодо проектування та експлуатації систем пожежогасіння в авіаційних ангарах. Це дозволить забезпечити відповідність систем безпеки сучасним вимогам та викликам.

Впровадження цих інноваційних технологій та підходів дозволить значно підвищити рівень пожежної безпеки в авіаційних ангарах, забезпечуючи більш ефективний захист цінного обладнання та людського життя. Однак, важливо пам'ятати, що жодна технологія не може гарантувати повної безпеки без належного навчання особового складу та дотримання всіх правил експлуатації обладнання. Тому комплексний підхід до забезпечення пожежної безпеки, який включає як технологічні рішення, так і людський фактор, залишається ключовим для мінімізації ризиків у авіаційній галузі.

Висновки.

Дослідження сучасних систем пожежогасіння в авіаційних ангарах виявило ряд ключових аспектів та перспективних напрямків розвитку в цій галузі. Аналіз існуючих систем, включаючи спринклерні, газові, пінні та роботизовані, показав, що кожна з них має свої переваги та недоліки. Спринклерні системи залишаються поширеними завдяки своїй економічності, але мають обмеження щодо ефективності при гасінні специфічних авіаційних пожеж. Газові системи демонструють високу ефективність, але вимагають особливих умов експлуатації. Пінні системи добре справляються з горінням рідких вуглеводнів, проте мають екологічні обмеження. Роботизовані системи представляють інноваційний підхід, але потребують значних інвестицій та подальшого вдосконалення.

Перспективи розвитку систем пожежогасіння в авіаційних ангарах пов'язані з впровадженням передових технологій. Інтеграція штучного інтелекту відкриває можливості для прогнозування та запобігання пожежним ситуаціям. Розробка гібридних систем дозволить поєднати переваги різних методів пожежогасіння. Застосування нанотехнологій у створенні нових вогнегасних речовин може значно підвищити ефективність гасіння при мінімізації побічних ефектів.

Важливим напрямком є також створення інтегрованих систем моніторингу та управління, які об'єднують функції виявлення, аналізу та гасіння пожеж. Це дозволить забезпечити більш оперативне та ефективне реагування на пожежні загрози.

Проведене дослідження підкреслює необхідність комплексного підходу до забезпечення пожежної безпеки в авіаційних ангарах. Цей підхід повинен

включати не лише впровадження інноваційних технологій, але й розробку нових стандартів та нормативів, а також постійне навчання персоналу.

Таким чином, подальший розвиток систем пожежогасіння в авіаційних ангарах буде спрямований на створення більш інтелектуальних, ефективних та екологічно безпечних рішень. Це дозволить підвищити загальний рівень безпеки в авіаційній галузі, забезпечуючи надійний захист цінного обладнання та, що найважливіше, життя людей.

Список літератури

1. Іванов А.Б., Петренко О.В. Сучасні технології пожежогасіння в авіаційній галузі. Київ: НаукаПрес, 2023. 280 с.
2. Smith J.K., Johnson L.M. Advanced Fire Suppression Systems in Aviation. New York: AviaSafe Publishing, 2022. 320 p.
3. Коваленко О.П., Мельник Р.С. Аналіз ефективності пінних систем пожежогасіння в авіації. Пожежна безпека, 2023. № 2(45). С. 78-85.
4. Zhang Y., Li X. Nanotechnology in Fire Suppression: A Review. Fire Safety Journal, 2022. Vol. 127. P. 103492.
5. Сидоренко В.Г., Ковальчук Т.М. Роботизовані системи пожежогасіння: перспективи впровадження в авіаційних ангарах. Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології, 2023. Т. 14, № 3. С. 145-158.
6. Anderson D.R., Williams F.A. Artificial Intelligence in Fire Safety Management for Aviation. International Journal of Aviation Safety, 2023. Vol. 11, Issue 2. P. 210-225.
7. Петров І.О. Автоматизовані системи протипожежного захисту в авіації. Харків: ТехноБезпека, 2022. 195 с.
8. Brown S.L., Davis R.E. Hybrid Fire Suppression Technologies for Aircraft Hangars. Fire Technology, 2022. Vol. 58, Issue 4. P. 1789-1805.
9. Козаченко М.В., Лисенко О.І. Екологічні аспекти використання сучасних систем пожежогасіння в авіації. Екологічна безпека та природокористування, 2023. № 1(41). С. 59-72.
10. Chen H., Wang Q. Integration of IoT and Big Data Analytics in Aviation Fire Safety Systems. Journal of Intelligent Systems in Aviation, 2023. Vol. 5, Issue 3. P. 301-318.
11. Wilson J.T., Thompson K.R. Regulatory Challenges in Implementing Next-Generation Fire Suppression Systems for Aviation. Aviation Law Review, 2022. Vol. 37, Issue 2. P. 125-142.
12. Морозова Л.С., Клименко В.П. Економічна ефективність впровадження інноваційних систем пожежогасіння в авіаційній інфраструктурі. Економіка та управління підприємствами, 2023. № 4. С. 87-102

УДК 629.7:001.895(043.2)

О.С. Поліщук, К.Є. Лазебник, Є.В. Попович
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Технологічні інновації як фактор екологічної стійкості в авіації

У тексті аналізуються джерела та методи дослідження впливу технологічних інновацій на екологічну стійкість авіації. Розглядаються нові технології, які сприяють зниженню викидів CO_2, покращенню паливної ефективності та зменшенню шумового забруднення.

Аналіз джерел і методів дослідження впливу технологічних інновацій на екологічну стійкість в авіації.

Наукові статті та дослідження з екології та авіації є основними джерелами інформації про технологічні інновації та їх вплив на екологічну стійкість в авіації. Ці публікації надають детальний аналіз нових технологій, таких як вдосконалені двигуни, альтернативні види пального і нові конструкційні матеріали, а також їхні екологічні переваги та можливі ризики. Вивчення цих матеріалів дозволяє отримати глибоке розуміння того, як інновації впливають на навколишнє середовище та порівняти їх з традиційними рішеннями.

Офіційні звіти і статистика від міжнародних організацій, таких як ICAO (Міжнародна організація цивільної авіації) і IATA (Міжнародна асоціація повітряного транспорту), є важливими джерелами інформації про екологічні норми, регуляторні вимоги та тенденції в авіаційній промисловості. Ці документи містять дані про рівень викидів забруднюючих речовин, споживання пального та плани щодо зменшення впливу авіації на навколишнє середовище, що дозволяє оцінити глобальні цілі та зусилля у сфері екологічної стійкості.

Технічні документи та специфікації нових авіаційних технологій є ключовими для розуміння технічних характеристик і переваг нових інновацій. Це можуть бути інструкції, сертифікаційні документи, технічні описи нових двигунів, систем пального або конструкцій літаків. Вивчення цих документів дозволяє оцінити, як нові технології відповідають вимогам екологічної стійкості та їх можливий вплив на екологічні показники.

Дані про експлуатацію та ефективність нових літаків і систем допомагають оцінити реальний вплив технологічних інновацій на екологічну стійкість. Інформація про витрати пального, рівень викидів, надійність і безпеку нових технологій є важливою для розуміння того, наскільки ефективно нові системи справляються з екологічними викликами на практиці. Це також дозволяє оцінити довгострокові тенденції і результати використання нових технологій в реальних умовах експлуатації.

Аналіз літератури є основним методом дослідження, який передбачає вивчення наукових статей, технічних звітів і інших публікацій для визначення основних технологічних інновацій в авіації та їх впливу на екологічну стійкість.

Цей метод дозволяє зібрати і систематизувати знання про нові технології, такі як вдосконалені двигуни, альтернативні види пального та нові конструкційні матеріали, а також зрозуміти їх переваги і обмеження.

Порівняльний аналіз включає оцінку ефективності нових технологій порівняно з традиційними рішеннями в контексті їх впливу на навколишнє середовище. Це дозволяє порівнювати різні технології за такими показниками, як викиди забруднюючих речовин, споживання пального і рівень шуму. Такий аналіз допомагає виявити переваги та недоліки нових технологій і зрозуміти, наскільки вони відповідають вимогам екологічної стійкості.

Метод кейс-стаді передбачає вивчення конкретних випадків застосування інноваційних технологій у авіації, таких як нові види пального, вдосконалені аеродинамічні конструкції або електричні літаки. Аналіз конкретних прикладів дозволяє оцінити, як ці технології впливають на екологічні показники на практиці, враховуючи реальні умови експлуатації та особливості впровадження.



Рис. 1. Перший повністю електричний літак

Моделювання і симуляція використовуються для прогнозування екологічних вигод від впровадження нових технологій. Цей метод дозволяє створити сценарії використання нових технологій і оцінити їх вплив на навколишнє середовище в різних умовах. Це допомагає зрозуміти, як інновації можуть вплинути на глобальні екологічні показники і які можливі наслідки їх впровадження.

Нові технології в авіаційній промисловості продемонстрували значні досягнення в зниженні викидів CO_2. Вдосконалені реактивні двигуни, біопаливо та електричні літаки показали значний потенціал у скороченні викидів парникових газів у порівнянні з традиційними літаками. Вдосконалені двигуни, завдяки своїй ефективності та вдосконаленій конструкції, дозволяють зменшити споживання пального і відповідно знизити викиди CO_2. Біопаливо, яке виробляється з відновлюваних джерел, також суттєво знижує рівень викидів порівняно з традиційними нафтопродуктами. Електричні літаки, які наразі знаходяться на стадії розробки і випробувань, обіцяють ще більше зниження

викидів, оскільки їх робота не потребує спалювання пального і, отже, не викидає CO_2.

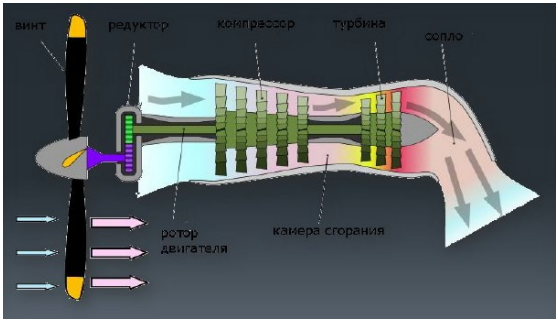


Рис. 2. Реактивний двигун

Паливна ефективність літаків також зазнала суттєвих покращень завдяки використанню інноваційних матеріалів і конструкцій. Легші і більш аеродинамічні елементи, такі як нові композитні матеріали та вдосконалені конструкції крил, дозволяють зменшити опір повітря і знизити витрати пального. Це не тільки знижує експлуатаційні витрати, але й зменшує вплив авіації на навколишнє середовище, оскільки менше пального призводить до меншого обсягу викидів забруднюючих речовин.

Щодо зменшення шумового забруднення, нові технології, такі як безшумні двигуни та покращена конструкція крил, значно знижують рівень шуму, який генерується літаками. Це має позитивний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей, які проживають поблизу аеропортів. Зменшення шумового забруднення допомагає зменшити стрес та інші негативні ефекти на здоров'я, що часто виникають внаслідок постійного впливу шуму.

Вплив нових технологій на екосистеми також є важливим аспектом дослідження. Використання нових видів пального, таких як біопаливо, а також перехід на електричні системи, може суттєво зменшити негативний вплив авіації на екосистеми. Наприклад, зниження викидів CO_2 та інших забруднюючих речовин може допомогти в боротьбі з кліматичними змінами та зменшити забруднення повітря. Це, в свою чергу, сприяє збереженню природних середовищ та підтримці здоров'я екосистем.

Таким чином, технологічні інновації в авіації мають потенціал для суттєвого покращення екологічної стійкості галузі, зменшуючи викиди CO_2, підвищуючи паливну ефективність, зменшуючи шумове забруднення і знижуючи негативний вплив на екосистеми.

Висновки.

Технологічні інновації в авіації є ключовим фактором для забезпечення екологічної стійкості. Впровадження нових технологій, таких як вдосконалені двигуни, альтернативні види пального, і електричні літаки, дозволяє зменшити викиди парникових газів, знизити рівень шумового забруднення та покращити паливну ефективність. Проте, щоб забезпечити повну екологічну стійкість, необхідно продовжувати інвестувати в дослідження та розвиток нових технологій, а також впроваджувати їх у промисловість. Крім того, важливо також враховувати соціально-економічні аспекти і забезпечити комплексний підхід до вирішення екологічних проблем у авіації.

Список літератури

1. Розумовський І. В. Технології зниження викидів CO_2 в авіації. — Київ: Наукова думка, 2020. — 320 с.

2. Петрова О. С., Іванов М. Ю. Інноваційні технології в авіації для зменшення викидів CO_2. // Екологія та технології. — 2023. — № 3. — С. 45-57.

3. Андрійчук В. В. Впровадження електричних літаків: Кейс-стаді компанії X. — Київ: Аерокомпанія X, 2021. — 60 с.

УДК 623.454.6:629.735.064:656.22

А.Г. Малиш, А.І. Тимченко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Впровадження новітніх методів пошуку вибухових пристроїв на ділянці залізничної дороги за допомогою безпілотних авіаційних комплексів

В статті представлений огляд перспективних й існуючих технологій для вирішення задач досліду інфраструктури залізничних доріг на наявність вибухових пристроїв з використанням безпілотних літальних апаратів

Вступ.

Ефективність використання залізничного транспорту в сучасних військових конфліктах є одним із ключових факторів забезпечення логістики, оперативного переміщення військових підрозділів, озброєння та матеріальних ресурсів. Однак технічний стан інфраструктури залізниці безпосередньо впливає на її здатність виконувати ці завдання, а об’єкти залізничної мережі є вразливими до дій диверсійних груп противника. У випадку пошкодження або знищення залізничних об'єктів, таких як мости, колії, станції, це може суттєво затримати або унеможливити постачання важливих ресурсів на фронт, що призводить до зниження боєздатності військових частин.

Одним з основних способів підтримання безпеки та функціональності залізничної інфраструктури є технічна розвідка. Цей процес полягає в проведенні комплексної оцінки стану залізничної дільниці, виявленні пошкоджень, а також ідентифікації можливих мінно-вибухових пристроїв (МВП), які можуть бути встановлені на ключових ділянках. Технічна розвідка дозволяє виявити небезпеки та прийняти своєчасні рішення щодо їх усунення або мінімізації ризиків для військових операцій.

Пошук, виявлення та ідентифікація МВП є одним із найважливіших елементів технічної розвідки, оскільки мінно-вибухові пристрої можуть бути встановлені на будь-якій ділянці залізниці: під колією, у тунелях, біля мостів або на станціях. МВП можуть мати різну конструкцію, призначення та методи активації, що ускладнює їх виявлення та знешкодження. Для успішного виконання завдань із виявлення вибухових пристроїв застосовуються різні методи та технології, які залежать від типу місцевості, умов операцій і характеру загроз.

Одним із основних методів виявлення МВП є використання інженерних розвідувальних груп, оснащених спеціалізованими засобами детекції, такими як металодетектори, системи ультразвукової або магнітної резонансної розвідки. Такі пристрої дозволяють виявляти приховані вибухові пристрої, навіть якщо вони замасковані в землі або інфраструктурі залізниці. Також використовуються спеціалізовані роботи та дрони з детекторами для безпечного проведення огляду важкодоступних або небезпечних ділянок, що мінімізує ризик для людей.

Крім того, застосовуються методи дистанційної розвідки, які включають використання радарів та систем аерофотозйомки. Ці методи дозволяють проводити огляд великих ділянок залізничної інфраструктури та виявляти потенційні загрози з висоти або за допомогою супутників. Інформація, отримана в ході таких операцій, є важливою для оперативного реагування на виявлені небезпеки.

Не менш важливими є й методи розвідки, засновані на застосуванні новітніх технологій штучного інтелекту та машинного навчання. Такі системи можуть аналізувати велику кількість даних, отриманих з різних сенсорів, і з високою точністю виявляти ознаки наявності МВП або інші аномалії в структурі залізничних об'єктів. Штучний інтелект допомагає скоротити час на прийняття рішень та підвищити ефективність розвідувальних операцій.

Усе це робить пошук та ідентифікацію мінно-вибухових пристроїв критично важливою частиною технічної розвідки залізничних об'єктів у зоні бойових дій. Ефективне використання сучасних технологій та координація дій інженерних підрозділів допомагає забезпечити безпеку транспортування військових ресурсів і підтримувати функціональність залізничних шляхів, що має вирішальне значення для успішного ведення бойових операцій.

Пошук МВП на території залізниці має ряд суттєвих особливостей, які суттєво впливають на методи пошуку. До таких особливостей відноситься неоднорідність матеріалів, які входять до складу залізничної інфраструктури та велика кількість металевих конструкцій.

На теперішній час основний об’єм робіт з пошуку МВП виконуються особовим складом, реалізуються методи пошуку шляхом механічного контакту з ними за допомогою інженерних пристроїв. Основним недоліком цього методу є участь особового складу зі спеціалізованим обладнанням, де якість пошуку МВП залежить від кваліфікації та досвіду саперів.

Підвищення ефективності пошуку МВП можливо за допомогою роботизації та автоматизації процесу, а саме використання безпілотних авіаційних комплексів в якості носіїв комплексу пошуку МВП. Оснащення безпілотних літальних апаратів комплексами пошуку МВП дозволить:

- Забезпечити в режимі реального часу отримання фото й відеоматеріалів про стан залізниці (ділянки чи об’єкту).
- Знизити витрати й час на проведення пошукових робіт МВП.
- В разі необхідності провести картографування місцевості в зоні виконання задачі.
- Забезпечити захищеність особового складу від можливого впливу від підриву МВП.

Сучасні технології дозволяють зменшувати габарити датчиків та систем управління без погіршення їх можливостей й ефективності роботи. Виходячи з особливостей будування й інфраструктури залізничної дільниці, класичні модулі пошуку МВП, які встановлюються на БПЛА, не можуть забезпечити якісну перевірку території. Використання модернізованих методів пошуку, а також алгоритм обробки сигналів дозволить підвищити точність роботи, що забезпечить можливість застосування обладнання на залізницях.

Перспективні методи мають залежність від оточуючої середи, не дозволяє проводити аерозйомку с великої висоти, що створює додаткові обмеження на використання БПЛА й не дозволяє виконанувати задачі на високій швидкості.

Перед створенням модулю корисного навантаження БПЛА для пошуку МВП, необхідно провести ряд дослідів, за допомогою яких буде виявлений найбільш ефективний набір датчиків для виконання задач на ділянках залізниці.

Використання безпілотних авіаційних комплексів (БАК) у сфері розмінування є одним із найбільш інноваційних і перспективних напрямків розвитку обороноздатності Збройних Сил України. Ця технологія дозволяє значно підвищити ефективність пошуку та знешкодження мінно-вибухових пристроїв (МВП), мінімізуючи ризики для особового складу, що традиційно бере участь у таких операціях. Водночас, впровадження безпілотних систем розмінування є складним процесом, який вимагає комплексного підходу.

По-перше, розвиток цієї технології потребує розробки великої кількості нормативної та технічної документації. Необхідно створити стандарти й інструкції щодо застосування БАК для розмінування, які будуть відповідати як національним, так і міжнародним нормам безпеки. Це включає створення чітких протоколів для проведення місій із виявлення та знешкодження мін, а також регулювання взаємодії безпілотних систем із підрозділами інженерних військ. Важливо також узгодити питання ліцензування та сертифікації таких систем для забезпечення їхньої безпечної експлуатації.

По-друге, успішне впровадження БАК для розмінування потребує залучення вузькопрофільних спеціалістів, як у сфері військових технологій, так і в галузі робототехніки, електроніки та програмування. Ці фахівці відповідатимуть за розробку, модернізацію та адаптацію безпілотних систем для специфічних умов розмінування, таких як виявлення підземних МВП або робота на складних ландшафтах. Крім того, необхідно готувати операторів, здатних керувати БАК, аналізувати отримані зображення та приймати оперативні рішення на основі даних, отриманих від безпілотників.

По-третє, важливо створити матеріально-технічну базу для обслуговування та ремонту безпілотних систем. Це включає будівництво відповідних об’єктів, таких як сервісні центри для технічного обслуговування БАК, склади для зберігання запчастин, а також навчальні центри для підготовки технічного персоналу та операторів. Налагодження інфраструктури для підтримки цих систем є необхідним для забезпечення їхньої ефективної експлуатації протягом тривалого часу, особливо в умовах активних бойових дій.

Варто зазначити, що безпілотні авіаційні комплекси для розмінування не лише підвищують безпеку підрозділів, але й значно прискорюють процес очищення територій від вибухових пристроїв. Завдяки використанню сучасних сенсорів, таких як інфрачервоні камери, радари та магнітометри, безпілотники можуть точно визначати місцезнаходження мін і вибухонебезпечних об'єктів навіть у важкодоступних або небезпечних районах, що робить процес розмінування більш ефективним і швидким.

Висновки.

Таким чином, впровадження безпілотних авіаційних комплексів у сфері розмінування є стратегічним кроком для Збройних Сил України, що дозволяє не лише підвищити рівень безпеки та ефективності бойових операцій, але й зменшити людські втрати під час виконання розмінувальних місій. Для досягнення цієї мети потрібні інвестиції в розвиток нормативно-правової бази, підготовку спеціалістів і створення матеріально-технічної інфраструктури, яка забезпечить повну функціональність таких систем.

Список літератури

1. Доктрина «Застосування Сил Безпілотних Систем».
2. Авіаційна інфраструктура: проектне рішення - О.І. Коваль, В.І. Козлов (2020 р.).

УДК 656.7:614.84

С.В. Петренко, А.О. Смаголь, Д.О. Онищенко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Пожежна безпека в авіаційній галузі

Пожежна безпека у транспортних інфраструктура: аеропорти залізниці, порти" розглядаються ключові аспекти забезпечення пожежної безпеки на об'єктах транспортної інфраструктури. Особлива увага приділяється аеропортам, залізничним станціям та портам як стратегічно важливим об'єктам, що потребують високого рівня захисту від пожеж.

Вступ.

Пожежа - це процес виникнення вогнища горіння, який з'являється мимовільно, в результаті недбалості або по злочинному наміру. Процес горіння поширюється по будівлі до тих пір, поки вогнем не будуть охоплені всі потенційно пожежонебезпечні речовини і матеріали, або поки він не буде погашено. В окремих випадках пожежа закінчується з появою умови для його самозатухания - падіння концентрації кисню до критичного рівня та інше, знищує матеріальні цінності, створює загрозу для життя людей, тварин, негативно впливає на навколишнє природне середовище. Спричинюється в основному необережним подовженням з вогнем, порушення правил і норм експлуатації електричних приладів та виробничого устаткування, самозайманням матеріалів (речовин), кліматичними чинниками. Також пожежа може бути спричинена навмисно по злочиному наміру.

Є пожежі зовнішні (відкриті), наприклад степові, лісові, нафтових і газових фонтанів, і внутрішні (закриті), наприклад на шахтах.

В кожному просторі, охопленому пожежею, умовно розрізняють зони: активного горіння (осередок пожежі), теплового впливу й задимлення

У зоні активного горіння матеріали взаємодіють переважно з киснем атмосферного повітря, відбувається тління, спостерігається полум'я, виділяються тепло і дим. Спалимі конструкції і матеріали під впливом тепла нагріваються і займаються, а неспалимі деформуються. Найбільші температури в цій зоні характерні для зовнішньої пожежі і становлять в середньому 1000…1250 °С (тверді матеріали), 1100…1300°С (рідини) і 1200…1350°С (горючі гази).

Зону активного горіння оточує інша зона — зона теплового впливу, де температура нижча (приблизно на 60…80°С), та все ж небезпечна для навколишніх об'єктів і людей.

Продукти згорання (дим), які виділяються під час пожежі, утворюють зону задимлення. Чимало з них відзначаються підвищеною токсичністю, особливо при горінні полімерів.

Пожежні ризики.

Аеропорти - становлять особливий інтерес з погляду пожежної безпеки через наявність горючих матеріалів, як-от авіаційне паливо. Незважаючи на те, що авіаційні технології суттєво скоротили ймовірність виникнення пожежі в повітрі, пожежі на землі все ще становлять серйозну загрозу. Одним із прикладів є пожежа, що сталася в Хітроу в 1997 році, яка призвела до загибелі шести людей. Тому необхідно вживати всіх можливих заходів для запобігання пожежам та забезпечення безпеки пасажирів та персоналу.

Залізниці-також стикаються з певними пожежними ризиками. Електроживлення, теплові навантаження, несправності електричного обладнання, а також займання у вагонах вантажів можуть викликати пожежі на залізничних об'єктах. Займання в поїздах можуть бути особливо небезпечними через наявність пасажирів, які потребують швидкої евакуації у разі виникнення пожежі.

Порти-також мають свої пожежні ризики. Теплові процеси, пов'язані з роботою суден, можуть призводити до пожеж. Крім того, неправильне зберігання та поводження з небезпечними речовинами, як-от нафтопродукти та хімічні матеріали, можуть викликати серйозні пожежні ситуації. Пожежі в портах можуть бути складними для гасіння через наявність великих обсягів вантажів та обмежений доступ для пожежних служб.

Превентивні заходи пожежної безпеки.

Забезпечення пожежної безпеки у транспортних інфраструктурах потребує застосування превентивних заходів, починаючи з правильного планування та проєктування об'єктів. Важливим аспектом є правильне розміщення протипожежного обладнання, включаючи пожежні гідранти, вогнегасники, системи автоматичного пожежогасіння та детектування.

Встановлення систем детектування пожеж уможливлює раніше виявляти пожежні вогнища та активувати системи гасіння, що сприяє швидкому та ефективному контролю загоряння.

Однак лише встановлення обладнання недостатньо. Регулярне обслуговування та перевірка протипожежних систем і обладнання є невіддільною частиною забезпечення їхньої працездатності.

Технічний контроль випробування та оновлення систем слід проводити відповідно до вимог пожежної безпеки.

Регулярні інспекції допомагають виявляти та усувати можливі несправності й знижують ризик виникнення пожежі.

Пожежна безпека в авіаційній галузі є критично важливою, оскільки авіаційна інфраструктура, літаки та обладнання піддаються ризикам виникнення пожеж як на землі, так і під час польотів.

Пожежі можуть мати катастрофічні наслідки для безпеки пасажирів, екіпажу та самого авіасудна. Ось основні аспекти пожежної безпеки в авіаційній галузі.

Навчання персоналу також відіграє важливу роль у забезпеченні безпечної експлуатації транспортних інфраструктур та реагування на пожежні загрози. Усі працівники мають бути навчені правилам пожежної безпеки,

процедур евакуації, використання засобів пожежогасіння та дій у разі НС. Регулярні пожежні тренування та навчання допомагають підвищити готовність персоналу до реагування на небезпечні ситуації.

Превентивні заходи є важливою частиною стратегії запобігання пожежам на складах. Це включає регулярне технічне обслуговування вогнегасників та пожежної системи, перевірку батарей в детекторах диму та перевірку функціональності автоматичних пожежних систем, такі, як:

- Контроль над пожежонебезпечними матеріалами. Усі матеріали, що використовуються в будівництві літаків і в аеропортах (паливні баки, електричні системи), проходять строгі перевірки на відповідність пожежним нормам;
- Вибухозахист і протипожежні системи. Літаки обладнані автоматичними системами виявлення та гасіння пожеж, зокрема в вантажних відсіках, двигунах та інших критичних частинах літака;
- Навчання персоналу. Екіпажі літаків і наземний персонал проходять спеціальне навчання для швидкого реагування на надзвичайні ситуації, пов'язані з пожежею.

Системи виявлення пожежі на борту або морському транспорті:

- Датчики диму та температури. Літаки оснащені датчиками, що виявляють дим і небезпечне підвищення температури в різних зонах літака;
- Автоматичні системи гасіння пожежі. В вантажних відсіках, двигунах і інших зонах ризику встановлені системи, що автоматично реагують на займання, використовуючи спеціальні інертні гази або піноутворюючі речовини.

Висновки.

Пожежна безпека в авіаційній галузі є критично важливим аспектом забезпечення безпеки польотів, інфраструктури та пасажирів. Через високі ризики, пов'язані з горючими матеріалами, як-от авіаційне паливо, електрообладнання та інші фактори, авіація потребує особливого підходу до запобігання пожежам. Комплексний підхід включає сучасні системи виявлення та гасіння пожеж на борту літаків і в аеропортах, а також постійне навчання та тренування персоналу. Важливу роль відіграє регулярне технічне обслуговування обладнання та дотримання правил експлуатації. Лише суворе дотримання стандартів пожежної безпеки та належна підготовка зможуть мінімізувати ризики та захистити життя людей і майно.

Список літератури

1. Поняття пожежі і стадії пожежі URL: https://euroservis.com.ua/ua/ponyatie-pozhara-i-stadii-pozhara/?srsltid=AfmBOoqE5lf5pFJlrSHkOFhCb9OW9HkTJJ9UkYcW5gvDHr5d5YGdVIMM
2. Пожежна безпека у транспортних інфраструктурах: аеропорти URL: https://oppb.com.ua/articles/pozhezhna-bezpeka-u-transportnyh-infrastrukturah-aeroporty-zaliznytsi-porty
3. Авіаційна безпека URL: https://oppb.com.ua/articles/pozhezhna-bezpeka-u-transportnyh-infrastrukturah-aeroporty-zaliznytsi-porty

УДК 656.71:625.089(043.2)

А.Г. Малиш, О.М. Максимчук, А.О. Міняйло
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Впровадження нових методів ремонту та реконструкції аеродромних об'єктів

Розглядаються актуальні проблеми впровадження сучасних методів ремонту та реконструкції аеродромних об'єктів. Дослідження новітні технології, матеріали та методики, які дозволяють підвищити ефективність, безпеку та довговічність експлуатації злітно-посадкових смуг, рульових доріжок та інших елементів аеродромної інфраструктури.

Вступ.

Переваги нових методів:

1) Збільшення міцності та довговічності: нові матеріали, такі як модифіковані бітуми, полімерні композити та армовані геосітки, дозволяють створювати покриття з підвищеною міцністю та стійкістю до зносу. Це продовжує термін служби злітно-посадкових смуг та руліжних доріжок, зменшуючи потребу у частих ремонтах;

2) Скорочення часу ремонту: застосування сучасних технологій, як-от фрезерування, укладання асфальтобетону за допомогою асфальтоукладачів та застосування синтетичних матеріалів, дозволяє значно скоротити час, необхідний для проведення ремонтних робіт. Це мінімізує перебої в роботі аеропортів, що важливо для безперебійного обслуговування авіаційних перевезень;

3) Економічна ефективність: нові методи ремонту можуть зменшити загальну вартість проекту завдяки скороченню витрат на матеріали та трудові ресурси;

4) Екологічність: сучасні матеріали та методи ремонту є більш екологічно чистими, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Проблеми з аеродромними покриттями:

1) лущення поверхні через цикли заморожування, відтавання і механічні навантаження;

2) вибоїни і мушлі через динамічні навантаження;

3) тріщини (наскрізні) через вплив сульфатів;

4) тріщини (наскрізні) через лужно-силікатну реакцію;

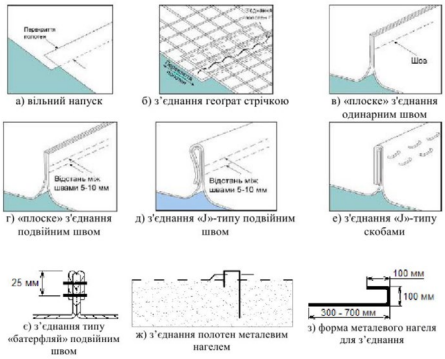
5) відшарування верхнього шару покриття та усадочні тріщини (мікротріщини) через бетонування при високих температурах і неправильний догляд. Такі тріщини мають властивості поступово збільшуватися в глибину і довжину і часто розгалужуються в різних напрямках;

6) відшарування верхнього шару покриття через вплив на нього розморожувальних сумішей і солей.

Матеріали, такі як геотекстиль або геосітки, використовуються для зміцнення злітно-посадкових смуг і руліжних доріжок. Вони допомагають запобігати утворенню тріщин і розширюють термін служби покриттів.

Використовується для розділення шарів ґрунту, фільтрації, армування та захисту від ерозії.

Застосовується для армування та зміцнення ґрунтових основ і покриттів.



а) вільний напуск б) з'єднання геоґрат стрічкою в) «плоске» з'єднання одинарним швом г) «плоске» з'єднання подвійним швом д) з'єднання «J» - типу подвійним швом е) з'єднання «J» - типу скобами є) з'єднання типу «батерфляй» подвійним швом ж) з'єднання полотен металевим нагелем з) форма металевого нагеля для зєднання

Рис. 1.1. Способи з'єднання полотен геосинтетичних матеріалів

Використання полімерних композитних матеріалів.

Полімерні композити застосовуються для ремонту бетонних поверхонь. Вони швидко тверднуть, мають високу стійкість до механічних навантажень і агресивних середовищ. Зазвичай отримують поєднанням двох або більше компонентів, які нерозчинні або малорозччинні один в одному і мають властивості, що сильно відрізняються. Один компонент пластичний (зв'язувальна речовина, або матриця), а другий має високі характеристики міцності (наповнювач, або зміцнювач).



Рис. 1.2. Отримання полімерних композитів

Це технологія, яка передбачає рециклінг старого покриття на місці. Шар старого асфальту змішують з новими добавками та укладають назад, що дозволяє значно скоротити час на ремонт і знизити витрати на матеріали.

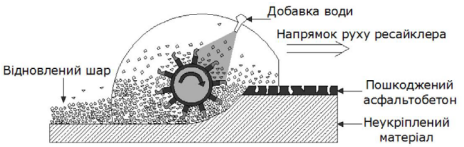


Рис 1.3. Схема ресайклінг

Для аеродромних покриттів використовують сучасні високоякісні бетони з підвищеною міцністю та довговічністю. Наприклад, використовуються бетони з полімерними добавками, що збільшує пластичність розчинних сумішей в порівнянні з чисто цементними. Міцність збільшується, якщо бетон витримується саме в повітряно-сухих умовах (вологість повітря 40-50%), при дотриманні у вологих умовах (вологість 90-100%) міцність знижується.

таблиці 1.

Міцність (МПа) зразків полімерцементних бетонів

Кількість смоли, % від маси цементу	Стиск		Згин	
	Сухі	Вологі	Сухі	Вологі
0	10.8	13.6	4.8	6.7
1	14.8	12.5	13.1	6.0
2	16.5	11.2	14.8	5.6
3	9.4	7.4	12.1	4.6

Самовідновлювальні матеріали.

Новітні дослідження привели до створення бетонів з самовідновлюваними властивостями. Такі матеріали можуть "загоювати" дрібні тріщини завдяки хімічним реакціям, що запускаються при контакті з водою або повітрям.

Для забезпечення реалізації механізму самовідновлення необхідно введення до цих матеріалів рідких компонентів за умови збереження механічних властивостей системи.

Існує багато способів введення рідкої складової до конструктивної системи споруди. Один з практично здійсненних варіантів полягає у створенні штучної системи циркуляції. Нещодавно розробили декілька конструкцій каналів мікронних розмірів для розповсюдження необхідних для заживлення тріщин рідких речовин по всьому матеріалу. При руйнуванні ця рідина надходить до ушкодженої ділянки та цементує тріщину. Іншим варіантом

введення рідкої компоненти є використання того ж зовнішнього фактору, який обумовив ушкодження.

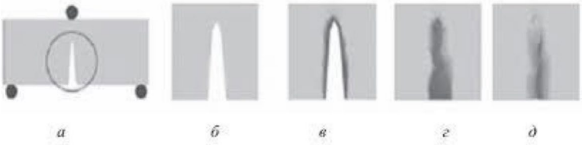


Рисунок 1.3. Загальні принципи самовідновлювання матеріалів:
a - механічне навантаження, яка викликає утворення тріщин;
b - вид тріщини; c - утворення «рухомої фази»;
d - усунення тріщини «рухомою фазою»;
e - іммобілізація, після усунення тріщини.

Пермеабельні (водопроникні) покриття. Для забезпечення належного водовідведення при реконструкції злітно-посадкових смуг використовують пермеабельні матеріали, що дозволяють воді проходити через поверхню, запобігаючи утворенню калюж та льоду. Інтелектуальні дренажні системи. Сучасні системи дренажу використовують датчики для моніторингу рівня води і можуть автоматично регулювати відведення води, що підвищує ефективність аеродромної інфраструктури.

Висновок.

Сучасні технології та матеріали дозволяють значно скоротити терміни ремонту, зменшити витрати та підвищити стійкість покриттів до зносу та несприятливих погодних умов. Дослідження демонструє, що нові методи ремонту та реконструкції пропонують ряд переваг: збільшення міцності та довговічності, скорочення часу ремонту, економічну ефективність та екологічність. Наприклад, використання модифікованих бітумів та полімерних композитів дозволяє створювати більш міцні та довговічні покриття, які краще протидіють стиранню та впливу вологи. Застосування нових технологій укладання асфальтобетону, таких як фрезерування та укладання за допомогою асфальтоукладачів, значно прискорює ремонтні роботи. Однак, впровадження нових методів також пов'язано з певними викликами: висока вартість, складність впровадження та необхідність адаптації нормативно-правової бази. Новий тип асфальтобетону може бути дорожчим, а для його укладання можуть знадобитися спеціальні машини. Крім того, можуть виникнути труднощі з адаптацією існуючих стандартів та нормативних документів до нових технологій. Незважаючи на виклики, впровадження нових методів ремонту та реконструкції аеродромних об'єктів є необхідним кроком для розвитку сучасної авіації. Це дозволить збільшити безпеку польотів, поліпшити ефективність експлуатації аеродромів та зменшити екологічний вплив авіаційної інфраструктури. Інвестиції в дослідження та розробки нових технологій, навчання фахівців, а також створення нових стандартів та нормативних документів є важливими для успішного впровадження нових методів. Лише за

умови інноваційного підходу до розвитку авіаційної інфраструктури можна забезпечити ефективне та безпечне функціонування сучасної авіації.

Список літератури

1. Кострицький В.В., Коломієць А.Я., Артеменко Л.Ф., Гамеляк І.П. Дослідження експлуатаційних характеристик геограт призначених для армування асфальтобетонного покриття. Вісник КНУДТ. – 2007. – Вип. 6. – с. 46 – 50.

2. "Вплив нових технологій на довговічність аеродромних покриттів" - збірник наукових праць "Авіаційна безпека", 2022 р.

3. "Застосування геосинтетичних матеріалів для посилення злітно-посадкових смуг" - журнал "Будівництво та архітектура", 2020 р.

УДК 614.84:656.7.08:311.3

С.В. Петренко, І.В. Кльок
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Аналіз статистики пожеж в авіації: причини виникнення та методи запобігання

Розглянуто статистику пожеж в авіації, виявлено ключові причини їх виникнення, серед яких технічні несправності та людський фактор. Особливу увагу приділено методам запобігання, таким як вдосконалення технічного обслуговування, інтеграція новітніх технологій та комплексне навчання персоналу. Запропоновані рішення спрямовані на зменшення ризиків і підвищення загальної безпеки авіаційних операцій.

Вступ.

Авіація грає ключову роль у військових конфліктах, забезпечуючи перевагу в розвідці, логістиці та бойових операціях. У цьому контексті, безпека авіаційних систем є критично важливою, особливо в умовах війни, де кожен авіаційний ресурс має стратегічне значення. Пожежі в авіації, хоча і є рідкісним явищем, можуть мати катастрофічні наслідки для бойової готовності та оперативної ефективності.

В Україні, за останні роки, сталися кілька серйозних інцидентів, пов'язаних із пожежами в авіації. Один з них стався 14 червня 2021 року, коли під час проведення тренувальних польотів військовий літак Су-27 впав поблизу Харкова. Після падіння літака виникла пожежа, яка призвела до загибелі пілотів і значних матеріальних збитків. Інший випадок трапився 25 вересня 2022 року, коли внаслідок ворожого обстрілу на військовій авіабазі в Україні було пошкоджено кілька літаків, що спричинило великі пожежі та вибухи.

Ці інциденти підкреслюють, що пожежі в авіації можуть мати серйозні наслідки не лише для техніки, але й для безпеки персоналу і загальної бойової готовності. В умовах війни, де авіація є критично важливою для виконання стратегічних завдань, виявлення і аналіз причин таких пожеж стає необхідним для покращення безпеки і зменшення ризиків.

Метою даного дослідження є аналіз статистики пожеж в авіації в умовах війни, зокрема в Україні, виявлення основних причин їх виникнення та розробка рекомендацій для запобігання. Вивчення цих аспектів допоможе покращити управління безпекою авіаційних систем і забезпечити надійність військових операцій.

Аналіз статистики пожеж в авіації в умовах війни в Україні виявляє, що ці інциденти можуть мати значні наслідки для бойової готовності та безпеки авіаційних систем. В Україні, де військові конфлікти тривають, ризики виникнення пожеж в авіації зростають через ряд факторів, включаючи технічні несправності, людський фактор і ворожі атаки.

Технічні несправності є однією з основних причин виникнення пожеж в авіації. В умовах інтенсивного використання військових літаків, як це

спостерігається в Україні, технічні системи можуть зазнавати підвищеного навантаження. Порушення регулярних технічних обслуговувань або знос компонентів може призвести до аварійних ситуацій. Наприклад, технічні несправності стали причинами кількох інцидентів, які призводили до пожеж, що підтверджує необхідність ретельного технічного обслуговування і регулярного моніторингу стану авіаційної техніки.

Людський фактор також грає важливу роль у виникненні пожеж. В умовах бойових дій, коли персонал стикається з підвищеним стресом і тиском, ймовірність помилок зростає. В Україні, де військові завдання часто виконуються в екстремальних умовах, помилки в обслуговуванні або управлінні авіаційними системами можуть призвести до серйозних інцидентів. Наприклад, випадки, коли пілоти або технічний персонал не змогли адекватно реагувати на неполадки або невірно оцінили ситуацію, часто стають причинами аварій і пожеж.

Ворожі атаки є ще однією значною причиною пожеж в авіації під час війни. В Україні, де конфлікти ведуться з активним використанням ракетних ударів і артилерії, авіаційні об'єкти стають ціллю для ворожих атак. Пошкодження літаків від ворожих обстрілів або ракет можуть спричинити значні пожежі. Наприклад, обстріл військових баз в Україні призводить до масштабних пожеж, які часто виходять з-під контролю і вимагають швидкого реагування для мінімізації збитків.

Запобігання пожежам в авіації в умовах війни потребує комплексного підходу. Перше, що необхідно зробити, це забезпечити регулярне і ретельне технічне обслуговування авіаційних засобів. В умовах бойових дій це може бути складно, але забезпечення доступу до необхідних запасних частин і ресурсів для ремонту є критично важливим. Системи моніторингу та раннього попередження, що дозволяють виявляти потенційні проблеми ще до того, як вони призведуть до пожежі, також є важливими для підтримання безпеки.

Впровадження новітніх технологій, таких як автоматизовані системи контролю та моніторингу, може допомогти виявити проблеми в технічному стані авіаційних засобів до того, як вони стануть критичними. Ці технології можуть забезпечити своєчасне реагування і усунення проблем, що знижує ймовірність виникнення пожеж.

Крім того, комплексне навчання персоналу є важливим для запобігання помилок. Навчання має враховувати специфіку бойових умов і включати тренування на випадок екстрених ситуацій. Це дозволяє підвищити ефективність реагування на неполадки і запобігти потенційним помилкам.

Важливим аспектом є також розробка і впровадження стратегій для мінімізації наслідків від ворожих атак. Це може включати укріплення авіаційних об'єктів, розробку ефективних планів евакуації та швидке реагування на випадки обстрілів.

Висновки.

Аналіз пожеж в авіації в умовах війни в Україні демонструє важливість всебічного підходу до забезпечення безпеки авіаційних систем. Результати дослідження підтверджують, що пожежі можуть мати серйозні наслідки не лише

для технічного стану літаків, але й для безпеки особового складу та загальної бойової готовності. Причини виникнення пожеж в умовах війни є різноманітними і включають технічні несправності, людський фактор та ворожі атаки.

Технічні несправності залишаються однією з найбільш поширених причин пожеж. Інтенсивне використання авіаційної техніки під час бойових дій може призвести до зносу компонентів і збільшення ризику технічних поломок. В Україні, де військові літаки експлуатуються в складних умовах, важливо забезпечити регулярне та якісне технічне обслуговування. Проте, в умовах активних бойових дій це може бути ускладнене через обмежений доступ до ресурсів та запчастин, що підкреслює необхідність адаптації технічних процедур до екстремальних умов.

Людський фактор також є значним чинником у виникненні пожеж. Стресові умови війни можуть впливати на якість роботи персоналу, що, у свою чергу, може призводити до помилок при управлінні та обслуговуванні авіаційних систем. Неправильне реагування на технічні проблеми або недостатня підготовка до екстремальних ситуацій можуть збільшити ризик виникнення пожеж. Це підкреслює важливість комплексного навчання та підготовки персоналу, яке має враховувати специфіку військових конфліктів і екстремальних умов.

Ворожі атаки є ще однією серйозною причиною пожеж в авіації. В Україні, де відбуваються активні бойові дії, авіаційні об'єкти часто є ціллю для ворожих обстрілів і атак. Пошкодження авіаційної техніки внаслідок таких атак може призвести до масштабних пожеж. Це вимагає впровадження стратегій для захисту авіаційних об'єктів, таких як укріплення об'єктів та розробка планів швидкого реагування на ворожі удари.

Запобігання пожежам в авіації в умовах війни потребує комплексного підходу. Важливо забезпечити регулярне технічне обслуговування та моніторинг технічного стану авіаційних систем, навіть в умовах бойових дій. Впровадження новітніх технологій для раннього попередження про проблеми може суттєво знизити ризик виникнення пожеж. Комплексне навчання персоналу, яке враховує специфіку військових конфліктів, також є критично важливим для підвищення ефективності реагування на неполадки.

Окрім того, розробка і впровадження заходів для захисту авіаційних об'єктів від ворожих атак є необхідним аспектом забезпечення безпеки. Це може включати укріплення баз, розробку ефективних планів евакуації та швидке реагування на випадки обстрілів.

Загалом, висновки з цього дослідження підкреслюють необхідність інтеграції технічних, організаційних і стратегічних заходів для забезпечення безпеки авіаційних систем в умовах війни. Виявлення і розуміння причин виникнення пожеж, а також впровадження ефективних методів їх запобігання є критично важливими для підтримки високих стандартів безпеки і забезпечення успіху військових операцій. Підвищення рівня безпеки авіації є необхідним для збереження життів, зменшення матеріальних збитків та підтримки бойової готовності, що є ключовим для успішного виконання стратегічних завдань у складних умовах війни.

Список літератури

Ільченко О.В., Фролов В.А., Довгаль С.В. Забезпечення пожежної безпеки на повітряних суднах. Київ: Видавничий дім "Кий", 2020. 256 с.

Бойко В.М., Калугін В.Д., Супрун Н.П. Пожежна безпека в Повітряних Силах Збройних Сил України: проблеми та шляхи вирішення. Харків: ХУ ПС, 2018. 178 с.

Грицюк П.М., Соколовський А.В., Коваль О.М. Аналіз пожежної безпеки сучасних військових літальних апаратів. Системи озброєння і військова техніка. 2019. №1(57). С. 59-65.

Петров Б.А., Петров Е.Б., Сидорова А.А. Advanced fire suppression

ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Київ: Держстандарт України, 2006. 22 с.

ДСТУ 3890-99. Авіаційні правила України. Частина 145. Організації з технічного обслуговування та ремонту повітряних суден. Київ: Держстандарт України, 1999. 45 с.

Правила пожежної безпеки для Повітряних Сил Збройних Сил України: Наказ Міністерства оборони України № 60 від 25.01.2016 р. Київ, 2016. 78 с.

УДК 629.7.043:656.085.5(043.2)

С.В. Петренко, А.В. Куйбіда
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Пожежна безпека на борту літака

Аналіз основних причин, що призводять до пожеж на борту та опис тренувальних програм та вимог до підготовки екіпажу щодо дій у випадку пожежі, включаючи регулярні тренування і моделювання надзвичайних ситуацій.

Пожежна безпека на борту літака.

Пожежна безпека на борту літака охоплює ряд заходів, що мають на меті запобігти виникненню пожежі, зменшити її можливі наслідки та гарантувати безпечну евакуацію пасажирів і екіпажу у разі надзвичайної ситуації. Враховуючи специфічність літальних апаратів та високі ризики, пов'язані з польотами, забезпечення пожежної безпеки є критично важливим аспектом цивільної авіації.

У цьому розділі детально розглянуто кожен з цих аспектів та сучасними тенденціями у сфері пожежної безпеки на борту літаків.

Оскільки матеріали для вивчення пожежної безпеки на борту літака мають специфічний характер, для їх детального освоєння рекомендується звернутися до наступних джерел:

- Публікації в наукових журналах, що зосереджені на авіації та пожежній безпеці, є суттєвими для розвитку цієї галузі. Вони сприяють розширенню знань, розробці нових технологій, удосконаленню існуючих систем та підвищенню рівня безпеки, що безпосередньо впливає на захист пасажирів та екіпажу;

- Правила експлуатації повітряних суден представляють собою набір нормативних актів, стандартів і процедур, що регулюють усі аспекти використання літаків, вертольотів та інших літальних апаратів. Їх головна мета – забезпечити безпеку польотів, захистити навколишнє середовище та забезпечити ефективну експлуатацію повітряного транспорту;

- Плани евакуації літаків являють собою ретельно підготовлені документи, які описують дії екіпажу та пасажирів у випадку надзвичайної ситуації, що потребує негайного залишення борту. Вони є ключовим елементом системи безпеки польотів і мають на меті збереження життя людей під час аварії або іншої небезпеки.

Для підвищення пожежної безпеки на борту літака можна запропонувати ряд заходів, орієнтованих на покращення рівня безпеки, підготовки екіпажу і пасажирів, а також модернізацію обладнання. Ось декілька пропозицій:

1.Вдосконалення системи виявлення пожежі:

- Розробка чутливіших сенсорів. Встановлення сучасних сенсорів, які здатні оперативно виявляти дим або аномальні підвищення температури у різних зонах літака, включаючи багажні відсіки, туалети та кухонні зони;

- Інтеграція штучного інтелекту. Використання алгоритмів штучного інтелекту для обробки даних з сенсорів, що дозволяє швидше і точніше виявляти потенційні загрози.

2.Покращення систем гасіння пожежі:

- Інноваційні вогнегасні матеріал. Впровадження нових видів вогнегасних агентів, які є більш ефективними та екологічно безпечними, таких як аерозольні генератори або гелеподібні вогнегасні засоби;

- Автоматичні системи гасіння. Збільшення застосування автоматичних систем пожежогасіння, зокрема в критично важливих зонах, таких як багажні відсіки та двигуни.

3.Покращення підготовки екіпажу:

- Реалістичні тренування. Проведення регулярних навчань, що моделюють різні сценарії пожеж на борту, включаючи використання віртуальної реальності для відтворення екстремальних умов;

- Поглиблення знань екіпажу. Розширене навчання, яке охоплює не тільки базові навички користування вогнегасниками, але й складніші методи боротьби з пожежами та евакуації пасажирів.

4.Залучення пасажирів:

- Інформаційні кампанії. Підвищення обізнаності пасажирів щодо пожежної безпеки на борту через інструктажі перед зльотом, інформаційні відео та роздаткові матеріали;

- Участь пасажирів у навчаннях. Проведення коротких демонстрацій або тренінгів для пасажирів, які пояснюють, як слід діяти у разі пожежі.

Висновок.

Пожежна безпека на борту літака є ключовим елементом авіаційної безпеки, що вимагає постійного розвитку технологій, процедур та навчання. Використання сучасних сенсорних і пожежогасильних систем, покращення підготовки екіпажу та залучення пасажирів до заходів безпеки може значно знизити ризик пожеж і підвищити ефективність дій у надзвичайних ситуаціях. Регулярні аудити та оновлення стандартів, поєднані з інноваційними підходами, сприятимуть високому рівню безпеки та захисту пасажирів і екіпажу під час польотів.

Список літератури

1. Про затвердження Положення про пожежну безпеку в системі Міністерства оборони України. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1537-14#Text (дата звернення: 04.09.2024).

2. Про затвердження Авіаційних правил України «Порядок та умови здійснення страхування ризиків цивільної авіації». *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2200-23#Text (дата звернення: 04.09.2024).

УДК 629.5.067.8(043.2)

С.В. Петренко, А.Ю. Білоус
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Системи пожежогасіння на борту сучасних літаків: технології та ефективність

Дослідження сучасних технології, які використовуються в системах пожежогасіння на борту літаків, оцінити їхню дієвість та визначення перспективи розвитку в цій сфері.

Системи пожежогасіння на борту сучасних літаків.

Системи пожежогасіння на борту сучасних літаків – це складні інженерні системи, призначені для швидкого виявлення та гасіння пожеж, що можуть виникнути в різних частинах літака під час польоту. З огляду на високу вартість сучасних повітряних суден та ризик для життя пасажирів і екіпажу, надійність та ефективність цих систем є критично важливими.

Актуальність теми обумовлена постійним зростанням авіаперевезень, введенням в експлуатацію нових, більш технологічно складних літаків, а також необхідністю гарантування максимальної безпеки польотів.

Для ґрунтовного дослідження теми потрібно залучити різноманітні інформаційні джерела. Основні з них включають:

Наукова література:

- Статті в наукових журналах з авіації, пожежної безпеки, матеріалознавства;
- Монографії та підручники, присвячені авіаційній техніці, системам безпеки на борту літаків;
- Дисертації та автореферати, в яких досліджувалися питання пожежогасіння на літаках.

Нормативно-правові акти:

- Повітряний кодекс України та інших країн;
- Правила сертифікації літаків;
- Правила експлуатації аеродромів;
- Вимоги до пожежної безпеки на авіаційному транспорті;

Інноваційні підходи до вдосконалення систем пожежогасіння на борту сучасних літаків:

1. Інтеграція систем штучного інтелекту та аналітики великих даних. Впровадження штучного інтелекту для управління системами пожежогасіння на борту літаків є перспективним напрямком розвитку. Завдяки AI можна значно підвищити швидкість і точність виявлення пожеж. Штучний інтелект аналізуватиме дані від сенсорів у реальному часі, виявляючи найменші ознаки потенційного займання, і прийматиме рішення щодо активації системи пожежогасіння. Крім того, завдяки машинному навчанню такі системи зможуть удосконалювати свої алгоритми, використовуючи дані про минулі інциденти, що зробить їх більш надійними та адаптивними до різних умов.

2. Розробка та впровадження автономних дронів для локалізації та гасіння пожеж. Використання автономних дронів на борту літака для боротьби з пожежами є революційною ідеєю, яка може значно підвищити ефективність систем пожежогасіння. Ці компактні дрони будуть оснащені передовими сенсорами, здатними виявляти пожежі навіть у важкодоступних місцях, і автоматично доставляти вогнегасні засоби саме в ту зону, де вони найбільше потрібні. Дрони зможуть діяти незалежно або під керівництвом системи управління польотом, швидко реагуючи на надзвичайні ситуації та мінімізуючи ризики для пасажирів та екіпажу.

3. Використання інноваційних вогнегасних речовин та нових методів гасіння. Традиційні вогнегасні речовини, такі як піна або гази, можуть бути замінені на більш ефективні та екологічно чисті альтернативи. Розробка нових складів вогнегасних речовин, які будуть більш швидкодіючими та менш шкідливими для людей і обладнання, може суттєво підвищити безпеку на борту. Також перспективним є впровадження матеріалів, які автоматично звільняють вогнегасні речовини при досягненні критичних температур, що забезпечить миттєву реакцію на пожежу навіть у віддалених або важкодоступних зонах літака.

4. Оптимізація розміщення сенсорів і створення інтерактивних сенсорних мереж. Одна з ключових задач у покращенні систем пожежогасіння – це оптимізація розміщення сенсорів, що дозволить значно покращити їхню здатність виявляти займання. Використання інтерактивних сенсорних мереж, які будуть взаємодіяти між собою, створюючи динамічну карту температури та рівня диму в реальному часі, дозволить забезпечити більш точну локалізацію пожежі та швидке реагування. Це також відкриває можливість для автоматичного налаштування системи пожежогасіння на основі актуальних даних.

Висновок

Системи пожежогасіння на борту сучасних літаків є критично важливими для безпеки польотів і захисту пасажирів та екіпажу. Сучасні технології включають розвинені сенсори, автоматизовані механізми та новітні вогнегасні речовини, які швидко і точно виявляють і гасять пожежі.

Для подальшого вдосконалення важливо впроваджувати інновації, такі як штучний інтелект, автономні дрони, нові вогнегасні речовини та вдосконалені сенсори. Розвиток інтерактивних систем навчання екіпажу та систем раннього попередження також є ключовим.

Ці нововведення підвищать надійність і швидкість реагування на пожежі, забезпечуючи додатковий захист для пасажирів і екіпажу та загальне покращення безпеки авіаційних перевезень.

Список літератури

1. «Про затвердження Інструкції з оцінки рівня загрози безпеці цивільної авіації України», Наказ Міністерства інфраструктури України від 11.06.2020 № 356.

2. Док 30, Частина ІІ. Безпека. Політика країн-членів ЄКЦА у сфері авіаційної безпеки, ЄКЦА (13-е видання, травень 2010 року, поправка 11 травень 2019).

УДК 629.3.065:629.7(043.2)

О.М. Сєченєв, А.Ю. Драпей, М.С. Муромець
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Удосконалення спеціального обладнання агрегату механізованої заправки АМЗ-53МЮ

Підібране найбільш оптимальне спеціальне обладнання для удосконалення агрегату механізованої заправки АМЗ-53МЮ, що дозволяє скоротити час розгортання і згортання агрегату та прискорити швидкість заправки повітряного судна.

Удосконалення АМЗ-53МЮ.

На сьогодні Повітряні сили Збройних Сил України широко використовують агрегат механізованої заправки АМЗ-53МЮ (рис.1) для заправки повітряних суден мінеральними і синтетичними маслами.



Рис.1. Агрегат механізованої заправки АМЗ-53МЮ

Нажаль, АМЗ-53МЮ був розроблений і виготовлений в шістдесятих роках минулого століття і на сьогодні не відповідає сучасним вимогам.

Незважаючи на простоту конструкції, надійність при експлуатації агрегат має суттєві недоліки: роздавальні рукава із-за тривалої та частково неправильної експлуатації псуються, складність заправки при низьких температурах, невелика швидкість заправки тощо.

Згідно додатку 51 наказу Міністра оборони України від 08.12.16 № 662 “Про затвердження Інструкції з контролю якості пально-мастильних матеріалів та спеціальних рідин у державній авіації України”, визначено перелік можливих дефектів спеціального обладнання засобів заправки і транспортування пального. В даному наказі чітко визначено що технічний засіб не допускається до заправки:

- на роздавальних рукавах не допускається проколи, порізи, розриви, зломи, розшарування, скручування, сплющування та інші пошкодження рукава;

- підтікання пального через клапанний механізм при закритому крані через сальникові ущільнення в місцях з'єднання роздавальних рукавів;

- обрив металізації і заземлення в конструкції крана і з'єднанні його з рукавом.

Виходячи з цього на агрегаті доцільно встановити барабани для намотки рукавів інерційного типу (рис.2).

Переваги барабану для намотки рукавів інерційного типу є:

- простота конструкції;
- компактність;
- можливість швидкої заміни деталей які вийшли зі строю на нові.

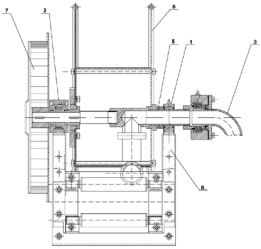


Рис. 2. Барабан інерційного типу:
1 – правий підшипник; 2 – ліва опора; 3 – патрубок обертаючий; 5 – кільце;
6 – рама катушки; 7 – пружинний механізм; 8 - катушка

Для забезпечення заправки авіаційної техніки маслами при низьких температурах в обладнані заправника необхідно передбачити підігрів ємностей.

Для підігріву ємностей доцільно використовувати стрічкові нагрівачі, оскільки, вони мають маленькі розміри, велику нагрівальну здатність, тривалий час експлуатації.

Режим підігріву може бути безперервним для компенсації теплових втрат та підтримання постійної температури продукту та періодичним. В нашому випадку буде використовуватися періодичний підігрів оскільки масло буде підігріватись безпосередньо перед заправкою повітряного судна.

Провівши відповідні розрахунки доцільно застосувати стрічку "ELSER" ЕНГЛ-2, яка задовільнить вимогам з підігріву емностей.

Таким чином запропоноване рішення:

- виключить можливість псування рукавів, появи тріщин їх розшарування, забруднення масла, а також скорочення часу на розгортання і згортання агрегату;
- підібрано обладнання для електрично-нагрівальної системи для підігріву масел від електричної мережі паливозаправника або стаціонарної мережі.

Список літератури

1. Наказ Міністра оборони України від 08.12.16 № 662 “Про затвердження Інструкції з контролю якості пально-мастильних матеріалів та спеціальних рідин у державній авіації України”.
2. Технічні засоби транспортування та заправки пальним. О.Г. Водчиць, К.В. Ніконов, С.С. Дровнін. Ж.: ЖВІ НАУ, 2013.
3. Настанова з експлуатації агрегату механізованої заправки АМЗ-53МЮ.
4. Тези та наукові статті на тему модернізації і розробки аеродромних заправників.
5. Технічне обслуговування та забезпечення польотів літальних апаратів – https://studfile.net/preview/2113927/.
6. Настанова з експлуатації аеродромного паливозаправника ПЗА-20-631228. 45 ЕМЗ. Чумак М.Ф. 2019 р.

УДК 662.7:629.7]:504.5(043.2)

І.Д. Обревко, Д.О. Міщенко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Авіаційні біопалива: шляхи зменшення впливу на довкілля

Екологічні переваги використання біопалива в авіації. Загальні відомості про авіаційне біопаливо. Теоретичні варіанти зменшення впливу на довкілля.

Зміна клімату та погіршення екологічної ситуації на планеті викликають термінову необхідність зменшення викидів парникових газів, особливо в авіаційній індустрії, яка суттєво впливає на атмосферу. Традиційне авіаційне паливо, зокрема реактивний гас, є одним з основних джерел викидів вуглекислого газу, що сприяє глобальному потеплінню. У зв'язку з цим виникає потреба в пошуку екологічно чистих альтернатив, які можуть значно зменшити негативний вплив авіації на навколишнє середовище.

Одним із перспективних напрямків є розробка та впровадження авіаційного біопального, яке виготовляється з відновлювальних ресурсів і має потенціал для зниження викидів вуглекислого газу в атмосферу. Це дослідження присвячене аналізу методів зменшення викидів у навколишнє середовище за допомогою авіаційного біопального, оцінці їх ефективності, а також розгляду проблем і можливостей впровадження цієї технології на глобальному рівні.

Авіація є важливим двигуном світової економіки, проте ця галузь, що активно розвивається, відповідає за приблизно 2-3% глобальних викидів CO2. У відповідь на це вона поставила перед собою амбітну мету зменшити викиди на 50% до 2050 року. Виробництво авіаційного біопального вважається ключовим елементом цього плану.

Відновлюване реактивне паливо Neste MY виготовляється за допомогою запатентованої технології Neste NEXBTL і складається на 100% з перероблених відходів та залишків сировини. Це паливо повністю сумісне з реактивними двигунами та інфраструктурою для його розподілу. Сучасні технологічні рішення у сферах виробництва електроенергії, авіації та судноплавства, а також у виробництві синтетичного пального відкривають нові можливості для біопального, і його застосування буде лише зростати.

Тепер коротко про процес виробництва. Біопаливо створюється з органічних матеріалів, таких як рослинні сировини або побічні продукти тваринногопоходження.

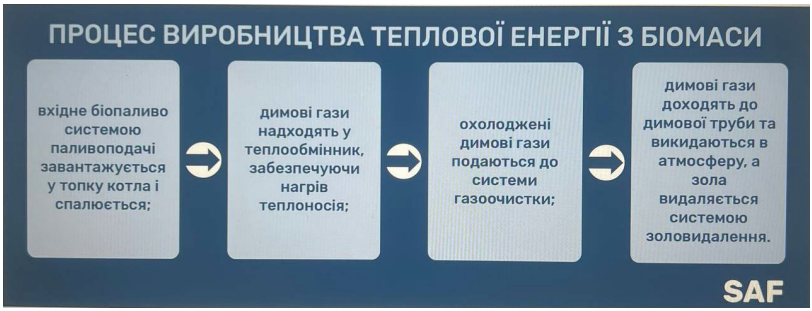


Рис. 1. Процес виробництва теплової енергії

Сучасні технології значно розширили різноманітність біопального. Воно може бути в твердому, рідкому та газоподібному вигляді і часто використовується як альтернатива викопному паливу. Коли ми говоримо про покоління біопального (їх чотири), зазвичай маємо на увазі 30-річний інтервал між кожним з них. Друге покоління складається з сировини рослинного походження, що містить жири, крохмаль і цукор. Жири та олії перетворюються на біодизель, а крохмаль і цукор – на спирт. Згідно з даними Міністерства енергетики США, виробництво етанолу з кукурудзи вимагає щонайменше на 30 відсотків більше енергії, ніж потрібно для його отримання. Цей чистий енергетичний баланс значно вищий для етанолу, виготовленого з кукурудзи, патоки, ріпаку чи сої, як, наприклад, у Бразилії.

Зокрема,Ініціативна група авіаційного транспорту (ATAG) прогнозує, що до 2035 року великими аеропортами скористаються 7,2 мільярда пасажирів. До 2050 року обсяги викидів мають зрости до 3,12 мільярда тонн, що в чотири рази перевищує базовий рівень 2015 року, який становив 780 мільйонів тонн. Тому провідні світові компанії зосереджують увагу на розвитку бізнес-напрямків у виробництві біокомпонентів і синтетичного пального, а також на дослідженнях і розробках у сфері екологічно чистого та стійкого авіаційного пального (SAF, Sustainable Aviation Fuel).

Це паливо має низький рівень вмісту вуглецю і є екологічною альтернативою традиційним авіаційним паливам Jet A та A-1. SAF є безпечним і надійним біопальним для авіаційних двигунів, з властивостями, схожими на звичайне авіаційне паливо.

Використання SAF може суттєво зменшити викиди парникових газів протягом усього життєвого циклу або навіть призвести до негативного вуглецевого сліду.



ТИПОВІ ПАЛИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІОПАЛИВ З АГРОБІОМАСИ

Найменування показника	Одиниця вимірювання	Значення				
		Солома	Гранули з виноградної лози	Гранули з лушпиння соняшнику	Міскантус	Верба і тополя
Загальна волога, M	мас. % a.r.	15	10	10	15	50 (свіжа)
Зола, A	мас. % d.b.	5,0	4,5	4,0	4,0	2,0
Нижча теплотворна здатність, NCV	МДж/кг a.r.	14,6	15,7	15,7	14,7	8,0
Насипна щільність, BD	кг/м³ a.r.	100 (тюки) / 60 (подріб.)	710	550	130 (подріб.)	250 (тріска)
Енергетична щільність	МВт·год/м³ a.r.	0,41 (тюки) / 0,24 (подріб.)	3,10	2,40	0,53 (подріб.)	0,56 (тріска)
Азот, N	мас. % d.b.	0,5	0,81	0,8	0,7	0,5
Сірка, S	мас. % d.b.	0,1	0,07	0,1	0,2	0,04
Хлор, Cl	мас. % d.b.	0,4	0,02	0,06	0,2	0,02
Кальцій, Ca	мг/кг d.b.	4000	10000	5000	2000	5000
Калій, K	мг/кг d.b.	10000	5400	11000	7000	2500
Натрій, Na	мг/кг d.b.	500	170	50	70	25
Кремній, Si	мг/кг d.b.	10000	2800	600	8000	500

Примітка:
a.r. – робочий стан палива
d.b. –сухий стан палива

SAF

Рис. 2. Паливні характеристики біопалив

Воно може бути виготовлене з залишків та відходів циркулярної економіки, таких як тваринництво, кулінарні жири та харчові відходи.Авіакомпанія KLM (голландська «Koninklijke Luchtvaart Maatschappij», що в перекладі означає «Королівські повітряні лінії», заснована в 1919 році) здійснила перший у світі комерційний рейс. Наразі KLM додає 1% SAF до паливної системи в аеропорту Амстердама. Хоча це може здаватися не дуже привабливим, це важливий крок у напрямку декарбонізації авіаційного транспорту. Стратегічною метою KLM є поступове збільшення використання SAF, щоб до 2030 року досягти 10% від загального споживання авіаційного пального. Глобальне споживання SAF у 2023 році становитиме від 450 000 до 500 000 тонн. Проте, за даними Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA), це лише 0,1% від загального споживання авіаційного пального.

Список літератури

1. Міжнародна агенція з відновлюваної енергетики (IRENA) https://www.irena.org
2. Проекти та ініціативи Європейського Союзу https://energy.ec.europa.eu/index_en
3. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) https://www.icao.int/Pages/default.aspx

УДК 656.073.28.623.4.629.7.043.2

Ю.Б. Добровольський, к.т.н, доцент, с.н.с., К.О. Сарапин
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Особливості перевезення авіаційних засобів ураження для сучасних літаків

Тема перевезення авіаційних засобів ураження для сучасних літаків є надзвичайно важливою в контексті забезпечення ефективності та безпеки військових операцій. Особливості цього процесу включають специфічні вимоги до транспортування боєприпасів, таких як ракети, бомби та інші системи озброєння, які можуть мати різні фізичні та технологічні характеристики.

Авіаційні засоби ураження.

Це широкий спектр озброєння, яке сучасні літаки можуть нести на борту. Це можуть бути ракети різного призначення, бомби, контейнера тощо. Кожен вид АЗУ має свої особливості перевезення, які залежать від типу літака (винищувачі, бомбардувальники, штурмовики мають різні типи підвіски, обмеження за вагою та габаритами). Також, кожен вид авіаційного засобу ураження має свої вимоги до кріплення.

Сучасні літаки потребують спеціальних технічних рішень для інтеграції і забезпечення правильного функціонування цих засобів під час польоту. Це включає у себе питання підготовки боєприпасів до транспортування, їх розміщення на борту літака, забезпечення їхньої безпеки під час перевезення та підготовки до використання.

Важливими аспектами є також дотримання міжнародних стандартів та норм, що регулюють перевезення небезпечних вантажів, а також інтеграція новітніх технологій, які дозволяють зменшити ризики та підвищити ефективність перевезення авіаційних засобів ураження.

Відповідно до вимог Технічних інструкцій призначаються групи пакування в залежності від їх ступеня небезпеки, які вони становлять:

- Група пакування 1 – висока ступінь небезпеки;
- Група пакування 2- середня ступінь небезпеки;
- Група пакування 3 – низька ступінь небезпеки.

Відповідно до класу небезпеки та складу небезпечних вантажів їм присвоюється номера ООН та відповідне вантажне найменування. [1]

Документами для перевезення небезпечних вантажів повітряним транспортом є: авіавантажна накладна та декларація вантажовідправника для небезпечних вантажів. Експлуатант має зберігати документи на перевезення, додаткову інформацію. (Рис. 1)

<table>
<tr><td colspan="3">Вантажовідправник</td><td colspan="5">Номер авіаційної вантажної накладної

Сторінка ... з ... сторінок

Номер вантажовідправника (за бажанням)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Вантажоодержувач</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="3">Характеристика перевезення

Аеропорт відправлення

Перевезення пасажирів та вантажу повітряним судном

Перевезення тільки вантажу повітряним судном</td><td colspan="5">Застереження

Недотримання всіх діючих правил перевезення небезпечних вантажів є порушенням діючих законів і призводить до штрафних санкцій. Ця графа ні за якими обставинами не повинна заповнюватися та/або підписуватися агентом з оформлення вантажу</td></tr>
<tr><td colspan="3">Аеропорт призначення</td><td colspan="5">Категорія вантажу

Не радіоактивний | Радіоактивний</td></tr>
<tr><td colspan="8">Найменування і кількість небезпечних вантажів</td></tr>
<tr><td colspan="8">Визначення небезпечних вантажів</td></tr>
<tr><td>Належне відвантажувальне найменування</td><td>Клас</td><td>№ ООН</td><td>№ інструкції</td><td>Додаткова небезпека</td><td>Кількість і тип пакування</td><td>Інструкція з пакування</td><td>Підтвердження відповідності правилам</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">Додаткова інформація про обробку</td></tr>
<tr><td colspan="5">Цим засвідчую, що вміст цього вантажного відправлення повною мірою і точно визначено вище відповідно до відвантажувальних найменувань і що воно класифіковане, упаковане, маркіроване і на нього нанесено знаки, перебуває в належному стані для повітряного перевезення з дотриманням відповідних міжнародних і національних правил</td><td colspan="3">Ім'я, прізвище, посада, підпис особи, яка підписала декларацію

Місце і дата підписання декларації

Підпис уповноваженої особи вантажовідправника (Ім'я, прізвище)</td></tr>
</table>

Рис.1 Зразок документів на перевезення

Перевезення авіаційних засобів ураження – це складний процес, який вимагає високого рівня підготовки екіпажу та технічного обслуговування

літака. Сучасні технології дозволяють створювати все більш ефективні системи озброєння, але при цьому виникають нові проблеми, які потребують вирішення.

Список літератури

1. Наказ « Про затвердження Авіаційних правил України «Порядок та умови повітряних перевезень небезпечних вантажів»» від 12.11.2020 №1802.
2. Декларація вантажовідправника для небезпечних вантажів (Додаток 1)

УДК 623.12(043.2)

О.Г. Водчиць, к.т.н., доцент,
заслужений працівник освіти України
Д.Ю. Кононенко, С.М. Левченко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Особливості облаштування укриттів тунельного та посиленого типів різних видів

Запропонована тема аргументує доцільність використання на території нашої держави укриттів тунельного на основі іноземного досвіду з метою більш якісного захисту повітряних суден та особового складу.

Досвід іноземних держав.

Більше 80% аеродромів Китаю придатні для базування бойової авіації, обладнані укриттями для літаків, з них 30% аеродомів - укриттями тунельного і посиленого типів.

Укриття тунельного типу поділяються на підземні та напівпідземні. Загалом на аеродромах Китаю нараховується близько 90 укриттів тунельного типу (біля 75% підземних і 25% напівпідземних).

Підземні укриття тунельного типу обладнуються у горах або височинах, прилеглих до аеродрому і мають глибину закладення від 30 до 100 м, а в окремих випадках до 120 м і більше, що забезпечує захист літаків від ураження всіма видами зброї, у тому числі ядерної.

Дані укриття являють собою тунелі з двома-трьома входами, розташованими на одному або протилежних схилах, на віддаленні від 200 до 1200 м один від одного і в 300-7000 м від ЗПС.

Ширина входу в укриття на більшості аеродромів складає 16 м, що забезпечує розміщення в них всіх типів винищувачів, які знаходяться на озброєнні ВПС Китаю. На 21 аеродромі укриття підземного типу мають входи шириною 25 м, що дозволяє розміщувати в них бомбардувальники типу ІЛ-18.

На 4 аеродромах укриття мають ширину входу 40 м і придатні для використання бомбардувальників ТУ- 16.

Місткість підземних укриттів тунельного типу в залежності від довжини тунелів і площі обладнаних в них стоянок літаків може складати від 2 до 6 екскадриль. Загальна місткість всіх підземних укриттів складає близько 200 винищувальних ескадриль.

Напівпідземні укриття підземного типу являють собою арочні споруди довжиною до 220 м, зібраний із секцій покладених в рів шириною 25 м і глибиною 4-5 м і засипаних грунтом. Укриття цього типу мають по два входи шириною 15 м і більше. Загальна розрахункова місткість напівпідземних укриттів(з розрахунку 12-18 винищувачів на укриття) складає 15 ескадриль.

Укриття посиленого типу поділяються на арочні та двосекційні. Всього на аеродромах Китаю нараховується 62 укриття посиленого типу, у тому числі 52 арочні та 10 двосекційних Арочні укриття посиленого типу являють собою

арочні залізобетонні конструкції, посилені Шаром грунту товщиною до 1-1,5 м. Такі укриття мають потужні залізобетонні ворота.

Кожне укриття розмірами від 20*15 до 125*15 м забезпечує розміщення в ньому 1-8 винищувачів.

Укриття такого типу підготовлені на 11 аеродромах. Вони розміщуються групами (по 3-4 укриття) на стоянках для чергових літаків.

Досвід Ізраїлю свідчить про високу ефективність побудови та експлуатації шести- та семисекційних арочних укриттів (на даний час їх нараховується близько 30).

Такі укриття складаються з 6 або 7 ізольованих одна від одної секцій розмірами по 25*15 м, кожна секція збирається з 10 арочних конструкцій, які мають форму напівкола шириною 2,5 м і товщиною до 50 см, які спираються на бетонний фундамент.

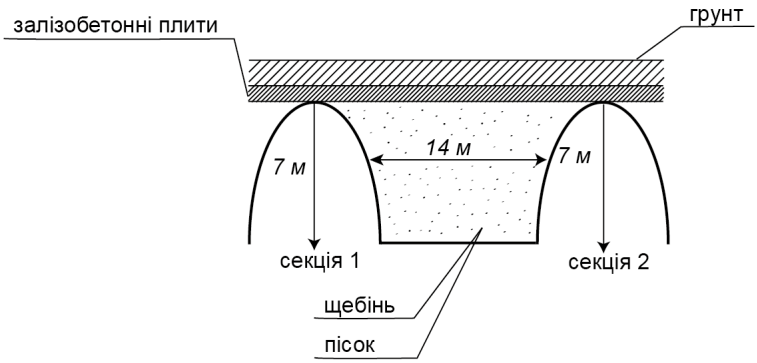


Рис. 1 Схема розміщення секцій

Доцільність облаштування.

Окрім високоефективного захисту повітряних суден і всієї техніки для їхнього обслуговування, запропоновані типи укриттів здатні забезпечити захист від теплового випромінювання, а також захист персоналу від початкового гамма-випромінювання, адже конструкція та земляний покрив повинні пропускати не більше ніж малу частку від максимально допустимої дози.

Також захист від залишкового радіаційного випромінювання, у разі можливого застосування противником ядерної зброї, може бути досягнуто шляхом фільтрації радіаційно активних речовин у повітрозабірнику, розташованому у вентиляційній системі.

Доцільність облаштування вищезазначених типів укриттів на території нашої держави є беззаперечною. Найбільш вигідною місцевістю для їх розташування пропонується гірська місцевість, у окремих випадках також оптимальним варіантом слід ввважати горбкувату місцевість , проте в даному

випадку необхідно особливу увагу звернути на ряд окремих особливостей рельєфу, наприклад, щільність ґрунту.

Особливу увагу також необідно звернути на систему вентиляції. Перед встановленням вентиляційної системи необхідно провести детальний аналіз внутрішніх потоків повітря, враховуючи форму укриття, його розміри та кількість техніки, яка буде розміщена всередині.

Вхідні отвори для подачі свіжого повітря розміщують на початку укриття або в місцях, де повітряні потоки будуть рівномірно розподілятися по всьому об'єму.

Вихідні отвори для відведення забрудненого повітря розташовуються у верхній частині укриття або на протилежному кінці тунелю. Додаткові вентиляційні отвори можуть бути передбачені для забезпечення резервного виходу повітря у випадку пошкодження основної системи.

Високопотужні вентилятори встановлюються на вхідних і вихідних отворах для забезпечення примусового руху повітря. Вони можуть бути розташовані у спеціальних захисних камерах для зниження рівня шуму і захисту від можливих пошкоджень.

Система повинна бути обладнана фільтрами для очищення вхідного повітря від пилу, хімічних речовин та інших забруднень, що можуть проникнути ззовні, а також під час запуску та прогріву двигуна повітряного судна.

У разі необхідності, для підтримання оптимальної температури може використовуватися система кондиціонування або обігріву. Вентиляційні канали необхідно виготовляти з міцних корозійно-стійких матеріалів.

Список літератури

1. Наказ Міністерства Оборони України № 348 від 23.09.2020 “Про внесення змін до Інструкції з експлуатації аеродромів Державної авіації України”.

2. Rodchenko O. V. Improvement of concrete airfield pavement design // “Aviation in the XXI-st century” – “Safety in Aviation and Space Technologies”: The Sixth World Congress, September 23–25, 2014: proceedings. – Kyiv, 2014. – Volume 3. – P. 10.1–10.5.

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

О.К. Луценко, В.Ф. Нестеренко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Безпека цивільних аеропортів під час воєнного стану

Пропонується вирішення проблеми безпеки цивільних аеропортів, які під час воєнного стану переходять під контроль військових. Визначено основні ризики, пов'язані зі спостереженням за військовою активністю з прилеглих житлових районів, і запропоновано шляхи їхньої нейтралізації.

Вступ.

Під час воєнного стану цивільні аеропорти переходять у підпорядкування Повітряних сил Збройних сил України для виконання бойових завдань. Цей процес є необхідним для забезпечення оперативної підтримки військових дій та мобільності військових підрозділів, але він також створює низку проблем і викликів, оскільки такі аеродроми не були спочатку призначені для військових потреб. Однією з ключових проблем є можливість спостереження за військовою діяльністю з прилеглих цивільних територій, що може бути використано ворожими агентами для збору розвідувальної інформації.

Проблеми спостереження з цивільної інфраструктури.

Цивільні аеропорти часто розташовані поруч із густонаселеними міськими територіями та житловими кварталами, що дає можливість спостерігати за діяльністю аеропорту з висотних будівель. Зокрема, це стосується багатоповерхових будинків, з яких відкривається прямий огляд на злітно-посадкові смуги, ангари та інші критичні об'єкти аеропорту. В умовах воєнного стану такі об'єкти можуть бути перетворені на військові бази, що робить їх привабливими цілями для ворожих розвідувальних операцій. Прилеглі будівлі можуть використовуватися ворожими розвідниками для зйомок, спостереження та передачі даних, що становить серйозну загрозу безпеці військових операцій.

Використання цивільної інфраструктури для ворожих розвідувальних операцій є серйозною проблемою через відкритий доступ до інформації, яку можна зібрати з таких позицій. Наприклад, спостерігачі можуть фіксувати кількість і типи літаків, що злітають і сідають, час їхньої активності, характер вантажів або навіть присутність конкретного військового персоналу. Ці дані можуть бути використані ворогом для оцінки військових спроможностей, планування ударів по аеропорту або інших стратегічних дій. Крім того, сучасні технології дозволяють вести спостереження за допомогою дронів, які можуть залишатися непомітними і вести запис з високою роздільною здатністю.

Додаткові ризики та виклики.

Окрім можливості безпосереднього спостереження, існують інші фактори, що підвищують ризики використання цивільних аеропортів для військових цілей. Наприклад, відкритий доступ до інтернету дозволяє звичайним громадянам, які не обов'язково мають ворожі наміри, ділитися фотографіями або відео в соціальних мережах, що може ненавмисно сприяти витоку важливої інформації. Такі публікації можуть привертати увагу ворожих розвідок, які активно моніторять соціальні мережі в пошуках корисних даних.
Крім того, сусідство цивільних і військових об'єктів підвищує ризик ворожих ударів по аеропорту, що може призвести до жертв серед цивільного населення. Атака на аеропорт, який одночасно використовується для цивільних і військових потреб, може спричинити значні руйнування і гуманітарні наслідки, що також є викликом для планування оборонних операцій.

Щоб запобігти спостереженню та збору розвідувальної інформації з боку противника, необхідно вжити низку заходів:

1. Встановити додаткові бар'єри або жалюзі та обмежити видимість з сусідніх багатоповерхівок;

2. Системи радіоелектронної боротьби, щоб порушити запис і передачу інформації. Впроваджуйте системи виявлення та нейтралізації безпілотників, які можуть бути використані для збору даних;

3. Залучайте правоохоронні органи до моніторингу підозрілої діяльності в районі. Встановіть системи відеоспостереження в аеропорту та навколо нього для виявлення підозрілих осіб і запобігання спробам збору розвідувальної інформації;

4. Тимчасово обмежити доступ до висотних будівель, що виходять на територію аеропорту, під час проведення важливих військових операцій. У випадках надзвичайної небезпеки мешканців будинків можна тимчасово відселити;

5. Інформувати навколишнє населення про можливі небезпеки та закликати його до співпраці у боротьбі з ворожими агентами;

6. Використання маскувальних сіток, димових завіс та інших засобів для приховування реальної військової діяльності. Застосування заходів дезінформації, спрямованих на введення противника в оману щодо розташування та пересування військових підрозділів;

7. Будівництво тимчасових споруд або об'єктів, які обмежують видимість критично важливих об'єктів аеропорту. Наприклад, тимчасові стіни або конструкції, що приховують злітно-посадкові смуги або зони технічного обслуговування;

8. Створення фальшивих об'єктів, таких як макети літаків або іншої техніки, щоб збити з пантелику потенційних спостерігачів і ввести противника в оману щодо реальної кількості та розташування військових об'єктів.

Висновок.

Безпека цивільних аеродромів, підконтрольних Повітряним силам Збройних сил України, в умовах воєнного стану є важливим завданням, яке потребує системного підходу. Враховуючи ризики, пов'язані зі спостереженням

з прилеглих житлових районів, необхідно реалізувати комплекс заходів для мінімізації загрози та забезпечення надійного захисту військових операцій.

Список літератури

1. Петров О.В., Іваненко С.М. "Безпека авіаційних об'єктів в умовах воєнного стану". Київ: Національний авіаційний університет, 2021. – 320 с.
2. Сидоренко В.М., Гончарук І.А. "Протидія розвідувальним загрозам у військовій авіації". Харків: Видавництво "АвіаПрес", 2022. – 280 с.
3. Захаров П.О., Мельник О.С. "Радіоелектронна боротьба та захист військових аеродромів". Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2020. – 290 с.

УДК 656.7.082

В.А. Кульбашевський, О.М. Коротенко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Проблема інфраструктури аеродромів для утримання винищувачів F-16 Fighting Falcon в Україні

У доповіді аналізуються проблеми передачі F-16 Україні, зокрема нестача відповідних злітно-посадкових смуг. Основні труднощі пов'язані з модернізацією інфраструктури, яка не відповідає вимогам для F-16, та необхідністю захисту від атак. Пропонуються рішення: модернізація смуг, встановлення сучасного обладнання та навчання персоналу для обслуговування літаків.

Вступ.

Питання передачі літаків багато обговорювалося неодноразово на самітах НАТО у Вашингтоні, та в особистих розмовах між главами держав протягом довгого періоду часу. Але за словами людей, знайомих з цим процесом, їх надання затримується через питання, пов'язані із запчастинами і мовним бар'єром між українськими пілотами та їхніми іноземними інструкторами. Фахівці також занепокоєні тим, що в країні не вистачає злітно-посадкових смуг, а ті, що є, вразливі до російських атак.

З рештою, Україна добилася процесу передачі літаків для Повітряних Сил Збройних Сил України. Головна проблема для якісної роботи даних винищувачів полягає в злітно-посадкових смугах (ЗПС).

Літаки F-16 потребують якісних та довгих ЗПС. В Україні багато аеродромів не відповідають стандартам для таких сучасних літаків.

З реконструкцією наявних військових аеродромів, на яких адаптують покриття для прийняття майбутніх бортів, в Повітряних Силах Збройних Силах України паралельно готують резервні аеродроми, у випадку якщо основі будуть під загрозою ударів.

Для початку цього непростого процесу потрібно зробити аналіз наявних ЗПС на їх стан, функціональність, наявність службово-технічної забудови і т.д.

Основні проблеми аеродромної інфраструктури для F-16:

- Конструкція покриття F-16 Figting Falcon, а особливо його шасі вимагає довгу і рівну ділянку, котра виконана з асфальто-бетонного або цементно-бетонного покриття для здійснення тактичних операцій, на відміну від наявних винищувачів в Україні, такі як МіГ-29, Су-27 і т.д., для котрих конструкція покриття виконана з аеродромних плит;
- Основна відмінність у даних винищувачах в їх шасі – радянська авіація має жорстку підвіску, а винищувачі котрі передають мають навпаки, м'яку підвіску, що дуже чутлива до будь-яких нерівностей, стиків і т.д.;
- Зношеність злітно-посадкових смуг або їх пошкодження внаслідок багаторічного використання, браку фінансування для належного

обслуговування, а також обстрілів з боку країни-агресора безспосередньо впливає на стан покриття для винищувачів F-16;

• Наявність необхідного обладнання: злітно-посадкові смуги для F-16 повинні бути обладнані сучасними системами освітлення, навігації та іншими технологіями, що забезпечують безпеку польотів у будь-який умовах. Наявні злітно-посадкові смуги мають застаріле обладнання із-за наявного іншого парку літаків, котрі мають інше радіонавігаційне і спеціальне обладнання.

Вразливість до атак: злітно-посадкові смуги є першочерговими цілями для завдання авіаційних та ракетних ударів, для виведення з ладу інфраструктури аеродрому. В свою чергу це унеможливлює швидке розгортання або виведення літаків.

Шляхи вирішення проблем інфраструктури:

• Модернізація існуючиих ЗПС: аеродроми повинні бути обладнанні довшими ЗПС із посиленим покриттям, таким як асфальто-бетон або бетон, котрі здатні витримати великі навантаження від F-16. Це включає заміну або посилення старого покриття;

• Встановлення сучасного обладнання: необхідно оснастити ЗПС сучасними системами освітлення, навігації та контролю, які забезпечать безпечні умови для польоту у різних погодних умовах та в будь-який час доби;

• Захист від атак: для мінімізації пошкодження ЗПС від нанесення засобами ураження противника, потрібно посилювати протиповітряну оборону аеродрому, його інфраструктури. Це можливо завдяки новітнім системам оборони, створенням мобільних груп, залучення безпілотних літальних апаратів, і т.д.;

• Оновлення автопарку: для забезпечення постійної готовності ЗПС до прийняття літаків, потрібно оновити автопарк спеціальної техніки для підтримки та виконання певних операцій на полосі, котра вимагає дотримання певних технологій під час робіт;

• Навчання персоналу: для підтримки та виконання регламентних робіт на ЗПС потрібно підготувати відповідних фахівців для швидкої і ефективної роботи. Навчання персоналу відбувається закордоном, під наглядом спеціальних фахівців, котрі володіють технологіями будівництва і обслуговування аеродромних полос.

Висновок.

Вирішення злітно-посадкових смуг для F-16 в Україні вимагає комплексного підходу, що включає модернізацію існуючих смуг, створення нової інфраструктури, посилення захисту, оновлення існуючого автопарку та навчання спеціалістів. З дотриманням даних шляхів вирішення Повітряні Сили Збройних Сил України зможуть якнайскоріше приймати нові винищувачі F-16 Fighting Falcon, що в свою чергу дозволить забезпечити безпеку державних кордонів а також виконання тактичних і бойових операцій.

Список літератури

1. Міжнародні стандарти та рекомендована практика. Аеродроми. Додаток 14 до конвенції про міжнародну цивільну авіацію. Том 1. Проектування та експлуатація аеродромів. ІКАО. - Монреаль, 2009. - 360 с.

2. Тактико-технічні характеристики винищувача F-16 Fighting Falcon. URL://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104505/f-16-fighting-falcon/

3. Огляд методів оцінки та підтримки злітно-посадкових смуг у належному стані, з фокусом на військові аеродроми. URL: https://www.afcec.af.mil/Portals/17/documents/About-Us/AFCE-Magazine/Archives/AFD-150514-034.pdf

УДК 629.7,621.43,504.06

С.Л. Столінець, Р.В. Чернецький
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Вдосконалення способу зменшення випаровування ракетного палива при зберіганні

Запропоновано один із ефективних заходів для зменшення втрат від випаровування палива під час зберігання. Розглянуто потенційні шляхи вдосконалення цього методу, зокрема через зменшення ваги понтону.

Використання плаваючих понтонів.

Використання плаваючих понтонів для резервуарів є ефективним методом зменшення випаровування палива, оскільки вони значно знижують об'єм парової фази, мінімізуючи контакт палива з повітрям. Це дозволяє зменшити втрати на 85-95%, що не тільки економічно вигідно, але й сприяє зниженню екологічного впливу на довкілля.

Дослідження показують, що під час довготривалого зберігання палива можуть відбуватися зміни його фізико-хімічних властивостей, такі як окиснення, полімеризація, а також взаємодія з твердою дисперсною фазою. плаваючі понтони сприяють підтриманню більш стабільної температури всередині резервуара, що є важливим для запобігання перепадів температур, які можуть спричинити конденсацію та додаткові втрати палива. Також, вони забезпечують додатковий захист від зовнішнього забруднення та механічних пошкоджень, що можуть виникнути внаслідок природних явищ або людської діяльності. Використання плаваючих понтонів також сприяє зниженню викидів вуглеводнів у атмосферу, що позитивно впливає на екологічну безпеку та відповідає сучасним екологічним стандартам (табл.1).

Таблиця 1.

Втрати нафтопродуктів залежно від конструкції резервуару [1]

Тиск насичених парів нафтопродукту в резервуарі, кПа	Втрати, т/міс, з резервуарів	
	Зі стаціонарним дахом	З плаваючим дахом чи понтоном
10-35	70	9
36-65	95	18
67-75	325	41

Застосування плаваючих понтонів є частиною комплексного підходу до управління якістю та безпекою палива, що включає також регулярний моніторинг стану резервуарів, використання сучасних матеріалів та технологій для їх виготовлення, а також ретельне планування логістики та обігу палива. Все це дозволяє не тільки зменшити втрати від випаровування, але й оптимізувати витрати на зберігання та транспортування палива, забезпечуючи високу ефективність та надійність паливної інфраструктури.

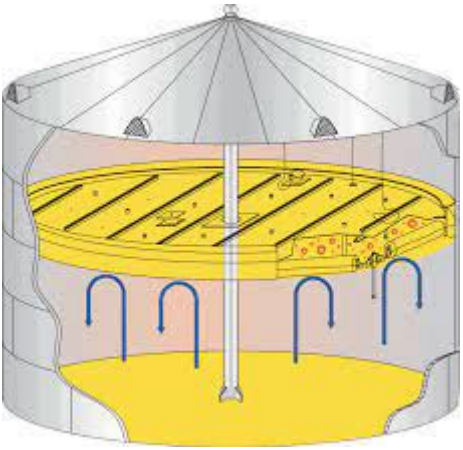


Рис1. Принцип дії понтонного даху [2]

Плаваючі понтони не вимагають значного переобладнання існуючого резервуару, можуть збиратись в середині резервуару на відміну від резервуарів з плаваючих дахом.

Зменшення ваги плаваючого понтона є ключовим напрямком для підвищення ефективності та надійності цього методу зменшення випаровування палива під час зберігання. Цей підхід включає впровадження новітніх матеріалів, оптимізацію конструкційних рішень та використання передових технологій, що разом сприяють покращенню функціональності покрівель та зниженню витрат на їх експлуатацію.

Одним із основних шляхів зменшення ваги плаваючого понтону є використання легких, але міцних матеріалів [3]. Композитні матеріали, такі як склопластик, вуглепластик або полімери, армовані скловолокном, мають високу стійкість до корозії, ультрафіолетового випромінювання та хімічних впливів. Вони дозволяють значно знизити вагу покрівлі, що, в свою чергу, зменшує навантаження на конструкції резервуара, а також витрати на монтаж та технічне обслуговування.

Використання легких матеріалів [4]**:**

- Композитні матеріали: Один із найефективніших способів зменшити вагу понтону — замінити традиційні матеріали, такі як сталь або алюміній, на композитні. Композитні матеріали (наприклад, склопластик, карбонові волокна) мають високу міцність при значно меншій вазі. Вони також стійкі до корозії, що подовжує термін служби понтону.

- Алюмінієві сплави: Якщо заміна на композити є надто дорогою або складною, можна використовувати алюмінієві сплави з покращеними характеристиками міцності. Вони легші за сталь і мають добру стійкість до корозії, що робить їх придатними для використання в агресивних середовищах.

Оптимізація конструкції понтонів досягається зменшення товщини контуру без втрати міцності.

Використання нанотехнологій у виробництві матеріалів дозволяє створювати ультратонкі, але надзвичайно міцні шари. Застосування нановолокон або нанокомпозитів забезпечує високу міцність при значному зменшенні ваги.

Оптимізація конструкції плаваючого понтону може також включати модульні системи [5]. Модульний підхід дозволяє використовувати збірні секції з легких матеріалів, що спрощує монтаж, обслуговування і модернізацію понтону.

Для цього використовують:

- Полегшені каркасні системи: Традиційно плаваючі понтони мають складний каркас, який забезпечує їхню структурну цілісність. Замість масивних елементів можна використовувати сучасні каркасні системи з легких сплавів або композитних матеріалів, що дозволяють зменшити вагу без втрати міцності.

- Сотові або ребристі структури: Використання сотових або ребристих конструкцій у понтоні дозволяє значно зменшити його масу, одночасно зберігаючи жорсткість і стійкість до навантажень. Такі структури забезпечують високу міцність при мінімальній вазі завдяки ефективному розподілу матеріалу.

Зменшення ваги плаваючого понтону має кілька важливих переваг. Легкий понтон швидше і точніше реагує на зміни рівня палива в резервуарі, що зменшує втрати від випаровування. Окрім цього, легші конструкції потребують менше енергії для переміщення, що знижує експлуатаційні витрати. Нарешті, легкі матеріали менш схильні до деформацій і навантажень, що може продовжити термін служби понтону та зменшити необхідність у ремонтах.

Використання новітніх технологій включає:

- Пустотні панелі: Впровадження панелей з пустотами або заповнених легкими матеріалами (наприклад, піною або спіненим пластиком) дозволяє зменшити загальну вагу конструкції без втрати її герметичності та міцності. Пустотні панелі також можуть мати теплоізоляційні властивості, що знижує теплові втрати.

- Повітряні камери: Інтеграція повітряних камер у конструкцію понтону може не тільки знизити його вагу, але й забезпечити додаткову плавучість. Це особливо важливо в умовах, коли рівень палива може суттєво змінюватися.

Таким чином, зменшення ваги плаваючого понтону є інноваційним підходом, що сприяє підвищенню ефективності роботи резервуарів, економії витрат та покращенню довговічності системи. Це дозволяє значно зменшити втрати палива від випаровування, підвищити надійність та безпеку зберігання, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Висновки

Використання плаваючих понтонів є надзвичайно ефективним методом для зменшення втрат пального від випаровування під час зберігання, знижуючи контакт пального з повітрям. Зменшення ваги понтону, шляхом застосування легких та міцних матеріалів, таких як композити і нанотехнології, підвищує ефективність системи, знижує витрати на монтаж і обслуговування, а також

продовжує термін служби понтону. Це допоможе покращити стабільність та зменшити витрати на технічне обслуговування, полегшені конструкції також можуть знизити витрати на монтаж та транспортування, а також позитивно вплине на навколишнє середовище, зменшуючи викиди вуглеводнів і відповідаючи сучасним екологічним стандартам.

Список літератури

1. Кваліфікаційна робота, ст.42. «chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158105/%d0%94%d0%b8%d0%bf%d0%bb%d0%be%d0%bc-%d0%af%d1%80%d0%be%d1%88%d0%b5%d0%bd%d0%ba%d0%be.pdf?sequence=1&isAllowed=y"
2. «https://directank.com/internal-vs-external-floating-roof-tank/»
3. Energies – MDPI. Numerical Study on the Influence of Various Design Variables on the Behavior Characteristics of Oil and Gas in Internal Floating Roof Tanks. «URL https://doi.org/10.3390/en17174336»
4. Deha Tech – «URL https://dehatech.com/ongoing-projects/»
5. «URL:http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5563.»

УДК 62-777:629.113.004.18:662.76

О.В. Тарасов, кандидат військових наук, доцент,
Д.Є. Пасісніченко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Підвищення ефективності приймання пального з транспортних засобів в умовах центру забезпечення пальним

Центри забезпечення пальним (ЦЗП) відіграють важливу роль у логістиці постачання палива. Їхня ефективність безпосередньо впливає на операційні витрати, загальну рентабельність та боєздатність військ. Одним із ключових аспектів роботи ЦЗП є приймання палива з транспортних засобів. Цей процес може бути трудомістким, схильним до людських помилок, а також мати ризики крадіжок.

Автоматизовані системи обліку та контролю пального

Для забезпечення скорішого зливу цистерни в умовах центру забезпечення пальним, можна використовувати **вузол автоматизованого обліку прийнятого пального**.

Система дозволяє спостерігати за процесом приймання пального в режимі реального часу, надаючи інформацію про кількість пального, яке зливається, густину, температуру, а також про його якість (якщо застосовуються датчики якості).

Вузол автоматизованого обліку прийнятого пального — це комплекс обладнання та програмного забезпечення, що забезпечує автоматизований контроль і облік пального, яке надходить на зберігання або для подальшого використання. Такий вузол інтегрує різні технічні та програмні засоби для забезпечення точності, швидкості та надійності операцій з приймання пального.

Він матиме вигляд короба з приладовим щитом, який буде зафіксований перед задвижкой трубопроводу, який веде в той чи інший резервуар, з певним видом палива.

Основні компоненти вузла автоматизованого обліку пального

Зливна лінія з датчиками об'єму та витрати пального:

Це основна частина вузла, де пальне зливається з транспортного засобу або цистерни. На зливній лінії встановлені:

Лічильники об'єму пального — вимірюють точну кількість пального, що проходить через лінію.

Датчики витрати — фіксують швидкість потоку рідини для контролю за рівномірністю процесу та запобігання втратам.

Датчики температури – фіксують навіть найменші перепади температури для забезпечення більш точного вимірювання кількості пального.

Датчики густини - фіксують рівень густини пального для забезпечення більш точного вимірювання кількості пального.

Програмне забезпечення для обліку та моніторингу:

Централізована система обліку керує всіма процесами у вузлі. Вона збирає дані з датчиків, лічильників і систем ідентифікації, обробляє їх та зберігає в базі даних.

Система безпеки:

В разі виникнення нештатної ситуації система подає сигнал тривоги та автоматично припиняє роботу.

Принцип роботи вузла автоматизованого обліку прийнятого пального

Злив пального:

В процесі зливу лічильники об'єму фіксують кількість рідини, що проходить через зливну лінію.

Датчики витрати контролюють швидкість зливу, щоб уникнути перевищення допустимих норм або втрат пального.

Облік і контроль якості:

Після зливу пального система реєструє точний обсяг отриманого продукту. Датчики якості перевіряють параметри пального (щільність, чистоту, наявність домішок), після чого ці дані передаються до центральної системи.

В разі невідповідності якості пального заданим стандартам система може автоматично призупинити процес і повідомити оператора.

Зберігання та звітування:

Усі дані про прийняте пальне зберігаються в базі даних, а також автоматично генеруються звіти для керівництва або контролюючих органів. Звіти можуть містити інформацію про час приймання, кількість пального, якість, а також ідентифікаційні дані транспортного засобу.

Переваги вузла автоматизованого обліку пального

Використання автоматизованих лічильників і датчиків зменшує можливість помилок при обліку прийнятого пального. Висока точність вимірювань гарантує надійний контроль за кількістю пального.

Автоматизація зливу та обліку значно скорочує час на проведення операцій з приймання пального, що підвищує продуктивність центру.

Усі процеси реєструються та контролюються в режимі реального часу. Це дозволяє точно відстежувати всі операції та мінімізувати можливість шахрайства або втрат.

За рахунок автоматизації можна зменшити кількість персоналу, необхідного для проведення операцій, а також скоротити витрати на ручне обслуговування та контроль процесів.

В умовах воєнного стану, забезпечення швидшого зливу пального – це турбота про життя та здоров’я персоналу.

Так як, центр забезпечення пальним, це - пріоритетна ціль для ворога, система допомагає мінімізувати час на проведення розрахунків для обліку прийнятого пального, тим самим значно скорочуючи перебування машини та персоналу в небезпечній зоні зливу пального.

Автоматизація процесів обліку та контролю пального є ключовим елементом для підвищення ефективності роботи центрів забезпечення пальним. Вона дозволяє зменшити ризик людських помилок, покращити точність обліку, а також забезпечує оперативний контроль якості та кількості пального.

УДК 621.43:629.11

О.В. Тарасов. к.в.н., доцент; К.О. Ананко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Підвищення спроможності з видачі пального в автотранспорт в умовах центру забезпечення пальним

Центр забезпечення пальним (далі - ЦЗП) відіграє ключову роль у логістичній системі військових і цивільних організацій, відповідальних за ефективне постачання пального для транспорту та техніки. Основна функція ЦЗП — це організація безперебійної роботи з постачання, зберігання і видачі пального в умовах, що вимагають оперативного і точного постачання, зокрема в надзвичайних ситуаціях, бойових діях або під час масштабних логістичних операцій.

Автоматизовані системи обліку та контролю пального

Для забезпечення швидшого заливу пального в паливозаправник в умовах центру забезпечення пальним, можна встановити на лінії видачі **вузол автоматизації видачі пального.**

Вузол автоматизації видачі пального дозволить скоротити час на видачу пального в паливозаправник та слідкувати за процесом видачі пального в режимі реального часу, надаючи інформацію про кількість залитого пального, густину, температуру, чистоту пального та буде оснащений системою безпеки.

Вузол автоматизації обліку видачі пального — це комплекс обладнання та програмного забезпечення, що забезпечує автоматизований контроль і облік пального, яке видається в автомобільні засоби транспортування пального. Такий вузол допоможе скоротити час на видачу пального в паливозаправник.

Він матиме вигляд коробки з приладовим щитом, який буде зафіксований перед засувкою гумо-тканного рукава.

Основні компоненти вузла автоматизації видачі пального

Вузол автоматизації видачі пального буде включати в себе, такі компоненти:

лічильники об'єму залитого пального — вимірюють точну кількість пального, що заливається в паливозаправник;

електронний термометр – визначить температуру продукту, який видаємо.

електронний аерометр – визначить показник густини, палива яка закачуємо в паливозаправник;

датчик визначення чистоти палива – визначить чистоту продукту;

система безпеки – допоможе аварійно вимкнути вузол, під час винекнення непередбаченої ситуації.

Принцип роботи вузла автоматизації видачі пального

Залив пального в паливозаправник :

у процесі заливу на лічильнику об'єму фіксують кількість продукту, що заливають в паливозаправник;

після заповнення паливозаправника за допомогою термометра та аерометра визначимо температуру та густину палива, яке видаємо та за допомогою датчика чистоти палива зможемо визначити чистоту палива. Система безпеки спрацює у разі несправностей і автоматично вимкне подачу палива.

Переваги вузла автоматизованого видачі пального

Використання автоматизованих лічильників зменшує можливість помилок при обліку виданого пального. Висока точність зменшує кількість помилок людського фактору, при замірах.

Автоматизація заливу та обліку значно скорочує час на проведення операцій з видачі пального, що підвищує продуктивність центру.

Усі процеси реєструються та контролюються в режимі реального часу. Це дозволяє точно відстежувати всі операції та мінімізувати час простою автопаливозаправників.

За рахунок автоматизації можна зменшити кількість робочого персоналу, необхідного для проведення операцій.

В умовах воєнного стану, забезпечення швидшого заливу пального – це турбота про життя та здоров'я персоналу, а також збереження засобів транспортування пального, що також є дуже важливим.

Так як, центр забезпечення пальним, це - приорітетна ціль для ворога, система допомогає мінімізувати час на проведення розрахунків для обліку прийнятого пального, тим самим значно скорочуючи перебування машини та персоналу в небезпечній зоні заливу пального.

Висновок

Автоматизація процесу видачі пального в умовах ЦЗП є важливим етапом підвищення ефективності логістики пального. Вузол автоматизації процесу видачі пального в автотранспорт, допоможе скоротити час на видачу пального, що дуже важливо через ракетну небезпеку та ворожі безпілотні літальні апарати. Вузол автоматизації скоротить час на виміри кількості пального, визначення температури, густини та визначення якості пального і допоможе у разі непередбачених ситуацій автоматично зупинити заправку паливозаправника.

Список літератури

1. Настанова з експлуатації центрів забезпечення пально-мастильними матеріалами. Спротив, 2022. URL: https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2022/12/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%A6%D0%97%D0%9F.pdf (дата звернення: 06.09.2024).

2. Настанова з експлуатації центрів забезпечення пально-мастильними матеріалами. Спротив, 2022. URL: https://sprotyvg7.com.ua/wp-content/uploads/2022/12/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B

D%D0%BE%D0%B2%D0%B0-%D0%A6%D0%97%D0%9F.pdf (дата звернення: 06.09.2024).

3. Контроль видачі палива. Супутник-Авто, 2023. URL: https://sputnik-auto.com.ua/uk/kontrol-vyidachi-topliva/ (дата звернення: 06.09.2024).

4. Автоматизація обліку та контролю палива на підприємстві. Microtronic, 2024. URL: https://microtronic.com.ua/avtorski-rishennja/rishennja-dlia-agropidpryemstv/avtomatizatsiya-obliku-kontrolya-paliva-na-pidpri-mstvi (дата звернення: 06.09.2024).

УДК 621.899(043.2)

Я.О. Шульга/С.Л. Столінець
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Відновлення якості охолоджуючих рідин шляхом екстракції компонентів

Розглянуто, стан справ з використання охолоджуючих рідин в авіаційних частинах Збройний Сил України. Проведено аналіз існуючих методів відновлення якості охолоджуючих рідин.

Можливість регенерації відпрацьованих охолоджуючих рідин

В зв'язку з війною в Україні проти російського агресора, в авіаційній бригаді збільшились бойові вильоти, з чим збільшилось об'єм обороту палива та спеціальних рідин (такі як охолоджувальні рідини).ОР захищають двигун від перегріву та корозії, змінюються за складом, втрачають початкові властивості і вимагають періодичної заміни [1].

Відпрацьовані ОР повинні обов'язково збиратись в умовах військових частин та здаватись на склади центрів забезпечення пальним (далі – ЦЗП). Це пов'язано з небезпечністю етиленгліколю для навколишнього середовища та життєдіяльності людини.

За рік авіаційна військова частина для заправки систем та на доливання під час експлуатації використовує приблизно 1000 кг ОР. В якості відпрацьованої збирається приблизно 70-80% (700-800 кг).

Під час експлуатації в ОР накопичуються: тверді частинки відпрацьованих інгібіторів корозії, гліколева та мурашина кислоти (продукти розкладання етиленгліколю), хлор – іони (при використанні хлорованої води для розбавлення ОР),інші солі [2,3].

Методи, які можуть застосовуватись для розділення і очищення компонентів: перегонка, фільтрування, екстракція.

Основними способами відновлення якості(регенерації) ОР є [3]:

1. Розділення ОР на компоненти поступовою перегонкою (дистиляцією). Температура кипіння етиленгліколю – 115°С, води – 100°С при нормальних умовах. Можливо відігнати спочатку воду, а потім етиленгліколь, солі, тверді частки залишаться в залишку.

2. Фільтрація через спеціальний фільтруючий елемент або мембрану. Потребує проведення досліджень з метою підбирання матеріалів, які б дозволили ефективно розділити етиленгліколь і воду. Одночасно під час фільтрації виділяються механічні домішки; До процесів фільтрації можна віднести також зворотній осмос та фільтрацію через іонообмінні смоли.

Зворотній осмос дозволяє отримати чисті водні розчини етиленгліколю так як за рахунок тиску етиленгліколь і вода проходять через мембрану, а механічні домішки. Метод не підходить для ОР, що містять масла і поверхнево – активні речовини.

Іонообмінні смоли можуть значно знизити вміст хлор - іонів, мурашиної кислоти до безпечного рівня, але механічні домішки, масла значно погіршують їх роботу.

Для розділення етиленгліколя і воду можна використовувати нанофільтраційні мембрани з поліамідного волокна. Зв'язки між амідними групами в поліаміді досить міцні та стійкі до дії багатьох хімічних реагентів. Також ці мембрани мають пори розміром від 1 до 10 нанометрів. Вони можуть ефективно затримувати молекули етиленгліколю, але пропускати воду.

3. Екстрактування одного з компонентів ОР. Процес заснований на різній розчинності води і етиленгліколю в деяких речовинах.

Перші два метода потребують застосування складного обладнання, яке потрібно спочатку спроектувати та створити. Спосіб екстракції одного з компонентів ОР не вимагає складного обладнання і можуть бути використано в умовах складу (ЦЗП). Речовини, що можуть бути використані для екстракції компонентів ОР наведено в табл.1.

Таблиця 1

Розчинність компонентів ОР в деяких речовинах

№	Речовина	Розчинність в г на 100 мл	
		води	етиленгліколю
1	бромгідрат	л.р.	н.р.
2	хлоргідрат	л.р.	н.р.
3	DL-треонін	л.р.	н.р.
4	хлороплатинат	р.	н.р.
5	D-фруктозамін	л.р.	н.р.
6	хромотропова кислота	л.р.	н.р.
7	цитрулін	р.	н.р.
8	Алортурова кислота	р.	н.р.
9	амігдалева кислота	р.	н.р.
10	D-лізин	р.	н.р.
11	`l-аміно	л.р.	н.р.

Примітка: л.р– легко розчинні; н.р.- нерозчинні; р.- розчинні.

Для найбільшої ефективності бажано екструвати з розчину воду для відновлення етиленгліколю. Всі наведені речовини потребують аналізу на предмет їх токсичності, можливості розділення екстракту на компоненти, доступності речовин та їх вартості.

Висновок

Проведений аналіз показав, що проблема утилізації відпрацьованих охолоджуючих рідин в авіаційних військових частин є актуальною. Були розглянуті та порівняні різні методи регенерації ОР. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що екстракція є найбільш перспективним для вирішення цієї проблеми. Реалізація запропонованого

методу дозволить знизити витрати на придбання нових ОР, зменшити навантаження на довкілля та підвищити екологічну безпеку. Для подальшого розвитку роботи необхідно провести експериментальні дослідження з метою оптимізації процесу очищення та розробки технологічного регламенту.

Список літератури

1. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення. К / Упор. В.Я. Чабанний. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2008. – 353с.

2. Хімія та технологія антифризів: навч. посібник / О.В. Бойченко, В.П. Гуменюк, Л.М. Дмитрук та ін.; за ред. О.В. Бойченка. – К.: Аграр Медіа Груп, 2010. – 320 с.

3. Переробка та регенерація відпрацьованих антифризів: навч. посібник / В.П. Гуменюк, О.В. Бойченко, Л.М. Дмитрук та ін.; за ред. В.П. Гуменюка. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 240 с.

УДК 662.75:629.735.7:532.3

С.І. Лісков, С.Л. Столінець
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Підвищення бойових спроможностей БПЛА шляхом покращених експлуатаційних властивостей реактивного палива.

У сучасних військових операціях безпілотні літальні апарати (БПЛА) забезпечують критичні можливості для виконання розвідувальних та бойових завдань. Для підвищення їх ефективності важливо оптимізувати характеристики пального, яке живить реактивні двигуни. Підвищення теплоти згорання та густини пального може значно поліпшити швидкість і дальність польоту БПЛА, що є важливим для виконання довготривалих та високоточних операцій.

Сучасні БПЛА які використовують реактивне паливо призначені як правило для ведення розвідувальних завдань та нанесення ударів по військовим і інфраструктурним об'єктам в глибину тилу супротивника. Дальність їх застосування фактично обмежена енергетичними характеристиками палива та вагою бойової частини, що застосовується.[1]

Підвищення енергетичних характеристик реактивних палив можливо шляхом застосування таких способів[2,3]:

1.Додавання високоенергетичних добавок:

2.Удосконалення процесів виробництва реактивних палив

3.Створенням гелеподібних палив підвищеної густини та з високоенергетичними властивостями.

1.Додавання високоенергетичних добавок (табл 1).

В якості добавок можуть використовуватися наступні класи речовин:

- спирти (метанол, етанол, бутанол);
- поліциклічні нафтенові вуглеводні (декалін, адамантан, тетралін);
- спіранові вуглеводні (сіпро[4,5]декан, сіпро[5,6]додекан, сіпро[4,4]нонан);
- елементоорганічні сполуки (триетилалюміній, ферроцен, деборани).

Таблиця 1

Таблиця високоенергетичних добавок та їх властивостей[6]

	Реактивне паливо	Спирти	Поліциклічні нафтенові вуглеводні	Спіранові вуглеводні	Елементоорганічні сполуки
Теплота згорання	42-43.5 МДж/кг	30.5-34.1 МДж/кг	42.0-44.0 МДж/кг	45.0-46.0 МДж/кг	32.0-43.0 МДж/кг

2.Удосконалення процесів виробництва реактивних палив.

З метою покращення енергетичних характеристик ракетного палива для БПЛА при виробництві товарних палив збільшити в них частку компонентів таких процесів (табл2):[4]

• Гідроочищення та гідрокрекінгу низькоенергетичних сполук: (сірки, зв'язаного кисню, смол, ароматичних сполук)

• Ізомеризації (отримання сполук ізобудови з покращеними енергетичними характеристиками)

• Каталітичного крекінгу (зменшення вмісту ароматичних сполук)

Таблиця 2

Характеристика компонентів отриманих з теплоти згорання і густини.

Комп. / Показ.	Гідроочищення	гідрокрекінгу	Ізомеризації	Каталітичного крекінгу
Теплота згорання	42-45 МДж/кг	43-44 МДж/кг	44.3-44.7 МДж/кг	43-47 МДж/кг
ρ, кг/м^3	775-840	780-820	775-840	780-820

3. Створити гелеподібних палив з підвищеною густиною та високоенергетичними характеристиками.[5]

Такі палива дозволять одночасно підвищити густину (за рахунок цього можливо збільшення маси палива в баку) та енергетичних характеристик.

При розробці таких палив потрібно обов'язково враховувати можливість їх подачі в двигун БПЛА.

Висновок

Підвищення теплоти згорання пального та збільшення його густини є ефективними шляхами покращення швидкісних характеристик і дальності польоту безпілотних літальних апаратів. Реалізація цих методів дозволяє зменшити частоту дозаправок і розширити радіус дії БПЛА. Подальші дослідження можуть привести до розробки нових типів пального та технологій, які забезпечать ще більшу ефективність і надійність БПЛА в бойових умовах.

Список літератури

1. Козлов, В.І. (2020). *Технології підвищення енергетичної ефективності пального для авіаційних двигунів*. Вісник Національного авіаційного університету, 1(91), 22-30.
2. Петров, С.М., Ковальчук, А.В. (2019). *Сучасні підходи до покращення характеристик авіаційних палив*. Журнал авіаційної науки і техніки, 4(98), 45-55.
3. Мельник, І.О. (2018). *Вплив добавок на теплоту згорання пального*. Хімія та технологія пального, 5(12), 12-20.
4. Шевченко, Ю.В. (2021). *Нанотехнології в обробці пального для авіаційних двигунів*. Науковий вісник Національного університету оборони України, 2, 67-75.

5. Бондаренко, О. І., & Левченко, Г. О. (2017). *Удосконалення технології дистиляції пального для підвищення його густини*. Проблеми авіації та космонавтики, 2(88), 30-38.

6. Куликов, Р. А., & Зінченко, В. М. (2019). *Паливні добавки для підвищення ефективності роботи реактивних двигунів*. Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", 6(93), 55-62.

УДК 629.7:339.9

М.О. Поливода, І.А. Степанюк
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Сучасний стан світової авіації

У темі розглядається сучасний стан світової авіаційної галузі. Розглядаються економічні та соціальні виклики, необхідність інвестицій в інфраструктуру та цифровізація аеропортів. Робота підкреслює важливість адаптації авіаційної галузі до змін клімату та глобальних екологічних вимог.

Світова авіація є критично важливою складовою глобальної інфраструктури, що забезпечує швидке і ефективне транспортування людей і вантажів між різними частинами планети.

У сучасному світі авіація відзначається швидкими темпами розвитку та трансформацій, що зумовлені новітніми технологіями, зростаючими екологічними вимогами та змінами у глобальних економічних умовах.

1. Інноваційні технології: Сучасні авіаційні технології включають розробку нових, більш економічних і екологічно чистих літаків. Впроваджуються новітні системи управління та автоматизації, що підвищують ефективність і безпеку польотів.

2. Електрифікація та гібридизація: Розробка електричних і гібридних літаків є важливим кроком до зменшення викидів і споживання пального.

3. Зменшення викидів: Зростає увага до зменшення викидів парникових газів і забруднюючих речовин. Багато країн і авіакомпаній впроваджують стратегії для зменшення викидів CO_2 та інших забруднювачів.

4. Авіаційне паливо: Розвиваються альтернативні види пального, такі як біопаливо, що має потенціал для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

5. Розширення ринку: Зростання середнього класу в країнах, що розвиваються, призводить до збільшення попиту на авіаційні перевезення. Це стимулює розвиток нових маршрутів і розширення інфраструктури.

6. Конкуренція і альянси: Зростаюча конкуренція серед авіакомпаній призводить до утворення альянсів, що дозволяє знижувати витрати і підвищувати ефективність обслуговування пасажирів.

7. Кібербезпека: Зростає потреба в захисті авіаційних систем від кіберзагроз. Інвестиції в нові технології безпеки допомагають забезпечити захист критичної інфраструктури.

8. Пандемії та їх вплив: COVID-19 суттєво вплинув на авіаційну індустрію, змусивши її адаптуватися до нових умов, включаючи зміну вимог до здоров'я і безпеки.

Дослідження сучасного стану світової авіації охоплює аналіз численних аспектів, таких як тенденції розвитку авіаційної галузі, економічні показники, вплив пандемії, інновації в авіабудуванні та впровадження екологічних стандартів. Основні методи дослідження включають:

– Джерела даних: Використовуються дані від міжнародних організацій, таких як Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA), Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO), Євростат, а також національні авіаційні агентства.

– Економічні показники: Досліджуються показники пасажиропотоку, обсягу авіаперевезень, доходів авіакомпаній, рівня зайнятості в галузі та витрат на паливо.

– SWOT-аналіз: Використовується для оцінки сильних і слабких сторін галузі, а також можливостей і загроз, які впливають на її розвиток.

– PESTLE-аналіз: Дозволяє оцінити вплив політичних, економічних, соціальних, технологічних, екологічних та правових факторів на авіаційну індустрію.

– Огляд інновацій: Аналізуються новітні технології в авіаційному секторі, такі як розвиток електричних і гібридних літаків, впровадження біопалива, удосконалення авіоніки та безпілотних літальних апаратів.

– Екологічні стандарти: Вивчаються міжнародні стандарти і вимоги до зменшення викидів CO_2, оптимізації маршруту польотів, зниження рівня шуму.

– Експертна оцінка: Інтерв'ю з фахівцями авіаційної галузі дозволяють отримати інсайти щодо майбутніх тенденцій, інновацій та стратегій розвитку.

– Опитування пасажирів та авіакомпаній: Для оцінки рівня задоволеності послугами, виявлення нових потреб ринку та впливу зовнішніх факторів на вибір авіакомпаній.

– Моделі прогнозування: Використовуються для оцінки майбутніх тенденцій, таких як зростання обсягів авіаперевезень, зміни в авіаційній інфраструктурі, впливу нових технологій та регулювань.

– Сценарний аналіз: Дозволяє оцінити вплив різних сценаріїв розвитку, включаючи економічні кризи, зміни в ціновій політиці пального, впровадження нових екологічних стандартів.

– Аналіз провідних авіакомпаній: Досліджуються стратегії провідних авіакомпаній, таких як Emirates, Lufthansa, Delta, для вивчення успішних практик у керуванні флотом, обслуговуванні клієнтів та інноваціях.

– Аналіз аеропортів: Вивчається модернізація аеропортів, впровадження нових технологій обслуговування, управління трафіком і безпекою.

Висновок: Сучасна світова авіація переживає період інтенсивних змін і викликів, спричинених технологічним прогресом, глобалізацією, екологічними вимогами та економічними факторами. Розвиток авіаційної індустрії зосереджений на підвищенні ефективності, безпеки та екологічності польотів, що відповідає вимогам сучасного світу.

Список літератури

1. Сайт IATA надає статистику, звіти та аналітику щодо пасажирських і вантажних авіаперевезень, ринкових тенденцій, а також прогнозів розвитку авіаційної галузі. IATA. URL: https://www.iata.org/ (дата звернення: 06.09.2024).

2. Federal Aviation Administration (FAA). Офіційний сайт Федерального управління цивільної авіації США містить інформацію про безпеку польотів, регуляторні нововведення та сучасні тенденції в авіації. URL: https://www.faa.gov/ (дата звернення: 06.09.2024).

3. Airbus. Сайт одного з найбільших виробників літаків пропонує дані про інновації, нові моделі літаків, екологічні ініціативи та ринкові прогнози. URL: https://www.airbus.com/ (дата звернення: 06.09.2024).

УДК 629.7:681.3

М.О. Поливода, І.О. Стефюк
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Автоматизовані системи управління аеродромом

Автоматизовані системи управління аеродромом (АСУА) – це сукупність технічних засобів, програмного забезпечення та алгоритмів, що забезпечують автоматичний збір, обробку, передачу та відображення інформації про всі аспекти діяльності аеродрому.

Комплексний аналіз компонентів автоматизованих систем управління аеродромом.

Аналіз автоматизованих систем управління аеродромом включає детальний розгляд їхніх компонентів, що складаються з програмного забезпечення, апаратних засобів, моделювання та симуляції, кейс-стаді, а також аналізу даних.

Програмне забезпечення є критично важливим елементом автоматизованих систем. Воно включає системи моніторингу і управління, такі як системи диспетчеризації та обробки даних, які забезпечують управління повітряним рухом і координацію між різними службами аеропорту. Інтерфейси користувачів, що є частиною цього програмного забезпечення, повинні бути інтуїтивно зрозумілими та зручними для операторів, щоб забезпечити ефективне використання системи. Програмне забезпечення для управління інфраструктурою аеропорту забезпечує автоматизацію процесів обробки рейсів, управління ресурсами, такими як парковки для літаків, і обробки вантажів.

Апаратні засоби включають різноманітні технології, необхідні для функціонування автоматизованих систем. Радари використовуються для моніторингу і відстеження позицій повітряних суден. Датчики надають інформацію про стан різних частин аеропорту, наприклад, про стан runways або системи освітлення. Комунікаційне обладнання забезпечує зв’язок між диспетчерами і пілотами, включаючи голосові комунікації і передачу даних. Системи контролю доступу, такі як електронні замки і системи ідентифікації особи, грають важливу роль у забезпеченні безпеки аеродрому.

Моделювання та симуляція є важливими інструментами для тестування і вдосконалення автоматизованих систем. Використання спеціалізованих програм для моделювання роботи систем дозволяє оцінити їхню ефективність у різних сценаріях і передбачити можливі проблеми. Наприклад, симулятори для тестування системи управління повітряним рухом можуть імітувати різні ситуації, такі як зростання трафіку або технічні несправності, що дозволяє перевірити реакцію системи і підготуватися до можливих кризових ситуацій.

Кейс-стаді дослідження конкретних прикладів впровадження автоматизованих систем в міжнародних аеропортах, таких як Міжнародний аеропорт Хітроу або аеропорт Чангі в Сінгапурі, дозволяє отримати практичний досвід і аналізувати реальні результати. Це включає вивчення процесу реалізації

систем, досягнень, таких як зменшення затримок рейсів або покращення безпеки, а також проблем, які виникають у процесі впровадження і експлуатації.

Аналіз даних охоплює збір і обробку статистичних даних, що стосуються продуктивності автоматизованих систем. Це включає в себе показники часу обробки рейсів, рівень безпеки, ефективність управлінських процесів і якість обслуговування пасажирів. Оцінка цих даних дозволяє зрозуміти, наскільки ефективно система виконує свої функції і виявити області, що потребують удосконалення.

У комплексному підході до аналізу автоматизованих систем управління аеродромом ці елементи взаємодіють для забезпечення високої ефективності, безпеки і надійності аеропортових процесів.

Підвищення точності управління повітряним рухом: Автоматизовані системи дозволяють зменшити людський фактор у процесі управління повітряним рухом, забезпечуючи точніше і швидше прийняття рішень. Наприклад, системи автоматизованого управління можуть обробляти дані про положення літаків у реальному часі, що дозволяє уникати можливих зіткнень і зменшувати затримки.

Зменшення затримок рейсів: Завдяки оптимізації процесів обробки рейсів і координації між різними службами аеропорту, автоматизовані системи здатні зменшити затримки і забезпечити більш точний графік рейсів. Це досягається через автоматичне управління розкладом і координацію ресурсів, таких як парковки для літаків і обробка багажу.

Покращення безпеки: Інтеграція систем відеоспостереження і датчиків для моніторингу аеродромної території дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози, такі як несанкціоновані особи на території або технічні несправності. Системи попередження і аварійного реагування автоматизують виявлення і реагування на небезпеки.

Ефективність обробки пасажирів і вантажів: Автоматизовані системи, такі як самостійні реєстраційні термінали і автоматизовані системи обробки багажу, значно скорочують час очікування і покращують загальний сервіс для пасажирів. Це дозволяє зменшити черги на реєстрацію і забезпечити швидшу обробку вантажів.

Виявлені проблеми і недоліки: Хоча автоматизація має численні переваги, вона також супроводжується деякими проблемами. До них відносяться високі витрати на впровадження і підтримку систем, потреба в регулярному оновленні програмного забезпечення, а також необхідність навчання персоналу для роботи з новими технологіями. Крім того, існують питання інтеграції нових систем з уже існуючими інфраструктурами.

Висновки.

Автоматизовані системи управління аеродромами забезпечують значні переваги, які впливають на точність, ефективність і безпеку управлінських процесів. Впровадження таких систем дозволяє суттєво зменшити людський фактор, що часто є джерелом помилок і затримок. Завдяки автоматизації, обробка рейсів стає більш точною і швидкою, що дозволяє зменшити затримки і покращити загальний рівень обслуговування як пасажирів, так і вантажів.

Наприклад, автоматизовані системи управління забезпечують оперативне розподілення ресурсів аеропорту, координацію між різними службами і забезпечення швидкої реакції на непередбачені ситуації.

Перспективи розвитку автоматизованих систем аеродромів включають інтеграцію нових технологій, таких як штучний інтелект і аналітика великих даних. В майбутньому ці технології можуть значно вдосконалити функціонування систем управління. Наприклад, штучний інтелект може використовуватися для прогнозування повітряного трафіку, що дозволить більш ефективно коригувати графіки рейсів і зменшувати затримки. Аналітика великих даних може допомогти в оптимізації процесів обробки рейсів, управлінні ресурсами аеропорту і підвищенні точності прогнозів.

Рекомендації для впровадження автоматизованих систем включають кілька ключових аспектів. По-перше, необхідно здійснити детальне планування впровадження нових технологій, щоб забезпечити їхню ефективну інтеграцію з існуючими системами аеропорту. По-друге, важливо організувати навчання для персоналу, щоб вони могли ефективно користуватися новими системами і технологіями. Крім того, слід проводити регулярний моніторинг і оцінку ефективності автоматизованих систем, щоб виявити можливі проблеми і вчасно їх усунути. Це включає в себе аналіз результатів роботи систем, перевірку їхньої продуктивності і впровадження вдосконалень, що дозволять підтримувати високий рівень ефективності і безпеки аеропортових процесів.

Список літератури

1. Шевченко, І. В. Системи автоматизації в аеропортах. — Київ: Наукова думка, 2020. — 320 с.
2. Петренко, О. П. Автоматизовані системи управління повітряним рухом: сучасний стан та перспективи. — Журнал авіаційних технологій, 2021, № 3, с. 45-52.
3. Іванова, Н. А. Інновації в автоматизації обробки рейсів у міжнародних аеропортах. — Системи управління, 2019, № 2, с. 23-30.

УДК 621.6.052(043.2)

О.М.Сєченєв, М.О. Єлагін, Є.В.Пилипенко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Проект насосного агрегату для видачі пластичних мастил

Проектування насосного агрегату для видачі пластичних мастил в невеликої кількості в дрібну тару.

Насосний агрегат для видачі пластичних мастил.

Виключно велику роль у службі пального відіграють насоси та насосні агрегати. Вони забезпечують механізацію робіт із рідинами, які надходять для забезпечення технологічного процесу подачі пального, спеціальних рідин, масел в стаціонарних та польових умовах.

Поряд з пальним, спеціальними рідинами та маслами в Збройних Силах України багато є різних марок пластичних мастил, які застосовуються для різних цілей в різноманітних умовах експлуатації машин та механізмів. У машинах та механізмах є різні вузли тертя, які не вдаються не вдаються змащувати рідким маслом тому, що до них невигідно і не можливо їх подавати. А отже застосовують пластичні мастила тому, що в них є здатність утримуватися на похилих і вертикальних поверхнях, що не видавлюються та не витікають під значним тиском. Ще вони мають одну з перевагу, як більш ефективну роботу в жорстких мовах експлуатації.

Проте для видачі пластичних мастил в малій кількості та в малу тару виникають проблеми, так як на сьогоднішній час мастила видають за допомогою підручних засобів (рис.1).



Рис. 1. Видача пластичних мастил за допомогою підручних засобів

На сьогодні насосного агрегату для видачі пластичних мастил в службі пального не існує. І щоб полегшити та скоротити час для видачі пластичних мастил потрібно насосний агрегат, який зможе швидко видавати мастило та скоротить час для його видачі.

Тому, для вирішення проблем пов'язаних з видачею мастила в невелику тару, для скорочення часу на видачу потрібен насосний агрегат для їх видачі, спроможний працювати як в стаціонарних умовах так і в польових умовах.

Для насосного агрегату потрібний насос невеликих розмірів, малої ваги, спроможний перекачувати більш щільніші та в'язкі рідини. Виходячи з цього найбільш підходить шнековий насос.

Шнековий насос складається з наступних основних елементів: шнека, кожуха, нижній і верхній опор.

Шнек (рис.2) є робочим органом, що переміщує мастило, і являє собою ротор з привареними до неї лопатями.



Рис. 2. Робочий орган насоса – шнек

Ротор складається з маточини і опорних цапф. Маточина виготовляється з товстостінної труби. Опорні цапфи призначені для встановлення шнека в підшипники. Число лопатей, що визначає заходи шнека, змінюється від 1 до 5, чим більше число заходів шнека, тим більше його жорсткість і рівномірна подача насоса. Проте зі збільшенням числа заходів зменшується відстань між суміжними лопатями, а отже, і прохідний переріз, що збільшує ймовірність заклинювання великими механічними частками. Оптимальним і найбільш поширеним є трьох західний шнек.

Кожух виконує функцію корпусу насоса і забезпечує переміщення мастила в осьовому напрямку. Кожух шнека влаштовується у вигляді відкритого лотка з циліндричним днищем і знімним відбивачем.

Нижня опора сприймає радіальне навантаження, а верхня - радіальне і осьове навантаження та переміщення мастила.

Видача пластичних мастил за допомогою насосного агрегату зі шнековим насосом може бути здійснена 3 способами:

- агрегат встановлюється зверху бочки або барабану і під силою тяжіння буде опускатись до низу (привід шнеку за допомогою електродвигуна), захоплюя мастило, і через рукав буде здійснена його видача в тару;

- агрегат встановлюється зверху бочки або барабану, рух здійснюється по спіральної платформі. Шнек обертаючись буде захоплювати мастило і через рукав видаватиме його в тару;

- агрегат встановлюється зверху бочки, яка встановлюється на рухому платформу. Принцип роботи насосного агрегату в цьому випадку простий і нагадує принцип роботи ручної м'ясорубки.

Перевагами розробленого насосного агрегату є проста у користуванні, експлуатації і технічному обслуговуванні, а технічні характеристики дозволяють використовувати не тільки на складах пального військових частин у пунктах постійної дислокації, а й в польових умовах.

Список літератури

1. Водчиць О.Г., Ніконов К.В., Дровнін С.С. та ін. "Технічні засоби транспортування та заправки пальним". Навчальний посібник. – Ж.; ЖВІ НАУ. 2013.

2. Тези та наукові статті на тему розробки сучасних шнекових насосів http://45emp.com.ua/.

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

О.М. Сєченєв, М.А. Хабаза
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Екологічна стійкість та декарбонізація авіації

Проаналізовані новітні технології в авіабудуванні, таких як розробка електричних та гібридних двигунів, поліпшення аеродинаміки повітряних суден та перспектив впровадження декарбонізаційних заходів.

Авіація відіграє ключову роль у глобальній економіці, забезпечуючи швидке сполучення між континентами, стимулюючи міжнародний туризм і торгівлю. Однак, цей сектор також є значним джерелом викидів парникових газів, які сприяють глобальному потеплінню. Авіаційні двигуни викидають CO_2, оксиди азоту, водяну пару та інші шкідливі речовини, які негативно впливають на клімат і якість повітря. Зростаючий тиск на зменшення екологічного впливу авіації змушує галузь шукати нові шляхи досягнення стійкості.

Екологічна стійкість та декарбонізація авіації стали центральними питаннями у світовій авіаційній індустрії. Зусилля спрямовані на розробку нових технологій, таких як електричні та водневі повітряні судна, впровадження альтернативного авіаційного пального (наприклад, біопаливо і синтетичне паливо), а також оптимізацію авіаційних операцій для зниження викидів. Важливим є також підвищення енергоефективності повітряних суден, вдосконалення аеродинаміки та використання легких матеріалів.

Виклики на шляху до декарбонізації включають високу вартість розробок, технічні обмеження та потребу у зміні інфраструктури. Проте, інноваційні рішення можуть значно скоротити викиди та сприяти створенню більш екологічно безпечної авіації. Успішна декарбонізація авіаційної галузі є не тільки вимогою часу, але й важливим кроком до досягнення глобальних кліматичних цілей і забезпечення стійкого майбутнього для авіації та планети.

Результати досліджень свідчать про активний розвиток заходів щодо зменшення викидів в авіації:

1. Альтернативне паливо. Використання біопалива та синтетичного пального дозволяє знизити викиди CO_2 на 60-80%. Водневе паливо та електричні двигуни розглядаються як перспективні, але потребують значної модернізації інфраструктури.

2. Технологічні інновації. Розробка електричних і гібридних повітряних суден набирає обертів. Однак їх впровадження стикається з технічними і економічними бар'єрами, такими як обмежена дальність польоту та висока вартість.

3. Оптимізація польотів. Використання нових маршрутів, скорочення затримок, оптимізація зльоту та посадки сприяють зниженню викидів. Впровадження більш енергоефективних повітряних суден, таких як Airbus A320neo, зменшує споживання пального.

4. **Екологічні стандарти та регулювання.** Введення жорсткіших норм, зокрема CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), стимулює авіакомпанії знижувати вуглецевий слід.

Таким чином екологічна стійкість і декарбонізація авіації є ключовими напрямами розвитку сучасної авіаційної галузі, які визначатимуть її майбутнє. Зменшення викидів парникових газів, впровадження альтернативних видів пального, розвиток електричних і гібридних повітряних суден та оптимізація операційних процесів є необхідними кроками для зниження екологічного впливу авіації.

Проте процес декарбонізації стикається з численними викликами, включаючи високі витрати на впровадження нових технологій, необхідність модернізації інфраструктури та потребу в узгодженні дій на глобальному рівні. Для досягнення екологічних цілей необхідна тісна співпраця між урядами, авіакомпаніями, виробниками літаків, постачальниками пального та науковою спільнотою.

Основні напрямки декарбонізації авіації:

1. **Зменшення викидів парникових газів**: основна мета полягає в зниженні викидів CO_2 та інших шкідливих речовин. Це можливо шляхом оптимізації авіаційних маршрутів, використання нових, більш економічних двигунів та технологій для зменшення витрат палива. Прогрес у зменшенні викидів також включає впровадження систем управління повітряним рухом для зниження часу в повітрі та зменшення витрат на авіапальне.
2. **Впровадження альтернативних видів пального**: перехід до більш екологічних видів пального, таких як біопаливо та синтетичне паливо, є важливим етапом у декарбонізації авіації. Ці види палива виробляються з відновлюваних джерел і мають потенціал значно зменшити викиди CO_2, замінюючи традиційні викопні види пального.
3. **Розвиток електричних та гібридних повітряних суден**: електричні та гібридні літаки мають величезний потенціал для зниження залежності від вуглеводневого палива. Хоча на даний момент ці технології знаходяться на ранніх стадіях розвитку, їхня інтеграція може стати проривом у зменшенні викидів вуглекислого газу. Наразі такі літаки є ефективними для коротких рейсів, але подальші інновації можуть дозволити їм здійснювати польоти на більші відстані.
4. **Оптимізація операційних процесів**: зниження споживання пального також можливе через впровадження передових операційних стратегій. Це включає більш точне планування польотів, застосування легших матеріалів для літаків, покращення аеродинамічних характеристик та мінімізацію простою літаків на землі, що дозволяє зменшити витрати пального та кількість викидів під час підготовки до зльоту.

Виклики на шляху до декарбонізації:

1. **Високі витрати на впровадження нових технологій**:

перехід на більш екологічні технології потребує значних фінансових інвестицій, що може стати перешкодою для багатьох авіакомпаній. Необхідність у придбанні нових літаків, модернізації існуючого парку та

інфраструктури може створити тиск на бюджет авіаційних компаній, особливо в умовах глобальних економічних коливань.

2. **Модернізація інфраструктури**:
впровадження альтернативних видів пального та нових літаків вимагає також модернізації авіаційної інфраструктури, включаючи аеропорти та паливні термінали. Перехід на нові види пального потребує нових технологій зберігання та доставки, а також адаптації існуючих паливних систем.

3. **Глобальна координація дій**: декарбонізація авіаційної галузі потребує скоординованих зусиль на міжнародному рівні. Уряди, авіакомпанії, виробники літаків, наукова спільнота та екологічні організації повинні працювати разом, щоб розробити єдині стандарти і стратегії для досягнення кліматичних цілей. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) та інші глобальні інституції відіграють важливу роль у цьому процесі.

Інвестиції в екологічні інновації не тільки зменшують негативний вплив на довкілля, але й сприяють підвищенню ефективності, зниженню витрат на пальне та створенню нових ринкових можливостей. Збалансований підхід до екологічної стійкості дозволить авіаційній галузі продовжувати зростання, одночасно забезпечуючи відповідальне ставлення до навколишнього середовища.

Список літератури

1. International Air Transport Association (IATA). IATA займається питаннями скорочення викидів в авіаційній галузі, пропонуючи рішення щодо декарбонізації та впровадження нових технологій. На сайті представлена актуальна інформація щодо ініціатив з екологічної стійкості, включаючи звіти та програми.

[IATA](https://www.iata.org/)

2. Air Transport Action Group (ATAG). ATAG — глобальна організація, яка займається просуванням сталого розвитку авіації. Вона надає звіти, аналіз і прогнози щодо шляхів досягнення вуглецевої нейтральності авіаційного сектору до 2050 року.

[ATAG](https://www.atag.org/)

3. Clean Sky 2. Clean Sky 2 є європейською програмою, спрямованою на розвиток інноваційних авіаційних технологій, які зменшують вплив на довкілля. Програма фінансується Європейським Союзом і займається розробкою екологічно чистих авіаційних рішень, включаючи електричні та гібридні літальні апарати.

[Clean Sky 2](https://www.cleansky.eu/)

УДК 629.7:656.085.5(043.2)

О.М. Сєченєв, Є.Е. Обертинський
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Ефективність та виклики в управлінні паливно-мастильними матеріалами: Сучасні проблеми і можливі рішення

Проаналізовані основні проблем, пов'язані з управлінням паливно-мастильними матеріалами (ПММ), а також дослідження сучасних можливостей, які можуть бути використані для підвищення ефективності управління ресурсами, скорочення витрат та забезпечення екологічної безпеки.

Управління ПММ займає одну з ключових ролей в ефективному функціонуванні різних секторів економіки, таких як транспорт, сільське господарство, енергетика, промисловість та будівництво. ПММ використовуються в якості основного джерела енергії для транспортних засобів, машин та обладнання, що є критично важливим для забезпечення стабільної роботи підприємств. Разом з тим, сучасна економіка стикається з численними викликами в управлінні ПММ, такими як нестабільність цін на нафту, зростання екологічних вимог, обмеженість ресурсів, а також необхідність оптимізації логістики та зберігання матеріалів. Ці проблеми ставлять перед керівниками підприємств нові завдання та вимагають ефективних рішень для зниження витрат і підвищення операційної ефективності.

Аналіз показав, що управління ПММ стикається з кількома критичними проблемами, які впливають на ефективність підприємств:

1. Нестабільність ринку ПММ та залежність від світових цін на нафту. Значна частина компаній повідомила про труднощі у плануванні витрат через постійні коливання цін на нафту та інші енергоресурси. Це призводить до значних ризиків для бюджету та зниження операційної стабільності.

2. Низька ефективність логістичних процесів. Транспортування та зберігання ПММ є складними та вартісними процесами. Компанії часто стикаються з проблемами, пов'язаними з недостатньою оптимізацією маршрутів транспортування та великими витратами на зберігання матеріалів. Це знижує загальну ефективність операцій і збільшує витрати.

3. Відсутність автоматизації та цифрового контролю. Традиційні методи управління запасами та використанням ПММ часто виявляються неефективними через відсутність точного моніторингу та аналітичних інструментів. Використання застарілих методів веде до нераціонального використання матеріалів, що призводить до втрат і перевитрат.

4. Екологічні вимоги. У зв'язку з посиленням міжнародних вимог щодо зменшення викидів вуглецю, підприємства повинні впроваджувати нові технології та рішення, які дозволять скоротити шкідливий вплив на довкілля.

Це вимагає від компаній додаткових інвестицій у розвиток "зелених" технологій.

Серед основних рішень, які можуть підвищити ефективність управління ПММ, були виявлені наступні:

1. Цифрові платформи для моніторингу та аналізу. Впровадження сучасних цифрових рішень для моніторингу запасів та аналізу споживання ПММ дозволяє підприємствам краще контролювати використання ресурсів, планувати закупівлі та оптимізувати логістичні процеси. Наприклад, використання систем інтернету речей (IoT) дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану запасів і забезпечує швидку реакцію на потреби.

2. Альтернативні джерела енергії. Підприємства все більше інвестують у дослідження та впровадження альтернативних видів енергії, таких як біопаливо або електроенергія з відновлюваних джерел. Це дозволяє скоротити залежність від традиційних нафтопродуктів та зменшити вплив на довкілля. Інвестиції в нові технології також можуть сприяти економії ресурсів у довгостроковій перспективі.

3. Оптимізація логістики. Оптимізація маршрутів транспортування, використання нових методів зберігання та управління запасами дозволяє значно скоротити витрати на ПММ. Використання програмного забезпечення для управління логістикою дозволяє підприємствам мінімізувати втрати часу та ресурсів.

Управління паливно-мастильними матеріалами (ПММ) є не лише важливою складовою функціонування багатьох підприємств, але й відіграє ключову роль у забезпеченні стабільної роботи як комерційних, так і військових організацій. Процес управління ПММ включає низку етапів: від закупівлі, зберігання і транспортування до контролю використання та утилізації відходів.

Зростання цін на енергоресурси, поєднане з нестабільністю ринків, створює постійні виклики для управлінців, оскільки від них вимагається швидка адаптація до змін. Логістичні труднощі, включаючи перерви у поставках, проблеми з транспортною інфраструктурою та геополітичні фактори, також ускладнюють процес управління запасами ПММ. Крім того, сучасні екологічні вимоги та нормативні обмеження щодо викидів забруднюючих речовин змушують підприємства активно шукати нові підходи до зниження свого впливу на довкілля.

Одним із найефективніших шляхів вирішення цих проблем є впровадження цифрових платформ для управління запасами ПММ. Ці системи дозволяють в режимі реального часу відслідковувати рівень запасів, контролювати витрати та планувати потреби, що значно знижує ризики дефіциту чи перевитрат. Інтеграція з іншими бізнес-системами дозволяє автоматизувати процеси закупівлі та постачання, підвищуючи загальну ефективність підприємства.

Окрім цього, впровадження альтернативних джерел енергії, таких як біопаливо чи відновлювані джерела (сонячна, вітрова енергетика), допомагає підприємствам не лише знизити залежність від традиційних ПММ, але й досягти відповідності жорстким екологічним стандартам. Це також дозволяє

знизити загальні витрати на енергоресурси, що є важливим у контексті зростання цін на нафту та газ.

Оптимізація логістичних процесів — ще один важливий напрям підвищення ефективності. Використання сучасних аналітичних інструментів дозволяє покращити планування маршрутів доставки, зменшити час транспортування та знизити витрати палива. Крім того, ретельний контроль технічного стану транспорту та обладнання допомагає зменшити витрати на ПММ за рахунок більш економного використання ресурсів.

Загалом, для ефективного управління паливно-мастильними матеріалами необхідно враховувати як економічні, так і екологічні аспекти, використовуючи при цьому сучасні технології та підходи. Це дозволяє підприємствам не лише підвищити свою конкурентоспроможність, але й зробити свій внесок у збереження довкілля, зменшуючи негативний вплив на нього.

Список літератури

1. Коваленко О.М. "Сучасні проблеми управління паливно-мастильними матеріалами у промисловості." Науковий журнал економіки та управління, 2022.
2. Петренко І.В. "Екологічні виклики у використанні паливно-мастильних матеріалів." Екологічний вісник України, 2021.
3. Smith, J., & Johnson, P. "Fuel Management in the Age of Digitalization." Industrial Logistics Journal, 2023.
4. Експертний звіт Асоціації енергетичних ресурсів України, 2023.
5. Wang, L., & Lee, C. "Sustainable Energy Management: A Global Perspective." Energy Policy Journal, 2022.

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

О.М. Сєченєв, А.О. Полєвський
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Екологічні виклики: Забруднення довкілля та шляхи зниження викидів CO_2. Рекультивація шкідливого впливу старих повітряних суден і авіаційних матеріалів

Запропоновані шляхи вирішення екологічних викликів, пов'язаних із забрудненням довкілля авіаційними викидами CO_2, а також впливу утилізації старих повітряних суден і авіаційних матеріалів на екосистему.

Забруднення навколишнього середовища є однією з найгостріших проблем сучасності, особливо в контексті зростання викидів парникових газів, зокрема CO_2. Авіаційна галузь є значним джерелом забруднення через інтенсивне використання авіаційного палива, а також через необхідність утилізації старих повітряних суден та відпрацьованих авіаційних матеріалів. Сучасні виклики вимагають від держав, авіакомпаній та виробників авіатехніки впровадження інноваційних рішень для зниження негативного впливу на екосистему та декарбонізації транспортного сектору.

Забруднення довкілля та викиди CO_2 в авіації

Одним із основних екологічних викликів у авіаційній галузі є викиди парникових газів, зокрема вуглекислого газу (CO_2), які сприяють глобальному потеплінню. За даними Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO), авіаційний сектор відповідає за 2-3% глобальних викидів CO_2, і цей показник має тенденцію до зростання в умовах зростання обсягів авіаперевезень. Використання традиційного авіаційного палива на основі вуглеводнів є головним джерелом викидів.

Основні шляхи зниження викидів CO_2:

1. Використання альтернативного авіаційного палива (SAF). Одним із найбільш перспективних рішень є впровадження відновлюваного авіаційного палива (SAF) на основі біопалива або синтетичного палива. SAF має потенціал знизити викиди парникових газів на 70-80% порівняно з традиційним паливом.

2. Оптимізація авіаційних маршрутів та поліпшення ефективності польотів. Інновації в управлінні повітряним рухом та оптимізації маршрутів дозволяють зменшити витрати палива та знизити викиди CO_2.

3. Розробка нових повітряних суден з покращеними аеродинамічними характеристиками та зниженим споживанням палива. Новітні моделі повітряних суден можуть споживати на 2025% менше палива, ніж їх попередники, що значно знижує рівень викидів.

4. Електрифікація авіації. Одним із перспективних напрямків є розробка гібридних або повністю електричних повітряних суден. Хоча

технологія поки не готова для великих авіалайнерів, вона активно розвивається для регіональних і коротких рейсах.

Рекультивація шкідливого впливу старих повітряних суден авіаційних матеріалів

Ще одним значним екологічним викликом є утилізація старих повітряних суден та відпрацьованих авіаційних матеріалів. Повітряні судна мають довгий життєвий цикл, але врешті-решт стають непридатними для використання та потребують рекультивації. Багато старих повітряних суден, що виводяться з експлуатації, стають джерелом шкідливих матеріалів, таких як важкі метали, скловолокно та композитні матеріали.

Основні шляхи вирішення:

1. Рециклінг та вторинна переробка авіаційних матеріалів. Близько 85-90% матеріалів повітряного судна можуть бути перероблені або використані повторно. Наприклад, алюмінієві та титанові деталі можуть бути перероблені для виробництва нових повітряних суден або інших інженерних конструкцій. Це знижує потребу в нових ресурсах та скорочує вплив на довкілля.

2. Екологічно безпечна утилізація. Створення екологічно безпечних технологій утилізації старих авіаційних матеріалів дозволяє мінімізувати шкідливий вплив на навколишнє середовище. Для цього використовуються спеціалізовані центри утилізації, де проводиться сортування, переробка та нейтралізація шкідливих речовин.

3. Розробка нових екологічних матеріалів. Важливим напрямком є розробка більш екологічних композитних матеріалів, які можуть бути легше утилізовані або перероблені. Це зменшить кількість шкідливих відходів і знизить вплив на екосистеми.

Авіаційна галузь відіграє критично важливу роль у розвитку глобальної економіки, забезпечуючи швидке переміщення людей та товарів на великі відстані. Проте її вплив на навколишнє середовище залишається однією з головних проблем сучасності, оскільки авіація є значним джерелом викидів парникових газів, зокрема CO_2, які сприяють глобальному потеплінню. Крім того, галузь стикається з додатковими екологічними викликами, такими як утилізація старих повітряних суден, рециклінг матеріалів, з яких вони виготовлені, та впровадження більш екологічних рішень у виробництві.

Викиди вуглекислого газу від комерційних польотів значно сприяють глобальному потеплінню. Зменшення цього впливу вимагає не лише нових технологій, але й підвищення ефективності експлуатації літаків та їх двигунів. Це також включає зусилля щодо впровадження більш чистих видів пального, таких як біопаливо та синтетичне паливо, які можуть зменшити загальний обсяг викидів.

Після завершення свого життєвого циклу повітряні судна стають великими джерелами відходів, оскільки більшість матеріалів, з яких вони зроблені, не піддаються простій утилізації. Сучасна авіація стикається з викликом щодо рециклінгу матеріалів, з яких виготовлені літаки (зокрема, композити та метали), а також щодо впровадження екологічно чистих виробничих процесів для створення нових суден.

Одним із перспективних напрямків розвитку авіаційної галузі є перехід на електричні та гібридні повітряні судна. Хоча нинішні технології дозволяють лише обмежено використовувати електричні двигуни для коротких рейсів, подальші розробки можуть призвести до значного зменшення викидів вуглецю в довгостроковій перспективі. Електрифікація також вимагає модернізації інфраструктури, включаючи зарядні станції для літаків і перехід на екологічно чисті джерела енергії.

Ще одним важливим аспектом є розробка нових, екологічно чистих матеріалів, які можуть бути використані у виробництві літаків. Впровадження таких матеріалів дозволить не лише полегшити рециклінг, але й зменшити масу літаків, що знизить витрати пального та відповідні викиди.

Таким чином, екологічна стійкість авіаційної галузі є ключовим викликом сучасного світу, враховуючи її значний вплив на глобальне потепління та екологію загалом. Впровадження альтернативних видів пального, електрифікація літаків, рециклінг матеріалів та оптимізація операційних процесів є основними напрямами, що дозволять зменшити негативний екологічний вплив. Однак для успішної реалізації цих ініціатив необхідна тісна співпраця на міжнародному рівні, значні інвестиції та застосування інноваційних технологій. Збалансований підхід до вирішення цих питань не лише забезпечить подальший розвиток авіації, але й сприятиме досягненню глобальних екологічних цілей.

Список літератури

1. Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO). "Авіаційні викиди: глобальні тенденції та прогнози", 2022.

2. Petrov, M., & Harris, L. "Sustainable Aviation and the Future of Flight." Environmental Policy Review, 2023.

3. Johnson, P. "The Role of Alternative Fuels in Reducing Aviation Emissions." Journal of Clean Energy, 2023.

4. Clark, S. "Recycling Aircraft Materials: Challenges and Innovations." Aviation Materials Journal, 2022.

5. Wang, L. "Carbon Neutral Aviation: Roadmap to 2050." Aviation and Environment Journal, 2023.

УДК 358.4(043.2)

О.М. Сєченєв, В.А. Кабаненко
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Проблеми та виклики сучасної військової авіації: технічне забезпечення, кадровий дефіцит та стратегічна адаптація до нових загроз

Проаналізовані проблеми військової авіації, саме: технічне забезпечення, кадровий дефіцит та адаптація до нових загроз.

Сучасна військова авіація є ключовим елементом обороноздатності будь-якої держави, забезпечуючи повітряну перевагу, підтримку наземних операцій і стратегічне стримування противника. В умовах зростання геополітичної нестабільності та швидкого розвитку технологій військові повітряні сили стикаються з низкою проблем і викликів, які потребують негайного вирішення.

По-перше, сучасні військові конфлікти вимагають використання новітніх технологій, таких як безпілотні літальні апарати (БПЛА), системи штучного інтелекту та автоматизації. Це вимагає значних інвестицій у дослідження та розробку, а також постійне оновлення авіаційного парку для забезпечення технологічної переваги на полі бою.

По-друге, зростання кількості гібридних загроз і асиметричних воєнних дій ставить нові виклики перед військовими авіаційними силами. Необхідність протистояти як державним, так і недержавним акторам, які застосовують нові методи ведення бойових дій, ускладнює оперативне планування та вимагає нових підходів до оборони і реагування на загрози з повітря.

Крім того, виникають питання кадрового забезпечення. Військові авіаційні сили потребують висококваліфікованого персоналу, здатного працювати з новітніми технологіями та сучасними системами озброєння. Це вимагає не лише ефективної системи підготовки кадрів, але й розробки програм професійної перепідготовки для постійного підвищення кваліфікації.

Економічні чинники також мають суттєвий вплив на можливості військової авіації. Забезпечення сучасною технікою, проведення навчань та утримання флоту літаків вимагають значних фінансових ресурсів. Для багатьох держав ці витрати можуть стати надмірним тягарем, що ускладнює підтримку необхідного рівня боєздатності.

Таким чином, для збереження та розвитку військової авіації держави повинні зосередити свої зусилля на модернізації техніки, розвитку новітніх технологій, підготовці кадрів та оптимізації ресурсів. Це допоможе забезпечити не лише оперативну перевагу у повітрі, але й стратегічну безпеку в умовах зростаючих глобальних загроз.

Технічне забезпечення

Технічне забезпечення авіації є важливим аспектом, що впливає на її боєздатність та ефективність під час виконання бойових завдань. Це забезпечення включає розвиток і модернізацію авіаційних платформ,

удосконалення систем управління, зв'язку, навігації, розвідки та озброєння. Важливу роль у цьому відіграє інтеграція нових технологій, таких як системи штучного інтелекту, автоматизації процесів управління польотами та застосуванням озброєння, а також поліпшення здатності до ведення кібервійни та електронної боротьби.

Однак сьогодні значна частина авіапарку багатьох держав є морально та фізично застарілою, що негативно впливає на здатність виконувати бойові завдання. Застарілі літаки мають обмежену здатність до інтеграції з сучасними системами, а їхні технічні можливості значно поступаються новітнім зразкам військової авіаційної техніки. Це знижує ефективність виконання місій, особливо в умовах сучасної війни, де технологічна перевага є вирішальним фактором.

Крім того, обмежений доступ до новітніх технологій через санкції, економічні труднощі чи політичні обмеження ускладнює процес модернізації. Це призводить до відставання у впровадженні нових зразків озброєння, систем зв'язку, навігації та радіоелектронної боротьби. У такій ситуації держави, що не мають доступу до передових технологій, стикаються з проблемою збереження боєздатності своїх повітряних сил.

Ще одним суттєвим викликом є відсутність належного технічного обслуговування авіапарку, що часто спричинено браком фінансових ресурсів або недосконалою інфраструктурою. Підтримка бойової готовності авіаційної техніки потребує регулярних технічних оглядів, модернізацій та ремонту. Якщо цього не забезпечити, ризик аварійності значно зростає, що може призвести до втрати людських життів, зниження бойового духу та скорочення ресурсів самих повітряних суден.

Аварійність авіаційної техніки, спричинена недоліками технічного обслуговування, також має серйозні наслідки для економічної та військової сфери. Витрати на ремонт пошкоджених або втрачених літаків зростають, що ще більше ускладнює оновлення авіапарку. Крім того, скорочення ресурсів повітряних суден означає, що техніка стає непридатною для виконання тривалих або інтенсивних бойових операцій.

Для вирішення цих проблем необхідно вживати комплексних заходів, які включають збільшення фінансування для модернізації техніки, впровадження нових технологій, а також створення програм професійної підготовки та перепідготовки технічного персоналу. Лише таким чином можна забезпечити стабільну боєздатність військової авіації та її відповідність сучасним вимогам.

Кадровий дефіцит

Кадровий дефіцит стає ще однією критичною проблемою. Військові повітряні сили страждають від браку кваліфікованих льотчиків, інженерів та технічного персоналу, що значно ускладнює забезпечення необхідного рівня підготовки та експлуатації повітряних суден.

Нестача кваліфікованих пілотів і технічного персоналу впливає на боєздатність. Проблеми з набором, підготовкою та утриманням фахівців викликані низькою мотивацією, недостатнім рівнем грошового забезпечення та високими ризиками професії.

Адаптація до нових загроз

Зіткнувшись з новими типами загроз, сучасна авіація змушена адаптувати свою стратегію та тактику. Це включає розвиток засобів протидії дронам, удосконалення протиповітряної оборони та інтеграцію нових технологій, таких як штучний інтелект і автоматизація процесів. Стратегічна адаптація стає ключовим елементом для забезпечення ефективності військової авіації в сучасних умовах.

Сучасна війна вимагає нової тактики військової авіації, модернізації озброєння та адаптації до швидко змінюваних умов бойових дій.

Таким чином сучасна військова авіація стикається з численними проблемами, серед яких технічне забезпечення потребує постійного оновлення для відповіді на нові технологічні виклики. Кадровий дефіцит став критичним, оскільки якісні спеціалісти є невід'ємною частиною успіху. Стратегічна адаптація до нових загроз, таких як кіберзагрози та новітні системи протиповітряної оборони, є необхідною для підтримки ефективності і переваги в повітрі.

Ці проблеми вимагають комплексного підходу, включаючи модернізацію техніки, інвестування в навчання кадрів і розробку нових стратегій ведення повітряних операцій.

Список літератури

1. Military.com – цей сайт надає новини та статті про сучасні проблеми та виклики у військовій авіації, включаючи технічне забезпечення та кадрові питання. [Military.com](https://www.military.com/)
2. Defense News – ресурс, що спеціалізується на новинах та аналітиці в сфері оборони, включаючи новітні технології, стратегії та кадрові питання. [Defense News](https://www.defensenews.com/)
3. Air Force Times– надає інформацію про проблеми та інновації у військовій авіації, включаючи технічні аспекти та кадрові питання. [Air Force Times](https://www.airforcetimes.com/)

УДК 629.735:355.1

В.В. Яременко, Є.В. Матус.
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у військових цілях.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) у військових цілях стали однією з найбільш революційних технологій останніх десятиліть, значно змінюючи методи ведення бойових дій та збору розвідувальної інформації.

Із розвитком технологій БПЛА дедалі частіше стають невід'ємною частиною сучасних армій, демонструючи свою ефективність у військових конфліктах по всьому світу. Застосування цих літальних апаратів змінює правила гри у військовій сфері, забезпечуючи гнучкість і можливість швидкого реагування на загрози. Однак водночас використання дронів у бойових операціях супроводжується етичними, правовими та технологічними викликами, які необхідно враховувати для подальшого розвитку цієї сфери.

Історія та еволюція військових БПЛА

Історія розвитку безпілотних літальних апаратів у військових цілях бере початок з часів Першої та Другої світових воєн, коли інженери вперше почали експериментувати з безпілотними літаками для розвідки та обстрілів. Проте справжній прорив стався в кінці XX століття, коли технології дистанційного керування, супутникового зв'язку та мініатюризації обладнання зробили можливим створення сучасних дронів.

Перші великомасштабні операції з використанням БПЛА проводилися армією США під час війни в Іраку та Афганістані. Основним типом дронів на той час були розвідувальні апарати, такі як RQ-1 Predator, які згодом отримали можливість нести озброєння. Це дозволило використовувати дрони для виконання не тільки розвідувальних, але й бойових завдань, зокрема для точкових ударів по важливих військових об'єктах. З часом армії багатьох країн світу почали активно впроваджувати БПЛА у свої бойові системи. Сучасні дрони можуть бути як великими апаратами, які керуються операторами з великих відстаней, так і компактними пристроями, які виконують короткочасні місії на малих висотах.

Типи та функції військових БПЛА

Сучасні військові БПЛА поділяються на декілька основних типів за призначенням і технічними характеристиками:

Розвідувальні БПЛА:

Основна мета цих апаратів – збір розвідувальної інформації. Вони оснащені різноманітними сенсорами, камерами та радарами, що дозволяють отримувати зображення з високою роздільною здатністю, відслідковувати переміщення військ та техніки супротивника, а також вивчати топографію місцевості. Ці апарати можуть працювати в різних умовах: вдень і вночі, за будь-якої погоди, завдяки інфрачервоним і тепловізійним сенсорам.

Ударні БПЛА:

Ударні дрони здатні нести озброєння і використовуються для знищення наземних цілей. Вони забезпечують точкові удари, що дозволяє уникнути значних втрат серед мирного населення та знищувати важливі стратегічні об'єкти супротивника. Прикладом таких дронів є MQ-9 Reaper, який здатен виконувати завдання з нанесення ударів на великій відстані.

Тактичні БПЛА:

Ці дрони використовуються для виконання тактичних завдань на полі бою, включаючи коригування артилерійського вогню, забезпечення зв'язку між військовими підрозділами та передачу даних у реальному часі. Вони часто є компактними та можуть бути запущені прямо з поля бою за допомогою пускових установок або вручну.

Дрони-камікадзе:

Ці апарати мають одноразове використання і призначені для здійснення самопідриву на важливих об'єктах супротивника. Такі дрони оснащені вибухівкою та самостійно наводяться на ціль. Це ефективний інструмент для знищення важливих цілей без необхідності застосування пілотованих літаків або інших засобів ураження.

Військові операції та вплив БПЛА на тактику бойових дій

Застосування БПЛА у військових операціях значно змінює тактику бойових дій.

По-перше, дрони забезпечують військовим можливість проведення операцій на віддалених територіях без необхідності використання великої кількості ресурсів і особового складу. Це дозволяє значно зменшити втрати серед особового складу, а також знижує фінансові витрати на операції.

По-друге, дрони надають арміям можливість оперативно реагувати на загрози в реальному часі. Завдяки сучасним технологіям передачі даних у реальному часі оператори можуть контролювати ситуацію на полі бою з великої відстані, що дозволяє швидко змінювати тактику залежно від обставин.

Завдяки своїм перевагам БПЛА стали ключовими інструментами в операціях з протидії тероризму. Дрони використовуються для виявлення терористичних осередків, відстеження їх переміщення та знищення без ризику для життів військових. Такі операції дозволяють проводити високоточні удари по лідерах терористичних організацій, зменшуючи ризик масштабних боїв.

Технології БПЛА продовжують швидко розвиватися, надаючи арміям нові можливості. Сучасні дрони можуть бути оснащені штучним інтелектом, що дозволяє їм самостійно аналізувати дані та приймати рішення про виконання певних завдань. Наприклад, новітні дрони з ШІ здатні самостійно оцінювати ситуацію на полі бою, обирати найбільш оптимальні маршрути та навіть виявляти цілі без участі оператора.

Однак, із розвитком БПЛА виникають і нові виклики. Перш за все, це питання безпеки та захисту від кіберзагроз. Оскільки дрони працюють через канали дистанційного керування, вони можуть стати мішенню для хакерів або бути збитими за допомогою радіоелектронної боротьби. Крім того, виникають

питання щодо правового регулювання використання БПЛА, особливо в умовах міжнародних конфліктів.

Одним із ключових питань, що постає перед військовими під час використання БПЛА, є етика автоматизованих рішень про нанесення ударів. Відсутність безпосередньої участі людини в процесі прийняття рішення про використання озброєння може призводити до серйозних наслідків, включаючи помилки та випадкові жертви серед цивільного населення.

Крім того, виникають питання правового регулювання використання БПЛА в зонах міжнародних конфліктів. Застосування безпілотників у різних країнах може порушувати суверенітет держав, що є серйозним порушенням міжнародного права. Також існує проблема того, хто нестиме відповідальність за можливі помилки або зловживання під час використання дронів.

Розвиток безпілотних літальних апаратів у військовій сфері відкриває нові можливості для армій усього світу, дозволяючи ефективніше та безпечніше виконувати бойові завдання. БПЛА значно змінюють тактику ведення військових операцій, забезпечуючи швидке реагування на загрози, зменшення людських втрат і оптимізацію ресурсів.

Однак разом із позитивними аспектами використання БПЛА виникають серйозні етичні, правові та технологічні виклики. Автоматизація бойових дій, можливість кіберзагроз і питання відповідальності за прийняті рішення потребують ретельного регулювання та уваги міжнародної спільноти. У майбутньому розвиток БПЛА має супроводжуватися вдосконаленням не лише технічних, але й правових та етичних норм, що забезпечить відповідальне та ефективне їх застосування в умовах сучасних конфліктів.

Список літератури

1. Бжезінський З. Стратегічне бачення: Америка та криза глобальної могутності. – Київ: Вид-во "Темпора", 2014. – 432 с.

2. Вілліамсон М. Дрони на службі у війська: Майбутнє безпілотних систем // Журнал "Міжнародна політика", 2020. – № 5. – С. 21-35.

3. Бутов А. А. Безпілотні літальні апарати: військове застосування та перспективи розвитку. – Москва: Вид-во "Воєнна думка", 2019. – 256 с.

4. Юрченко О. М. Роль безпілотних літальних апаратів у сучасних військових конфліктах // Наукові праці університету "Оборонні технології", 2021. – Т. 15. – С. 45-58.

5. Найс Д. Кібернетичні війни та виклики безпеки: Вплив дронів на міжнародні відносини. – Лондон: Oxford University Press, 2017. – 289 с.

6. Дорошенко І. П. Безпілотні авіаційні системи: сучасний стан та тенденції розвитку // Вісник авіаційних досліджень, 2022. – № 2. – С. 12-29.

7. Сайт Міністерства оборони України. Безпілотні літальні апарати в сучасній армії. – https://www.mil.gov.ua. – Дата звернення: 10 вересня 2023 року.

УДК 656.7.08

А.Є. Тимошенко, А.М. Яценко, О.М. Трюхан, к.т.н., доц.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Зниження рівня ризику загроз та небезпеки в цивільній авіації

У роботі розглядається аналіз сучасних видів загроз для авіації, та підходам до забезпечення безпеки польотів. Обговорюються методи зменшення ризиків, важливість системних заходів і людського фактора у протидії небезпекам. Наголошується на необхідності постійної адаптації авіаційної галузі до змінних умов і викликів для підтримання надійної безпеки.

У наш час загрози для авіації продовжують розвиватися. Оскільки попит на авіаперельоти продовжує зростати, зростає і потреба в надійних заходах безпеки для запобігання загрозам і забезпечення безпечної роботи. Авіакомпанії, аеропорти, уряди, міжнародні та організації прагнуть покращувати та розвивати можливості авіаційної безпеки. Важливим є дотримання суворо визначених протоколів безпеки задля максимального уникнення ризиків загроз і забезпечення безпечних польотів. Тому авіаційна галузь має постійно адаптуватися до мінливих правил і викликів, які створює глобальне середовище безпеки, оскільки вони прагнуть розширювати та розвивати свою діяльність.

На сьогодні загрозливі фактори безпеки польотів в авіації можуть бути, як і факторами зовнішнього впливу, так й внутрішніми чинниками. До перших, беззаперечно, можна віднести фактори **глобальної нестабільності і загроз конфліктів**. Звичайно, однією з головних конфліктних ситуацій з 2022 року стало повномасштабне вторгнення в Україну. Загострення, санкції та заборони на російські авіакомпанії, звичайно, вплинули на авіацію. Закриття повітряного простору також викликало у багатьох операторів проблеми з плануванням польотів і збільшило експлуатаційні витрати. На Близькому Сході та в Азії також зростає політична нестабільність. У зв'язаному світі конфлікти також можуть мати більш далекосяжні наслідки. Проблеми безпеки та обмеження повітряного простору можуть вплинути на авіакомпанії, розташовані далеко від зони конфлікту.

Також, фактором який неймовірно ускладнює забезпечення безпеки під час авіаційних польотів є тероризм.

Тероризм також залишається загрозою, і ризик зростає посиленням політичної нестабільності. Авіація залишається резонансною метою тероризму. Багато покращень відбулося під час останніх десятиліть, і вони тривають. Проте тероризм не обов'язково передбачає фізичне викрадення. Ризик кібертероризму або атак на дані сьогодні є реальною загрозою.

Щодо решти небезпечних факторів, то не менш небезпечним фактором є зміна клімату.

Суворі погодні явища, такі як грози, обледеніння, турбулентність і низька видимість, можуть становити значну небезпеку для виконання польотів, впливаючи на зліт, посадку та безпеку на маршруті. До того ж, **зміна клімату**

зараз є важливою проблемою, яка багатьма способами впливає на авіаційну промисловість. Зниження вдвічі викидів вуглецю призводять до змін у авіаційних технологіях, паливі та навіть у відстеженні та розподілі літаків. Незважаючи на зусилля зменшити його вплив, галузь авіації, звичайно, великою мірою вразлива до впливу глобального потепління. За останні кілька років спостерігається зростання рівня збоїв у польотах через екстремальні погодні явища, і все більше це залишається реальним ризиком. Зміна режиму вітру також призведе до більш турбулентних польотів і потенційно складнішого планування польотів.

Щодо внутрішніх причин, **небезпечні умови аеродрому** також впливають на збільшення ризиків небезпеки польотів. Нерівні поверхні, сміття, вторгнення диких тварин або недостатнє освітлення на злітно-посадкових смугах і руліжних доріжках можуть збільшити ризик відхилення від злітно-посадкової смуги, пошкодження сторонніми предметами і нещасних випадків, пов'язаних з наземним обслуговуванням, впливаючи на умови безпосереднього польоту.

Переповнений повітряний простір, перевантажені маршрути польотів і неналежне управління повітряним рухом можуть призвести до підвищених ризиків зіткнень у повітрі, близьких промахів і втрати ешелонування між літаками.

Несправності обладнання - механічні несправності, збої авіоніки та системні збої в повітряних суднах можуть поставити під загрозу безпеку польоту, навігацію, зв'язок тощо. Також, невідповідні процедури технічного обслуговування, нестандартний ремонт і проблеми з відстроченим техобслуговуванням можуть призвести до поломки обладнання, пошкодження конструкції та аварійних ситуацій під час польоту.

На кінець, не можна забувати про **людський фактор**, такий як втома, стрес, відволікання серед льотного екіпажу, персоналу з технічного обслуговування та диспетчерів повітряного руху можуть погіршити продуктивність, прийняття рішень і ситуаційну обізнаність, що призводить до помилок і аварій.

Зрозуміло, що ризиків неможливо повністю уникнути або усунути їх. Однак мета полягає в тому, щоб мінімізувати, наскільки це можливо, можливість того, що щось піде не так, і зменшити потенційно негативні наслідки, які можуть виникнути в результаті.

Управління ризиками охоплює оцінку та зменшення факторів ризику пов'язаних з безпекою наслідків небезпеки до найнижчого можливого рівня. Ефективне управління ризиками має бути спрямоване на отримання максимальної вигоди від прийняття/допуску до ризику (скорочення часу та витрат) при одночасному зниженні самого ризику.

Управління ризиками включає п'ять ключових елементів:

- виявлення проблем безпеки;
- аналіз вірогідності факторів ризику;
- аналіз тяжкості факторів ризику;
- оцінка та допустимість факторів ризику;
- контроль і можливість зниження факторів ризику.

Загалом можна виділити три основних стратегій контролю/зменшення факторів ризику безпеки польотів:

• Уникнення ризику. Операція або діяльність припиняється, оскільки фактори ризику безпеки польоту перевищують переваги продовження операції або діяльності. Наприклад, при сильній турбулентності або несприятливих погодних умовах екіпаж може ухвалити рішення перенести виліт або змінити маршрут для уникнення небезпеки. Якщо конкретний повітряний простір закритий через політичну нестабільність або військові дії, авіакомпанії можуть змінити плани польотів, щоб уникнути ризикових зон.

• Зниження ризику. Зменшується періодичність роботи чи діяльності або вживаються заходи щодо зменшення масштабів впливу факторів ризику. Це може включати встановлення більш сучасних систем безпеки, таких як бортові системи запобігання зіткненням (ACAS) або системи попередження про наближення до землі (GPWS). Наприклад, якщо злітно-посадкова смуга покрита льодом, використовуються системи очищення та обробки смуг, що знижує ризики, пов'язані з посадкою літака.

• Ізоляція експозиції. Вживаються заходи для ізоляції впливу наслідків небезпеки або створення резервування для захисту від них. Оцінюючи конкретні варіанти зниження ризику, слід брати до уваги, що не всі вони мають однаковий потенціал для зниження ризику безпеки польотів.

Кожен варіант зменшення ризику слід аналізувати з урахуванням таких аспектів, як:

• ефективність;
• технічні заходи;
• контрольовані заходи;
• кадрові заходи;
• вартість/вигода;
• практичність;
• прийнятність кожної сторони;
• довговічність;
• залишковий фактор ризику для безпеки польотів;
• нові виклики.

Першим кроком у процесі зменшення/контролю факторів ризику безпеки польотів є визначення небезпек/наслідків та оцінка факторів ризику безпеки польотів. Після визначення небезпек і наслідків, а також оцінки факторів ризику для безпеки польотів необхідно оцінити дієвість і ефективність існуючих засобів захисту авіаційної системи (обладнання, навчання, правила) щодо розглянутих проблем безпеки та їх наслідків.

Одним з прикладів стратегій контролю чинників ризику безпеки польотів є управління загрозами та помилками (Threat and error management) — це загальний підхід до управління безпекою, який припускає, що пілоти природно роблять помилки та стикаються з ризикованими ситуаціями під час виконання польотів. Замість того, щоб намагатися уникнути цих загроз і помилок, його основна увага спрямована на навчання пілотів керувати ними, щоб вони не погіршували безпеку.

Модель ТЕМ спрямована на підтримку експлуатаційної безпеки шляхом навчання пілотів виявляти та реагувати на ймовірні шкідливі події (загрози) і потенційні помилки (помилки). Льотний екіпаж повинен, як частину звичайного виконання своїх експлуатаційних обов'язків, застосовувати контрзаходи, щоб загрози, помилки та небажані стани повітряного судна не знижували запаси безпеки під час виконання польотів. Приклади контрзаходів включають контрольні списки, брифінги, виклики, а також особисті стратегії та тактики. Екіпаж приділяє значну кількість часу та ресурсів застосуванню контрзаходів для забезпечення безпеки під час виконання польотів.

Усі контрзаходи – це обов'язково дії льотного екіпажу. Однак деякі засоби протидії загрозам, помилкам і небажаним літакам стверджують, що льотні екіпажі використовують на основі «жорстких» ресурсів, наданих авіаційною системою. Ці ресурси вже є в системі до того, як екіпаж прийде на службу, і тому вважаються системними контрзаходами. Приклади «жорстких» ресурсів, які льотні екіпажі використовують як системні контрзаходи:

- бортова система запобігання зіткненням (ACAS);
- система попередження про наближення до землі (GPWs);
- стандартні операційні процедури (SOP);
- контрольні списки;
- брифінги;
- навчання;
- тощо.

Інші контрзаходи більш пов'язані з людським внеском у безпеку польотів. Це особисті стратегії та тактики, індивідуальні та командні заходи протидії, які зазвичай включають перевірені навички, знання та ставлення, вироблені під час продуктивного навчання людини, особливо під час навчання управління ресурсами команди (CRM). В основному існує три категорії індивідуальних і командних заходів протидії:

1) **Планування контрзаходів**: необхідне для управління очікуваними та неочікуваними загрозами

2) **Контрзаходи виконання**: необхідні для виявлення помилок і реагування на помилки

3) **Перегляд контрзаходів**: необхідний для управління мінливими умовами польоту

Слід зазначити, що незважаючи на те, що повне уникнення аварій та досягнення 100% рівня безпеки практично неможливо. Незважаючи на всі старання запобігти відхиленням і помилкам, вони все одно будуть мати місце, як і будь-яка штучно створена система, особливо пов'язана з діяльністю людини (її не можна вважати безпечною і вільною від ризику). Прийнятий раніше підхід до безпеки польотів вимагає детального регулювання всіх аспектів діяльності авіаційного персоналу та контролю за дотриманням дедалі складніших нормативних вимог.

Висновки

Виходячи з реалій сьогодення нашого світу безпека польотів в авіації є надзвичайно важливим елементом для забезпечення ефективних та безпечних перевезень з використанням авіаційного транспорт. Швидке та прогресивне зростання попиту на перевезення з залученням авіасфери вимагає від всіх залучених компонентів, не просто підтримки існуючої системи, а й стрімкого та результативного покращення систем та протоколів безпеки. Внутрішні та зовнішні фактори-показники рівня безпеки, такі як політична нестабільність, тероризм, екстремальні погодні умови і людський фактор, є справжніми викликами для безпеки в авіаційній галузі. Ефективний менеджмент ризиками є основним для мінімізація можливих загроз. Підсумовуючи, безпека польотів є дуже складним і багатогранним процесом, що потребує регулярного вдосконалення і пристосування до можливих нових викликів. Хоч і досягнення абсолютно безпечного середовища в сфері авіаційних перевезень неможливо, проте постійне прагнення до зменшення ризиків і забезпечення максимального рівня захищеності польотів все ще залишаються пріоритетними для всіх учасників авіаційної індустрії.

Список літератури

1. 9 common unsafe conditions [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://blog.falcony.io/en/9-common-unsafe-conditions-in-aviation-and-aerospace.
2. What you need to know about aviation security [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-you-need-to-know-about-aviation-security/.
3. The importance of aviation security [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.aviationsecureinc.com/blog/the-importance-of-aviation-security.
4. Why is aviation security important? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.butterfly-training.co.uk/why-is-aviation-security-important/.
5. CURRENT RISKS AND THREATS TO THE AVIATION INDUSTRY [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.flightworx.aero/blog/current-risks-and-threats-to-the-aviation-industry/.
6. Threat and Error Management (TEM) in Flight Operations [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://skybrary.aero/articles/threat-and-error-management-tem-flight-operations.

УДК 656.7:004.056.5

І.С. Кудрявцев, А.О. Оріхон
(Національний авіаційний університет, Україна)

Оптимізація авіаційного документообігу через буферизацію електронних підписів в умовах нестабільного зв'язку

У статті розглядається проблема використання електронних підписів в авіаційній галузі за умов нестабільного або відсутнього інтернет-з'єднання. Впровадження електронного підпису є критично важливим для забезпечення швидкого, безпечного та ефективного документообігу, однак специфіка авіаційної діяльності часто обмежує можливості таких систем. Запропоноване рішення – система буферизації електронних підписів, яка дозволяє підписувати документи офлайн з подальшою синхронізацією при доступі до мережі, що забезпечує цілісність, юридичну силу підписів та безперервність робочих процесів.

Вступ. У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій, які проникають у всі аспекти життя, авіаційна галузь стикається з новими викликами в області електронного документообігу. Електронні підписи сприяють швидкому, безпечному та ефективному обміну документами, проте робота в умовах обмеженого або нестабільного інтернет-з'єднання створює серйозні перешкоди для традиційних систем підписання. В епоху цифрової трансформації зростає потреба в новаторських рішеннях, які забезпечували б надійну і безпечну роботу з документами навіть при нестабільному зв'язку. У цій роботі пропонується впровадження системи буферизації підписів, що дозволить авіаційній індустрії ефективно долати ці труднощі та покращувати свої операційні процеси.

Розглянемо основні виклики, з якими стикається авіаційна галузь у сфері електронного підписання. Перша проблема — це нестабільне інтернет-з'єднання в різних умовах авіаційної діяльності. Літаки перетинають різноманітні географічні зони, такі як океани, пустелі, гірські райони, де якість інтернет-зв'язку може варіюватися від високої до повністю відсутньої. Друга — необхідність забезпечення безперервності робочих процесів. В авіації кожна хвилина має значення, і затримки через неможливість підписати важливі документи можуть призвести до серйозних фінансових втрат та підвищення ризиків для безпеки. Третя — це суворі вимоги до безпеки та автентичності електронних підписів, оскільки в авіаційній галузі кожен підпис є критичним, будь то затвердження плану польоту, підтвердження технічного обслуговування або внесення змін у розклад екіпажу.

Наявні традиційні системи електронного підпису, які вимагають постійного інтернет-з'єднання, виявляються неефективними в умовах нестабільного зв'язку. Водночас офлайн-системи не можуть забезпечити

миттєву синхронізацію, що може спричинити невідповідність даних і призвести до потенційних помилок у процесах. Варіант з рішенням наявної проблеми за допомогою системи буферизації підписів спирається на концепцію локального збереження даних із подальшою відкладеною синхронізацією.

Механізм роботи системи (рис.1) виглядає наступним чином: після підписання документа користувачем, на його пристрої формується локальна копія цього документа. На неї накладається електронний підпис, для чого використовуються криптографічні ключі, що зберігаються локально. Дані ключі генеруються і оновлюються за допомогою спеціальних алгоритмів, що гарантуватиме їх унікальність і захищеність, навіть при роботі в офлайн-режимі. Підписаний документ зберігається у локальному сховищі з використанням методів шифрування, що забезпечить конфіденційність та цілісність даних. Паралельно до цього формуватиметься запис у черзі синхронізації — це структура даних у вигляді черги, яка містить інформацію про всі підписані документи, що чекають синхронізації з центральним сервером. Елементи оброблятимуться в порядку їх додавання(FIFO - First In, First Out).

Ключовими компонентами системи буферизації є:

- Модуль локального збереження даних: Це компонент, що відповідатиме за створення записів на пристрої користувача і шифруватиме їх для захисту даних від несанкціонованого доступу.
- Модуль електронного підписання: Цей компонент відповідає за накладання електронного підпису на документ. Він використовує криптографічні алгоритми.
- Черга синхронізації: Це структура даних, яка керує процесом синхронізації. Вона забезпечує, що всі підписані документи будуть відправлені на сервер у правильному порядку, як тільки з'явиться стабільне інтернет-з'єднання.
- Модуль синхронізації з центральним сервером: Цей модуль відповідає за встановлення зв'язку з центральним сервером та передачу даних як тільки з’явиться стабільне інтернет-з’єднання.
- Центральний сервер: Даний елемент буде приймати дані від системи буферизації.
- Модуль валідації даних: Цей компонент забезпечуватиме перевірку документів, які передаються між системою буферизації та центральним сервером, на зміни або пошкодження під час передачі.

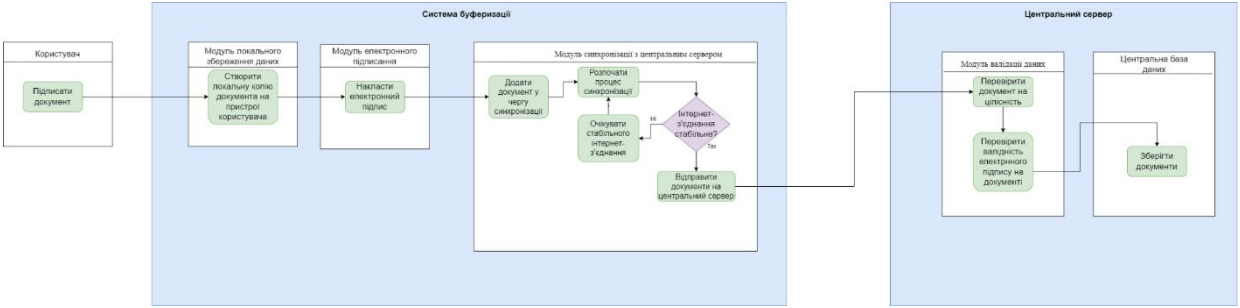


Рис. 1. Механізм роботи системи буферизації підписів

Процес синхронізації запускається автоматично при наявності стабільного інтернет-з'єднання. Після встановлення з'єднання, документи, що знаходяться у черзі синхронізації, передаються на центральний сервер у тому порядку, в якому вони були створені. Центральний сервер виконує низку перевірок: спочатку він верифікує цілісність документів, переконуючись, що під час передачі вони не зазнали змін. Далі здійснюється перевірка валідності електронних підписів за допомогою публічних ключів, пов'язаних з кожним користувачем. Ця перевірка включає як перевірку статусу сертифіката користувача, щоб гарантувати, що він не був відкликаний або термін його дії не закінчився. Після завершення всіх перевірок підтверджені документи зберігаються в центральній базі даних. Ця база є розподіленою системою з високим рівнем доступності, що гарантує надійне зберігання даних і забезпечує оперативний доступ до них незалежно від географічного розташування.

Механізм буферизації підписів дозволить забезпечити безперервність робочих процесів, що має ключове значення для авіаційної індустрії. Завдяки цьому пілоти та інженери зможуть виконувати свої завдання без очікувань на стабільне інтернет-з'єднання для підписання необхідних документів, що підвищить загальну ефективність операцій і мінімізує ризики помилок, спричинених роботою в умовах обмеженого часу.

Ця система суттєво підвищує рівень безпеки документообігу. Використання локальних методів шифрування та захищених сховищ значно знижує ймовірність несанкціонованого доступу до конфіденційної інформації. Механізм відкладеної синхронізації гарантує цілісність даних, забезпечуючи збереження кожного підписаного документа навіть у разі перебоїв зі зв'язком. Впровадження такої системи відкриває нові можливості для оптимізації внутрішніх процесів авіакомпаній. Наприклад, вона дозволяє швидко реагувати на зміни в розкладі польотів або технічних вимогах, навіть якщо літак перебуває в повітрі або в віддаленому аеропорту, що підвищує гнучкість операцій і здатність швидко адаптуватися до непередбачуваних ситуацій.

Проте, впровадження буферизації підписів має й свої виклики. Серед них — необхідність забезпечення сумісності з існуючими системами авіакомпаній, щоб інтеграція відбувалася плавно і не впливала на поточні робочі процеси. Крім того, важливим аспектом є навчання персоналу для ефективного використання нової системи. Ще один важливий виклик стосується правових аспектів. Необхідно гарантувати, що електронні підписи, створені в офлайн-режимі, будуть юридично рівноцінними традиційним підписам. Це потребує узгодження з міжнародними авіаційними регуляторами та, ймовірно, внесення змін до чинного законодавства.

Впровадження системи буферизації підписів має можливість суттєво вплинути на авіаційну галузь. Її потенціал полягає у підвищенні загальної ефективності операцій, зниженні затримок і супутніх витрат. Окрім того, посилена безпека і надійність документообігу сприятимуть зростанню довіри між учасниками авіаційного сектору. У перспективі така система може стати новим стандартом в авіації, підтримуючи подальшу цифровізацію та автоматизацію процесів. Це може призвести до виникнення нових бізнес-моделей і сервісів, заснованих на більш гнучкому та безпечному обміні даними.

Таким чином, система буферизації підписів не тільки вирішує поточні проблеми з електронними підписами в авіації, але й створює умови для інновацій і подальшого розвитку галузі в цілому.

Висновок. Запропонована система буферизації електронних підписів є ефективним інструментом для авіаційної галузі, яка стикається з проблемами через нестабільне інтернет-з'єднання. Вона дозволяє підтримувати безперервність робочих процесів, покращує безпеку документообігу та знижує ризики, пов'язані із затримками у підписанні критично важливих документів. Завдяки використанню локального шифрування та механізму відкладеної синхронізації система гарантує збереження цілісності та конфіденційності даних, що є важливим для авіаційних операцій. Впровадження таких рішень сприятиме цифровій трансформації галузі, підвищенню операційної ефективності, безпеки польотів і відкриттю нових можливостей для оптимізації бізнес-процесів. У перспективі ця система може стати галузевим стандартом, забезпечуючи надійний і гнучкий документообіг навіть в умовах складної інфраструктури.

Список літератури

1. Дуда Г. Електронний цифровий підпис: сутність, принципи дії та порядок отримання // Львів: ЛНУП, 2024. 579 с. – С. 209.
2. Кашапов А. А., Нємкова О. А. Розроблення електронного цифрового підпису на основі динамічних шаблонів автентифікації // Науково-технічний журнал “Сучасний захист інформації. -2024. №. 2. - С. 59-68”
3. Рогачевський Д., Каплун В. Захист файлів з використанням електронно-цифрового підпису (ЕЦП) // ВНТУ, 2023.

УДК 351.862

Д. Зіньков, О.М. Дубик
(Кафедра військової підготовки
Національного авіаційного університету, Україна)

Проблеми побудови арочного укриття для літаків F-16

Розглянуто можливості вирішення проблем побудови арочних укриттів для переданих партнерами країн НАТО повітряних суден F-16.

Вступ.

Захист військових аеродромів, особливо в умовах сучасних загроз, стає дедалі важливішим завданням. Одним із ключових елементів захисту є будівництво арочних укриттів для винищувачі типу F-16, які забезпечують збереження техніки та підвищують боєздатність у разі ракетних або авіаційних ударів. Будівництво таких укриттів має численні проблеми, які потребують ретельного аналізу та вирішення.

Арочні укриття є дуже дорогими через використання спеціальних матеріалів (оцинкована сталь, металеві листи, полімерні покриття, теплоізоляційні матеріали, тканинні матеріали або поліетилену), необхідних для забезпечення стійкості до використання ракетних ударів. Наприклад, вартість побудови одного укриття може досягати кількох мільйонів доларів, що створює значне фінансове навантаження на військовий бюджет.

В арочних укриттях використовуються різні типи воріт, залежно від призначення частоти використання та розмірів. Наприклад: розпашні ворота (Класичний тип воріт), відкатні ворота (ворота цього типу відкочуються вбік), підйомно-секційні ворота (складаються з кількох секцій, які піднімаються вертикально і ховаються під стелю укриття), рольставні або рулонні ворота (цей тип воріт працює за принципом згортування полотна в рулон над отвором. Рольставні займають мінімум місця і можуть бути як механічними, так і автоматизованими. Вони ідеальні для невеликих укриттів або технічних приміщень), швидкісні ворота (швидкісні ворота можуть бути виготовлені з легких матеріалів і обладнані автоматичними механізмами), гармошкові ворта (вони складаються з кількох стулок, які складаються "гармошкою" при відкритті. Цей варіант економить простір і зручний для середніх і великих укриттів).

Процес зведення арочних укриттів є технічно складним і потребує значного часу. Це особливо критично в умовах швидко мінливих конфліктів, коли необхідний негайний захист літаків. Крім того укриття мають відповідати нормативним вимогам щодо стійкості до різних типів зброї, зокрема ракет середньої та великої дальності.

Хоча арочні укриття забезпечують захист літаків від менш потужних загроз, вони не гарантують безпеки в разі атаки високоточними чи сучасними балістичними ракетами. Сучасні ракети здатні точно вражати навіть добре укріплені об’єкти, що становить під сумнів ефективність таких укриттів без додаткових заходів захисту.

Пропозиції до вирішення питань.

Використання новітніх будівельних матеріалів, таких як легкі, але міцні композитні матеріали або модульні конструкції, дозволяє зменшити витрати на будівництво арочних укриттів. Наприклад, багато країн застосовують модульні та швидкозбірні укриття, що скорочують час будівництва і матеріальні витрати, зберігаючи при цьому необхідний рівень захисту. Наприклад, США активно впроваджують технології, які поєднують мобільність і захищеність в умовах бойових дій.

Для зменшення часу будівництва можна використовувати збірні конструкції, які швидко встановлюються. [1] Це рішення підходить для створення тимчасових або постійних укриттів у стратегічно важливих регіонах. Інженерні підрозділи можуть використовувати ці конструкції для швидкого розгортання баз у конфліктних зонах. Наприклад, під час війни у Перській затоці США використовували мобільні захисні конструкції, які забезпечували швидке розгортання укриттів у небезпечних зонах (рис.1).

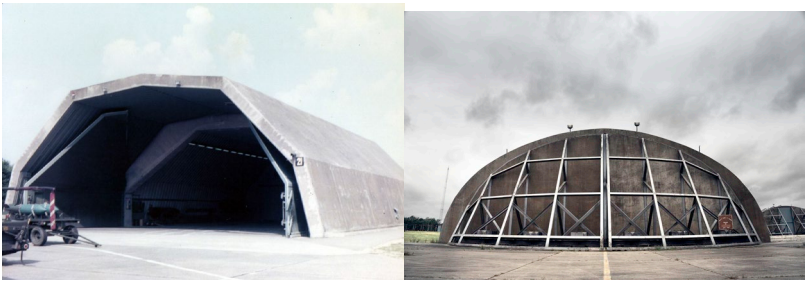


Рис.1. Мобільні захисні конструкції

Інтеграція пасивних і активних систем захисту може забезпечити додатковий рівень безпеки для літаків. Арочні укриття можуть бути оснащені системами перехоплення та знищення ракет, що допомагають захистити укриття від точкових ударів. [2] Наприклад, військові бази у Південній Кореї оснащуються як укріпленими укриттями для літаків, так і системами ППО для захисту від повітряних атак.

Впровадження укриттів, здатних протистояти атакам безпілотних літальних апаратів (дронів), стає новою вимогою. В укриття можуть бути вбудовані системи радіоелектронної боротьби (РЕБ), які глушать сигнали дронів, або навіть активні оборонні системи для їх нейтралізації.

Наприклад, на багатьох військових базах США вже впроваджують системи захисту від дронів, що дозволяє попереджати атаки за допомогою безпілотників.

Висновки.

Будівництво арочних укриттів для F-16 є важливим елементом стратегії захисту військових авіабаз у сучасних умовах загроз. Хоча цей процес пов'язаний із значними витратами і технічними викликами, існує низка рішень, які можуть підвищити ефективність захисту. Оптимізація витрат,

впровадження модульних рішень, інтеграція активних і пасивних систем захисту, а також розосередження баз дозволять забезпечити високий рівень безпеки та боєздатності літаків у разі атак. Таким чином, комплексний підхід до вирішення цих проблем забезпечить ефективний захист стратегічних авіаційних об'єктів у майбутніх конфліктах

Список літератури

1. Air & Space Forces Magazine. The New Limits to Hardening. Інформація про підвищення стійкості авіабаз, використання арочних укриттів та активних систем захисту в умовах загрози сучасної зброї. Доступно: https://www.airandspaceforces.com:contentReference[oaicite:0]{index=0}.

2. The War Zone. Does The U.S. Need To Be Building Hardened Aircraft Shelters For Its Combat Aircraft? Обговорення перспектив будівництва захисних укриттів для літаків у США та інших країнах, включно з прикладами сучасних технологій. Доступно: https://www.twz.com:contentReference[oaicite:2]{index=2}.

UDC 629.735.018.7.015.3.025.1

Є.Р. Гримак, Алі Аль-Майяхі, аспірант,
(Національний авіаційний університет, Україна)

Перспективи відродження авіаційної галузі у післявоєнний період

В роботі розглянуто перспективи відродження авіаційної галузі у післявоєнний період, наведені завдання та цілі для розвитку авіаційної галузі, виокремлено шляхи відродження авіаційної галузі.

Кожна країна має свої конкурентні переваги на світовому ринку. Однією з головних переваг України є її конкурентоспроможність на світовому ринку, а саме багаторічний досвід та потужна матеріальна база авіаційної галузі. Україна має повний цикл розробки, серійного виробництва, експлуатації та обслуговування авіаційної техніки, а також розгалужену систему підготовки і перепідготовки авіаційних фахівців.

Повномасштабного вторгнення на територію України у 2022 році внесло кардинальні зміни в подальший розвиток авіаційної галузі. І справді, з першого дня війни промислові підприємства зазнали багатьох ударів ворога. Таким чином, льотно-випробувальна станція імені ДП «Антонова» стала зоною бойових дій, в результаті чого було знищено і серйозно пошкоджено багато зразків авіаційної техніки, в тому числі видатний літак «Мрія» [1, с. 215-217].

Під час військових дій розвиток авіаційного транспорту в українському народному господарстві майже призупинено та повністю скорочено авіаперевезення. Криза спричиняє високі економічні ризики в діяльності компаній та організацій авіаційного транспорту.

Ситуація в галузі авіаційного транспорту вимагає розробки стратегії переведення зв'язків між авіаційними та сервісними підприємствами в новий стан і розвитку нової системи, створеної після закінчення війни.

Варто зауважити, що на сьогоднішній день постійно розробляються та вдосконалюються документи державної політики щодо розвитку галузі авіаційного транспорту. Проте нові виклики, пов'язані з війною, визначили необхідність глобального бачення розвитку галузі авіатранспорту [2, с. 34-36].

Розвиток авіаційної промисловості вимагає дослідження та впровадження нових завдань управління компаній та галузі в цілому. Авіаційна галузь має визначити шляхи вирішення проблем ревіталізації та подальшого розвитку системи повітряного транспорту та її інфраструктури, виходячи з нових викликів, з якими зіткнувся бізнес під час війни.

Важливими завданнями, які постають перед авіаційною галуззю є:

– створення необхідних умов для подальшого розвитку системи повітряного транспорту та його інфраструктури;

– поетапне впровадження інституційної реформи повітряного транспорту шляхом удосконалення управління, розмежування функцій управління державою та економікою, розвитку конкуренції на ринку транспортних послуг;

– прискорення модернізації технічної бази авіаційного транспорту, розробка нових підходів до інноваційної та інвестиційної політики для досягнення цілей стратегії , у тому числі участь інвестиції капіталу в будь-якій формі не заборонені законодавством України;

– прискорення інтеграції підприємств на основі принципів взаємної вигоди, адаптування національного законодавства до умов існування інтегрованих структур, наблизивши його до стандартів, специфікацій, технічних характеристик та міжнародних економічних вимог у сфері авіації.

Доцільно наголосити, що важливого значення для авіаційної галузі набуває державне регулювання повітряного транспорту та його інфраструктури, яке має забезпечувати баланс між національними інтересами та інтересами бізнесу, а також ґрунтуватися на розподілі відповідальності у сфері повітряного транспорту [3, с. 140-143].

Основними цілями державного регулювання в розвитку авіатранспортного комплексу є:

– дії, спрямовані на збільшення прибутку в короткостроковій перспективі;

– дії, щодо реагування на зміни умов у транспортному секторі (зміни в податковому середовищі, тарифах і правилах повітряного транспорту, цінах на пальне тощо);

– прагнення до встановлення зв'язків між транспортними, промисловими, торговельними та постачальницько-збутовими структурами;

– інтеграційні зусилля в транспортно-логістичний ланцюг;

– превентивні заходи проти зовнішніх загроз;

– етапи розробки стратегії диверсифікації бізнесу;

– підвищення якості транспортних послуг;

– дії, щодо максимального використання потенціалу транспортних компаній;

– встановлення відносин між партнерами на основі взаємної вигоди;

– заходи щодо вдосконалення технології надання транспортних послуг;

– наукова інтеграція в авіації.

Пріоритетними напрямками державного регулювання в авіаційно-транспортному комплексі стануть такі заходи, як впровадження інноваційних та ресурсозберігаючих технологій, комплексних систем автоматизації процесів та управління якістю, розвиток інформаційних систем [4, с. 107-110].

Авіаційна галузь має стратегічне значення для економіки України. Тому лише за правильного підходу розвиток авіаційної галузі може стати одним із ключових факторів постконфліктного економічного відновлення України.

Беручи до уваги такі фактори, як: державна підтримка, відновлення інфраструктури, стимулювання попиту, розвиток людського капіталу, інновації та технології, наша держава зможе побудувати безпечну та конкурентоспроможну авіаційну галузь, яка стимулюватиме економіку зростання та розвитку нашої країни в післявоєнний період (рис.1).

Економіка авіатранспорту потребує формування свідомо диференційованого підходу до якості послуг з метою досягнення гармонізації

існуючої ресурсної бази з транспортними технологіями в контексті подальшого розвитку.

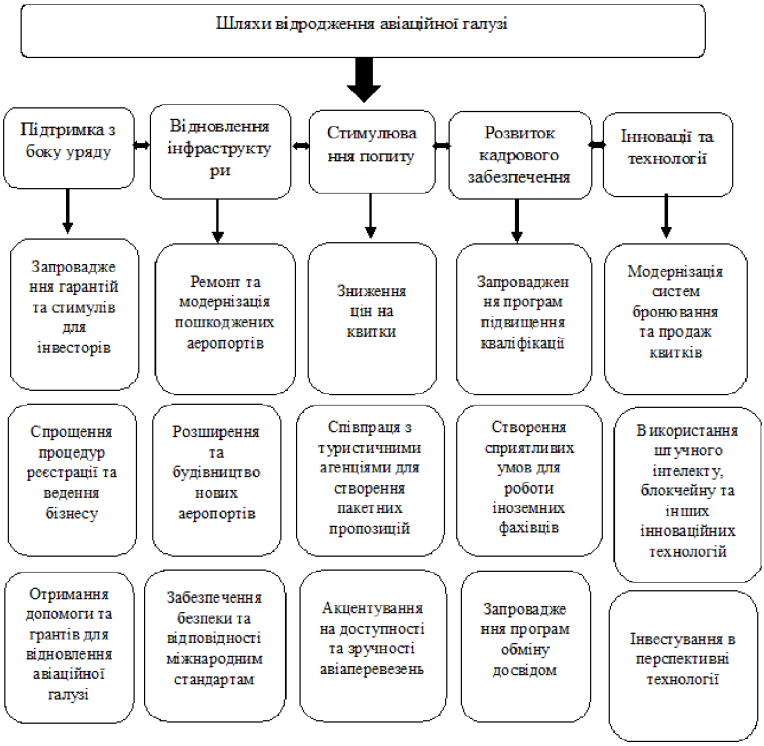


Рис. 1. Шляхи відродження авіаційної галузі

Слід також додати, що стабільне функціонування цієї галузі створить передумови для забезпечення рівня національної безпеки, оборони країни, охорони навколишнього середовища, збільшення надходжень до державного бюджету, а отже, підвищення кваліфікації на рівень життя всього населення (особливо за рахунок створення нових робочих місць).

Наразі, необхідно розробити справді національну авіаційну політику, створивши необхідні умови для стрімкого розвитку авіатранспортної галузі України у післявоєнний період [5, с. 101-104].

Ґрунтуючись на чіткому баченні бажаного стану внутрішнього ринку авіаперевезень та його взаємозв'язку з авіаційними ринками інших країн, особливо країн ЄС, та враховуючи особливості української системи щодо транспорту у системі країн ЄС, національна авіаційна політика повинна визначати коло інструментів, використання яких сприятиме ефективному

результату реалізації цієї політики. Його застосування має тривати певний період часу з необхідністю проведення аналізу та уточнення коригувань для досягнення поставлених цілей.

Також, доцільно наголосити, що важливим чинником розвитку авіації є міжнародна кооперація та цифровізація у літакобудуванні, яка на сьогодні є пріоритетним напрямком діяльності для розвитку авіабудівних підприємств України.

Пріоритетним завданням у воєнний час і після неї має стати розробка та реалізація спільних науково-технічних проєктів із зарубіжними партнерами, а також міжнародна кооперація у виробництві.

Перехід до використання цифрових технологій у виробництві літаків, при якому частина креслення замінюється тривимірною моделлю, що значно полегшує виробництво підготовки продукту, дозволяючи більш ефективно контролювати кожен етап, також усуває необхідність для передачі паперових документів. Це дозволяє компанії зменшити витрати на створення наукомістких продуктів, покращуючи якість та їх надійність, скорочуючи загальний інноваційний процес, за рахунок зменшення кількості циклів тестування та часу виходу на ринок [6].

Лише від подальшого посилення цифровізації та активного впровадження інформаційних технологій буде залежати ефективність роботи, якість управління життєвим циклом авіаційної техніки та оптимізація витрат.

Отже, широке застосування цифрових інформаційних технологій на авіабудівних підприємствах для виробництва авіаційної техніки та її комплектуючих, а також державна підтримка та ряд поставлених завдань, які необхідно вирішити, може стати головним інструментом підвищення конкурентоспроможності, та розвитку авіаційного сектора України в цілому.

Список літератури

1. Горбаль Н. І. Стан та перспективи розвитку авіатранспортної галузі України в умовах євроінтеграції, постпандемії та війни. *Проблеми та перспективи розвитку економіки: світові та національні аспекти* : праць X міжн. наук.-практ. конф., м. Одеса, 18 листопада 2023 р. Одеса, 2023 р. с. 215-217.
2. Павелко В. Використання міжнародного досвіду подолання наслідків COVID 19 для повоєнного відновлення авіаційної галузі. *Побудова інформаційного суспільства: ресурси і технології* : праць XVIII наук.-практ. конф., м. Суми, 19-20 вересня 2023 р. Суми, 2023 р. с. 34-36
3. Петрик В. Л. Статистичний аналіз діяльності авіаційної галузі України в умовах нестабільного попиту на авіаперевезення. *Розвиток цифрової економіки: глобальні тренди та виклики для України.* Вісник : Економічні науки. Львів, 2023. с. 140-143.
4. Бєкіров А.Ш. Цифровізація в авіабудуванні: необхідність і перспективи розвитку. *Економічні студії : Науково-практичний економічний журнал*. Львів, 2023. с. 107-110.

5. Бугайко Д.О. Екосистемний підхід до відродження авіабудівної галузі України з орієнтацією на майбутнє. *Період трансформаційних процесів в світовій науці: задачі та виклики :* праць ІІ міжн. наук.-практ. конф., м. Кривий Ріг, 19 січня 2024 р. Кривий Ріг, 2024 р. с. 101-104.

6. Висоцька М.П. Аналіз та перспективи розвитку авіатранспортної галузі України. *Економіка та управління : проблеми сучасних трансформацій* : праць міжн. наук.-практ. конф., м. Київ, 5 березня 2022 р. Київ, 2022 р.

UDC 351.811

Julia Maiko,
Oleh Trukhan, candidate of technical science. Ph.D., Assoc.
(National Aviation University, Ukraine)

Restoration of the aviation industry of Ukraine after the war

The aviation industry of Ukraine has suffered significant losses as a result of the full-scale war with russia. The suspension of flights, damage to airports, loss of aircraft, and staff reductions have jeopardized not only the functioning of the industry but also the country's economic growth and international mobility.

The restoration of Ukraine's aviation industry is a priority task that requires comprehensive efforts from the state, business, and the international community. This scientific work examines the key aspects of restoring Ukraine's aviation industry, proposing ways and methods to overcome current challenges and ensure the sustainable development of the sector in the future.

Analysis of current challenges: [1]

- Suspension of flights: Due to the war, most Ukrainian airports have been closed, leading to a complete halt of domestic and international flights.
- Airport damage: As a result of shelling and military actions, many airports have suffered significant damage, requiring extensive repair work.
- Loss of aircraft: Ukrainian airlines have lost a significant portion of their fleet due to the conflict, necessitating a renewal of the aircraft fleet.
- Reduction of staff: Airlines have been forced to cut a substantial part of their workforce due to the reduction in transportation volumes.
- Financial difficulties: Airlines and airports are experiencing significant financial losses due to the suspension of flights and decreased demand for services.

It is likely that European airlines, both before the full-scale war and after the victory, will find it unprofitable to operate within the territory of Ukraine due to the high VAT on domestic flights. This is why domestic airlines have not been overly concerned about potential competition. Even if these airlines do operate such routes after the war, the motivation will most likely be marketing rather than profit. With this approach, it is likely that European airlines will create a few routes within Ukraine between major cities (Lviv, Kyiv, Odesa), where there is potential for advertising promotion [4].

However, it can be argued that with the arrival of foreign airlines on the Ukrainian domestic aviation market, consumers will prefer them due

Of course, the longer the war lasts, the more difficult the situation will be for Ukrainian civil aviation, and the longer it will take to recover afterwards. The optimal option would be to resume flights even under wartime conditions. However, today Ukraine is among the group of seven countries with the highest, first-level risk in terms of flight safety (Fig. 1) [2]. Civil aircraft operators are advised to completely avoid such zones, as aircraft could be incorrectly identified by air

defense systems and mistakenly targeted, or they could come under crossfire during air attacks, etc.

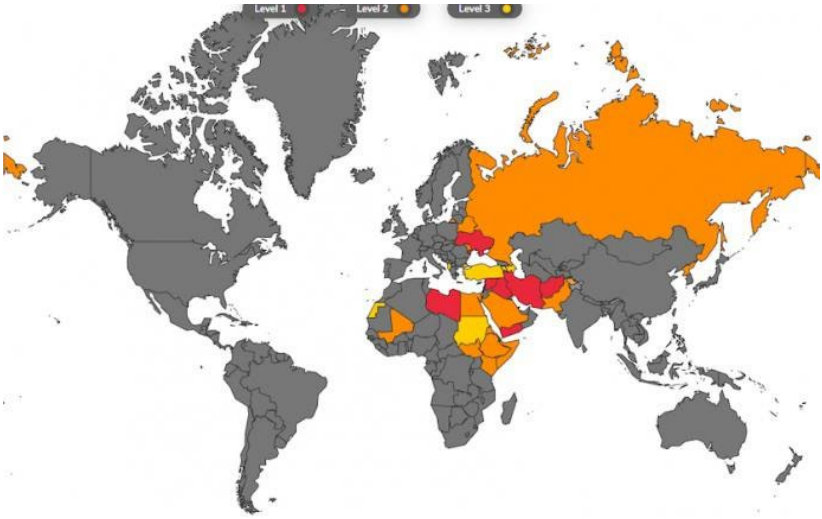


Figure 1 Map of safe airspace 03/20/2023 [3]

However, an analysis of cases involving the downing of civilian aircraft over conflict zones in the past shows that there is no practice of mandatory full airspace closure. Even today, flights are being conducted at airports classified as having the highest, first-level risk. That is why the proposal to resume flights from two Ukrainian airports has been made: "Lviv International Airport" named after Danylo Halytskyi and "Uzhhorod International Airport." Due to the proximity of these airports to the border, aircraft could quickly enter the airspace of the European Union and conduct flights safely. However, security guarantees from the Armed Forces of Ukraine are still necessary for this [3].

After the victory and the reopening of the skies, the country will need a rapid recovery of its aviation sector. The main load will fall on the capital's airports and those that have not been damaged. Among the airports that were either not affected or suffered only minor damage, the priority for recovery will be the "western gates": Ivano-Frankivsk, Lviv, Rivne, Uzhhorod, and Khmelnytskyi. The largest share of air defense systems is located in western Ukraine, so the demand for travel will be significant. Not all airports will handle only passenger flights; some will need to At the same time, with the support of partner countries and reparations from the aggressor state, the southern airports of Ukraine will also need to be quickly restored. For this, the country must have quality projects, specialists, construction materials, and a workforce.

Ways and methods of recovery: [4]

- Airport restoration: Large-scale repair and modernization of airports are necessary to ensure their safe and efficient operation.
- Fleet renewal: Funding must be secured to update the fleet with modern and safe aircraft.
- Staff support: The government and airlines must assist in retaining qualified personnel in the aviation sector.
- Stimulating demand: Measures should be taken to stimulate domestic and international air travel by offering affordable prices and new routes.
- Government support: The Ukrainian government should develop and implement a comprehensive support plan for the aviation industry, including financial assistance, tax incentives, and regulatory simplifications.
- International cooperation: It is important to establish international cooperation with partner countries to attract investments, share experience, and restore international routes.

Conclusion

The restoration of Ukraine's aviation industry is a challenging but achievable task. Through the concerted efforts of the government, businesses, and the international community, Ukraine can not only restore its aviation industry but also make it more competitive and resilient to future challenges.

The war in Ukraine has had a detrimental impact on Ukraine's aviation industry, essentially rendering it inoperable. However, there is still hope for the resumption of air travel, even amid the war. Proposals have been made to launch flights from two Ukrainian airports - Lviv and Uzhgorod. Due to their proximity to the EU border, aircraft from these airports could quickly enter EU airspace and safely conduct flights.

After the victory and the opening of the skies, the country will need a rapid restoration of aviation.

References

1. State Aviation Service of Ukraine. Aviation statistics. https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/
2. Zubko H. (2022). Koly v Ukraini zapratsiuiut tsyvilni aeroporty. Vid choho zalezhyt shvydkist vidnovlennia aviaspoluchennia v Ukraini i chy tse mozhlyvo pid chas viiny? [When civilian airports will start operating in Ukraine. What depends on the speed of restoration of air traffic in Ukraine and is it possible during the war?]. Ekonomichna pravda. URL: https://www.epravda.com.ua/columns/2022/11/4/693439/.
3. Conflict Zone & Risk Database (2023). SafeAirspace. URL: https://safeairspace.net/.
4. Ministry of Infrastructure of Ukraine. Strategy for the development of the aviation industry of Ukraine for the period up to 2030. https://mtu.gov.ua/

УДК 159.98:796.011 (042)

Орленко Н.А., канд. пед. наук, доцент,
Скидан І.В., ст. викладач
Шип Л.О., ст. викладач
Порадник С.Г., викладач
(Національний авіаційний університет)

Психічне здоров'я студентів ЗВО як важлива складова освітнього процесу

Анотація. Війна – це стрес, від якого залишаються психологічні травми у багатьох людей які залежить від багатьох обставин, у тому числі від внутрішнього потенціалу людини. В статті з'ясовано, що психічне та фізичне здоров'я пов'язане, а травми які можуть бути нанесені молоді після початку повномасштабного вторгнення росії в Україну мають негативні наслідки.

Як відомо людські трагедії, мають беззаперечний вплив на психологічне та фізичне здоров'я людини і у світлі усіх нових подій, що відбуваються зараз, ці невід'ємні елементи, а саме фізичне та психологічне здоров'я, людського життя піддаються негативному впливу. З поміж усіх видів людських трагедій, таких як, катаклізми, стихійні лиха та техногенні катастрофи, війна посідає найвищу ланку серед усіх проблем людства, що супроводжують його весь період еволюції людини та її історичного розвитку. Війна руйнує здоров'я усіх, якою б витривалою людина не була. У зоні ризику травматизації здоров'я постають усі люди, що проживають у державі на території якої ведуться бойові дії. Зокрема і в Україні з моменту, коли відбулися такі події як: Революція Гідності, окупація Автономної Республіки Крим, війна з росією на Донбасі та подальше повномасштабне вторгнення росії в Україну, яке спричинило велику кількість трагедій, таких як: підрив Каховської ГЕС, окупація території України, постійні бомбові та ракетні обстріли, військові злочини тощо, створили умови в яких відбувається травматизація не тільки фізичного, а й психологічного здоров'я.

Саме тому у сучасному контексті справ, варто розуміти, що психічне та фізичне здоров'я пов'язане. Велика кількість людей, які зазнали фізичних травм внаслідок війни, мають травматизацію психологічного здоров'я, і навпаки, людина, яка зазнала психологічних травм через бойові дії з часом відчує, що фізичне здоров'я теж розпочинає страждати від хвороби, які можуть бути викликані нервовими зривами, постійними переживаннями та перенесеним стресом. Тому правильним буде висновок, що людина здорова тільки тоді, коли є здорова як психічно, так і фізично. Усвідомленим є вплив психічного здоров'я на фізичне, тож можна стверджувати, що фізичне здоров'я повністю залежить від психічного, тому особливу увагу цьому ствердженню потрібно надавати під час воєнних дій.

В умовах, які склалися перед українським урядом постає виклик, в яких межах Українській державі важливо розпочати глибоку роботу над подоланням травматичних наслідків війни, тому що якщо матеріальний світ можна відбудувати, то духовний є ризик втратити повністю.

Ера XXI століття, повинна була стати ерою закінченням усіх війн, ерою прогресивності технологій, медицини, ерою коли про людське горе повинні були почати говорити менше. 24 лютого 2022 року розпочалася повномасштабна фаза російсько-української війни. Війни таких масштабів з моменту закінчення Другої світової війни, людство ще не бачило. Усі події, які за собою принесла війна конвертувалися та стали наслідком, який привів до великої кількості внутрішньо переміщених осіб, осіб які зазнали сексуального та фізичного насильства, які втратили рідних та близьких, які мають травматизацію психічного здоров'я у тій чи іншій мірі. На підґрунті таких обставин сформувалося нове покоління дітей та підлітків, які тим чи іншим чином є травмовані війною, діти які були народжені у 2014 році, зараз не знають часів коли війни не було. Саме з початку війни психологи розпочали вести роботу над створенням центрів допомоги людям, які зазнали травматизму психічного здоров'я, зокрема потужна робота розпочалася над створенням умов для подолання травматичних наслідків війни для усіх категорій населення, зокрема і для молодого покоління, а саме серед дітей, підлітків, юнаків. Роботу у даному секторі розпочала не тільки держава, а й приватні психологи та психотерапевти.

Звісно своїм психологічним здоров'ям ризикують усі, однак особливу увагу у наданні психологічної підтримки потрібно приділяти молоді, яка може постраждати найбільше. Проблема постає у тому, що психологічні травми нанесені дітям, підліткам та юнакам, можуть вагомо вплинути на їхню долю, що в подальшому може погано вплинути на функціонування України та українського суспільства в цілому, такий результат може виникнути через звичайний природній процес, а саме дорослішання цієї молоді, яка в подальшому повинна здійснювати керування державою та забезпечувати функціонування суспільства як це належить.

Проблематика постає у тому що на жаль держава не надає належної допомоги особам, які зазнали травматизму щодо свого психологічного здоров'я. Як наслідок особи, яким не надається психологічна підтримка та які не можуть самостійно впоратися із психологічними проблемами, можуть шукати вирішення своїх проблем через алкоголь, паління тютюнових та нікотинових виробі або ж вживання наркотичних засобів. В таких умовах молоде українське покоління може бути втрачене, тому що легка можливість отримати цигарки, алкоголь чи наркотики впливає таким чином, що молодь приймає рішення не звертатися до спеціалістів за допомогою, а давати собі розраду у психоактивних речовинах, яка має безпосередній вплив на нервову систему, створює ілюзію того, що усі проблеми ідуть на задній план.

У свою чергу викликана психологічною травмою така поведінка, може призвести до невідновного шкоди здоров'ю, тому зважаючи на такі обставини питання про забезпечення психологічної підтримки молодому поколінню потрібно вирішувати терміново. Ця обґрунтованість підтверджується тим, що діти – це невід'ємна частина держави, як зазначено вище, фактично, її майбутнє, тому це той рід осіб, який є неймовірно важливим у державній системі повинен бути забезпечений всебічною допомогою та підтримкою зі сторони держави, тому що саме діти становлять кількість здобувачів освіти,

які здобувають освіту на всіх рівнях. Як наслідок ці здобувачі освіти – це велика кількість професійних кадрів, які в майбутньому повинні зайняти робочі місця, а в умовах, які зараз склалися, причиною яких є війна, діти, які є здобувачами освіти, можуть мати нанесені психологічні, травми того чи іншого рівня, що несе за собою негативні наслідки як для здобувача освіти, як індивідуальної особи, так і для рівня освіти та бажання вчитися в цілому. Тому розуміючи такий стан справ, питання про забезпечення психологічної підтримки здобувачів освіти, її тримання у тонусі, є дуже важливими, зокрема в умовах, коли повномасштабна війна триває вже третій рік.

Відповідно до частини 8 статті 1 Закону України «Про освіту» здобувачами освіти вважаються – вихованці, учні, студенти, курсанти, слухачі, стажисти, аспіранти або ж ад'юнкти та інші особи, які здобувають освіту за будь-яким видом чи формою здобуття освіти [1]. Тобто здобувачі освіти становлять дуже велику частку населення України і зважаючи на специфіку здобуття освіти кожного здобувача освіти, до кожного класу цієї категорії осіб повинен бути створений індивідуальний підхід щодо надання психологічної допомоги. Через те, що здобувачі освіти – це не тільки учні та студенти, шлях вирішення проблеми психологічного стану стає дещо ускладненим, тому що, умовно, підхід у наданні психологічної допомоги вихованцям дитсадків та курсантам академії сухопутних військ чи академії внутрішніх справ вагомо відрізняється. Як наслідок для кожної категорії здобувачів освіти важливо створювати індивідуальну програму підтримки психічного здоров'я та запровадити її у стінах усіх навчальних закладів.

Якщо говорити мовою статистики то за даними Gradus Research 75% українських дітей так чи інакше мають травматизацію психіки через бойові дії [2]. Це говорить про те, що питання про забезпечення цих дітей відповідною психологічною допомогою стоїть на перших шпальтах, а держава, у свою чергу забезпечити відповідні умови та відповідних експертів задля того, щоб цю допомогу надати та реалізувати можливість для здобувачів освіти безперешкодно здобувати освіту і надалі.

Тут варто зауважити, що відповідно до пункту 6 статті 3 Закону України «Про освіту» держава повинна створити умови для здобуття освіти особам з особливими освітніми потребами, тобто під час правового режиму воєнного стану, або у мирний час, здобувачам освіти, окрім особливих потреб, під які можна класифікувати травматизацію психологічного здоров'я, повинна забезпечуватися можливість здобувати знання також із урахуванням індивідуальних потреб, можливостей, здібностей та інтересів [1]. Сюди може бути віднесений індивідуальний графік навчання для осіб, які перебувають у медичних закладах на лікуванні, задля того щоб подолати нанесені психологічні травми, здобувачі освіти, які через нанесену травматизацію психологічного здоров'я не можуть перебувати у стінах навчальних закладів і відповідно до пункту 4 статті 9 Закону України «Про освіту» можуть скористатися можливістю перебувати на дистанційній формі навчання [1]. Також серед завдань держави у освітньому секторі є завдання, яке має під собою можливість забезпечити виявлення та усунення факторів, що перешкоджають реалізації прав і задоволенню потреб таких осіб у сфері

освіти, тобто, будь-які форми вияву агресії до здобувачів освіти, як зі сторони викладацького складу так і інших здобувачів освіти, які можуть утворитися на підґрунті бойових дій, якихось політичних переконань чи релігійних вірувань, повинні бути усунені.

Якщо говорити про таку співпрацю, то, до прикладу, спільно із Інститутом модернізації змісту освіти був розроблений курс, що містить 10 мультимедійних уроків у міжнародному форматі SCORM, а також містить одні з кращих міжнародних випадків та практичних тренінгів [3]. Цей курс має назву «Перша психологічна допомога учасникам освітнього процесу під час та після завершення воєнних дій» розрахований він на отримання кваліфікації щодо надання психологічної допомоги здобувачам освіти, як під час ведення бойових дій так і після їх завершення [4]. Також варто додати, що після закінчення війни, особи, яким були нанесені психологічні травми нікуди не зникнуть, тобто питання про надання психологічної допомоги здобувачам освіти працівниками освітніх закладів буде актуальним ще тривалий час.

Таким чином, психологічний стан здобувачів освіти – це важлива складова освітнього процесу та сектору освіти в цілому. Уряд у лиці держави повинен запроваджувати індивідуальні підходи та новації щодо осіб, які мають психогенний травматизм. Викладачі у світлі усіх подій, які склалися повинні стати першими хто відгукнеться на виклики пов'язані із психічним здоров'ям здобувачів освіти. Кожен здобувач освіти – це особа, яка в подальшому в тому чи іншому році стане професійним кадром у своїй специфіці, саме тому держава повинна піклуватися про таких осіб і надавати ту допомогу, яку такі особи потребують. Тому, на нашу думку, лише у державі де здобувач освіти відчуває підтримку, захищеність та потрібність, може мати хороше майбутнє і у незалежності від подій, що відбуваються освіта буде продовжуватися та забезпечуватися, тому що саме вона є запорукою хорошого майбутнього.

Список літератури

1. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII : станом на 27 черв. 2024 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text (дата звернення: 02.07.2024).
2. Ukrinform. В Україні через війну травмована психіка у 75% дітей. *Укрінформ - актуальні новини України та світу*. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3473249-v-ukraini-cerez-vijnu-u-75-ditej-travmovana-psihika.html (дата звернення: 02.07.2024).
3. Освітяни зможуть надавати якісну першу психологічну допомогу. Інститут модернізації змісту освіти. URL: https://imzo.gov.ua/2022/06/29/osvitiany-zmozhut-nadavaty-iakisnu-pershu-psykholohichnu-dopomohu/ (дата звернення: 07.07.2024).
4. КУРС ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ ДЛЯ ОСВІТЯН «Перша психологічна допомога учасникам освітнього процесу під час та після завершення воєнних дій». ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ПРОЄКТ З ПРОФОРІЄНТАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ КАР'ЄРИ. URL: https://hryoutest.in.ua/courses/programa-pidvishchennya-kvalifikaciji-psihologichnoji-pidtrimki-dlya-osvityan-ta-batkiv (дата звернення: 07.07.2024).

УДК 004.81

А. В. Шишацький д.т.н., В.О. Бушура., О.В. Павлюк.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Розробка методу оцінки стану інформаційних систем з використанням популяційного алгоритму

Оптимізація є складним процесом визначення множини рішень для різноманітних функції. Багато калькуляційних завдань сьогодення належать саме до завдань оптимізації [1–4]. При вирішення завдань оптимізації змінні рішення визначаються таким чином, щоб складні динамічні об'єкти працювали в своїй найкращій по визначеному критерію оптимізації точці (режимі).

Одним із різновидів алгоритмів стохастичної оптимізації складних динамічних об'єктів є алгоритми ройового інтелекту (ройові алгоритми). Алгоритми ройового інтелекту базуються на русі рою і імітують взаємодію рою та його оточення, щоб покращити знання про навколишнє середовище, наприклад нові джерела їжі. Найвідомішими ройовими алгоритмами є алгоритм оптимізації роїв частинок, алгоритм штучної бджолиної колонії, алгоритм оптимізації мурашиної колонії, алгоритм оптимізації зграї вовків, а також алгоритм зграї горобців.

Але більшість згаданих вище базових метаевристичних алгоритмів не в змозі збалансувати дослідження та використання, що призводить до незадовільної продуктивності для реальних складних завдань оптимізації.

Цей спонукає до впровадження різноманітних стратегій для покращення швидкості збіжності та точності основних метаевристичних алгоритмів. Один з варіантів підвищення оперативності прийняття рішень за допомогою метаевристичних алгоритмів їх комбінування, тобто додавання базових процедур одного алгоритму в інший.

Метод оцінки стану інформаційних систем з використанням популяційного алгоритму складається з наступної послідовності дій:

Дія 1. Введення вихідних даних.

Дія 2. Початкове виставлення агентів на площині пошуку. Алгоритм оптимізації змій (АОЗ) ініціалізується шляхом генерації випадкової популяції відповідно до рівняння (1). Потім популяція агентів змій (АЗ) ділиться навпіл на дві групи, чоловічої та жіночої статі (2):

$$x_{i,j} = Lb_j + r * (Ub_j - Lb_j),\ i = 1,2,\ \ldots,N \quad j = 1,2,\ \ldots,m, \tag{1}$$

$$N_{female} \cong \frac{N}{2},\ N_{male} = N - N_{female}, \tag{2}$$

де x_{ij} – j-а розмірність i-го АЗ, m – кількість вимірів, N – розмір популяції АЗ, r – ступінь невизначеності інформації про стан об'єкту, а Ub і Lb – верхня та нижня межі j-ого розміру відповідно. N_{female} – кількість самок АЗ у популяції, а N_{male} – кількість самців АЗ у популяції.

Дія 3. Нумерація АЗ в популяції, i, $i\in$ [0, S]. На даному етапі кожному АЗ популяції присвоюється порядковий номер.

Дія 4. Визначення початкової швидкості АЗ популяції.

Початкова швидкість v_0 кожного АЗ популяції визначається наступним виразом:

$$v_i = (v_1, v_2 ... v_S),\ v_i = v_0. \tag{3}$$

Дія 5. Попереднє оцінювання ділянки пошуку АЗ. В даній процедурі ділянка пошуку на природній мові визначається саме ореолом існування АЗ. Враховуючи, що джерела їжі АЗ різноманітні, проведемо сортування якості їжі.

Дія 6. Класифікація джерел їжі для АЗ.

Привабливість їжі суттєво залежить від температурних показників (T) оточуючого середовища і якість їжі розраховуються відповідно до рівнянь (4), (5):

$$T = \exp\left(\frac{-t}{t_{\max}}\right), \tag{4}$$

$$FQ = c_1 \exp\left(\frac{t - t_{\max}}{t_{\max}}\right), \tag{5}$$

де t – номер поточної ітерації, а t_{max} – загальна кількість ітерацій, c_1 – коефіцієнт привабливості їжі для кожного діапазону температур.

В даному алгоритмі АЗ обирають місце для пошуку їжі, відповідно до c_1, потім АЗ оновлюють позицію. Дослідницька поведінка самців і самок АЗ виражена математично в рівняннях (6), (7) відповідно.

$$x_{i,j}(t+1) = x_{k,j}(t) \mp c_2 \times A_{i,male}((Ub - Lb)\ r_1 + Lb), \tag{6}$$

де

$$A_{i,male} = \exp\left(\frac{-F_{r,male}}{F_{i,male}}\right),$$

$$x_{i,j}(t+1) = x_{k,j}(t+1) \mp c_2 \times A_{i,female}((Ub - Lb)\ r_1 + r_2 + Lb), \tag{7}$$

де

$$A_{i,female} = \exp\left(\frac{-F_{r,female}}{F_{i,female}}\right),$$

де k – випадкове ціле число в діапазоні $\left(1, \frac{N}{2}\right)$, $x_{k,j}$ – випадкове значення кількості самців/самок в популяції АЗ, а r_1 та r_2 – випадкові числа в діапазоні (0, 1). $A_{i,female}$ та $A_{i,male}$ – здатність самців і самок АЗ знаходити їжу, $F_{r,male}$ – придатність попередньо обраної випадкової АЗ-самця, $F_{r,female}$ – придатність попередньо обраної випадкової самки АЗ. $F_{i,male}$ та $F_{i,female}$ – i-тий показник самця та самки АЗ відповідно. Оператор напрямку (±) сканує всі можливі напрямки випадковим чином у заданому просторі пошуку.

Дія 7. Перевірка виконання умови. Якщо $FQ>T$ – перехід до режиму експлуатації. Якщо $FQ<T$ – повернення до режиму розвідки (дія 6).

Дія 8. Режим експлуатації.

Дія 8.1 Перевірка виконання умови.

Якщо $T>0{,}6$ (жарко), АЗ рухатимуться до їжі відповідно до рівняння (8).

$$x_{i,j}(t+1) = x_f \mp c_3 \times T \times r_3(x_f - x_{i,j}(t)), \quad (8)$$

де $x_{i,j}$ – розташування самців і самок АЗ, x_f – найкращі АЗ, c_3 – константою, що дорівнює 2, а r_3 – випадкове число у діапазоні (0, 1).

Дія 8.2 Перевірка виконання умови.

Якщо $FQ < T$ ($T < 0{,}6$) (холодно), АЗ борються або спаровуються.

Дія 8.3 Боротьба АЗ.

Бойові здібності самця АЗ F_{male} і самки АЗ F_{female} можна записати у рівняннях (9) і (10).

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) \pm c_4 \times F_{i,male} r_4 \times (x_{best,female} - x_{i,male}(t)),$$
$$F_{i,male} = \exp\left(\frac{-F_{best,f}}{F_i}\right), \quad (9)$$

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) \pm c_4 F_{i,female} r_5 (x_{best,male} - x_{i,female}(t+1)),$$
$$F_{i,female} = \exp\left(\frac{-F_{best,male}}{F_i}\right), \quad (10)$$

де $x_{i,j}$ – розташування самців і самок АЗ, $x_{best,\ female}$ та $x_{best,\ male}$ – позиції найкращих АЗ у жіночих і чоловічих групах відповідно, $F_{i,male}$ – боротьба АЗ у самців, а $F_{i,female}$ –боротьба АЗ у самок. Крім того, c_4 – коефіцієнт насичення їжею АЗ, а r_4 та r_4 – випадкові числа в діапазоні (0, 1).

Дія 8.4 Перевірка виконання умови. Якщо $c4 \leq c4_{\text{необ}}$ – перехід до дії 8.3, якщо $c4 \geq c4_{\text{необ}}$ – перехід до дії 8.5 – спарювання.

Дія 8.5 Спарювання АЗ. Під час спарювання самець і самка АЗ оновлюють свої позиції, відповідно до рівнянь (10) та (11).

$$x_{i,male}(t+1) = x_{i,m}(t) \pm c_5 \times M_{i,male} r_6 \times (FQ x_{i,female} - x_{i,male}(t)),$$
$$M_{i,male} = \exp\left(\frac{-f_{i,female}}{f_{i,male}}\right), \quad (11)$$

$$x_{i,female}(t+1) = x_{i,f}(t) \pm c_5 \times M_{i,female} r_7 (FQ\, x_{i,male} - x_{i,female}(t+1)),$$

$$M_{i,female} = \exp\left(\frac{-f_{i,male}}{f_{i,female}}\right), \quad (12)$$

де $x_{i,m}$ та $x_{i,f}$ – положення i-тих самця та самки АЗ, а $M_{i,\ male}$ та $M_{i,\ female}$ – здатності спарювання самця і самки АЗ, c_5 – коефіцієнт народжуваємості нового АЗ, а r_6 та r_7 – випадкові числа в діапазоні (0,1).

Дія 8.6 Перевірка виконання умови. Якщо $c5 \leq c5_{\text{необ}}$ – перехід до дії 8.5, якщо $c5 \geq c5_{\text{необ}}$ – перехід до дії 8.7 – заміна АЗ в популяції.

Дія 8.7 Заміна АЗ в популяції. В зазначеній дії відбувається заміна АЗ, які не задовольняють вимогам по народжуваємості АЗ, відповідно до виразів (13), (14).

$$x_{w,male} = Lb + r_8\left(Ub - Lb\right), \quad (13)$$

$$x_{w,female} = Lb + r_8\left(Ub - Lb\right), \quad (14)$$

де $x_{w,male}$ – найгірший самець АЗ, в той час $x_{w,female}$ – найгірший АЗ самка, r_8 – це випадкове число в діапазоні (0,1).

Дія 9. Перевірка критерію зупинки. Алгоритм завершується, якщо виконано максимальну кількість ітерацій. В іншому випадку поведінка генерації нових місць і перевірки умов повторюється.

Дія 10. Навчання баз знань АЗ.

В зазначеному дослідженні для навчання баз знань кожного АЗ використовується розроблений у дослідженні [2] метод навчання на основі штучних нейронних мереж, що еволюціонують. Метод використовується для зміни характеру пересування кожного АЗ, для більш точних результатів аналізу в подальшому.

Дія 11. Визначення кількості необхідних обчислювальних ресурсів, інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

З метою недопущення зациклювання обчислювань на діях 1−10 даного методу, та підвищення оперативності обчислювань додатково визначається завантаженість системи. При перевищенні визначеного порогу обчислювальної складності визначається кількість програмно-апаратних ресурсів які необхідно додатково залучити,.

Список літератури

1. Mohammed, B. A., Zhuk, O., Vozniak, R., Borysov, I., Petrozhalko, V., Davydov, I., Borysov, O., Yefymenko, O., Protas, N., & Kashkevich, S. Improvement of the solution search method based on the cuckoo algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023, Vol. 2, No. 4 (122), pp. 23–30. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277608.

2. Mamoori, G. A., Sova, O., Zhuk, O., Repilo, I., Melnyk, B., Sus, S., Bondarchuk, M., Kashkevich, S., Moroz, M., & Klyuchak, O. The development of solution search method using improved jumping frog algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023, Vol. 4, No. 3 (124), pp. 45–53. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285292.

3. Shyshatskyi, A., Romanov, O., Shknai, O., Babenko, V., Koshlan, O., Pluhina, T., Biletska, A., Stasiuk, T., & Kashkevich, S. Development of a solution search method using the improved emperor penguin algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023, Vol. 6, No. 4 (126), pp. 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.291008.

4. Tamer, K. A., Sova, O., Shaposhnikova, O., Yashchenok, V., Stanovska, I., Shostak, S., Rudenko, O., Petruk, S., Matsyi, O., & Kashkevich, S. Development of a solution search method using a combined bio-inspired algorithm. EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. 2024, Vol. 1,

No. 4 (127), pp. 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298205.

UDC 004.056.53

A.V. Ilienko, Ph.D., S.S. Ilyenko, Ph.D., L.P. Halata Ph.D.
(National Aviation University, Ukraine)

Implementing a certificate verification method using the blockchain approach

Material presents a blockchain-based method for verifying digital certificates, addressing the challenges of incorrect verification. By utilizing decentralized technology, the proposed solution enhances security and integrity in data protection. Smart contracts automate the verification process, ensuring transparency and efficiency of digital certificate management in networks.

Introduction

The daily exchange of information between users and web pages requires increased security measures, and HTTPS has become one of the main standards for building and organizing secure connections. Additionally, HSTS, Certificate pinning, and HTTP Public Key Pinning are popular methods that help prevent unnoticed certificate substitution by comparing them to a trusted template in the browser's secure storage. However, the problem of using digital certificates for authentication remains relevant, as not all websites use digital certificates, and if they do, their verification is not always correct or complete. The CVE-2019-13050 attack on SKS and GnuPG key servers in 2019 highlighted the issue of incorrect verification of digital certificates.To address this problem, the study proposes a certificate verification method using the blockchain approach, which involves multiple certificate checks. The blockchain approach is a unique technology that enables decentralized storage of information for all transaction data. It was first used in the financial sector to create cryptocurrencies like Bitcoin. Recently, blockchain technology has been expanding its applications by integrating mechanisms that allow decentralized transactions to take place. These mechanisms, known as "smart contracts," operate based on predefined rules, such as specific requirements for quality, price, and quantity, and enable automatic matching of potential buyers and sellers based on distributed ledgers. Blockchain technology allows for direct transactions between equal participants in a peer-to-peer network. Transactions on this network assume that any participant can conduct a transaction with any other participant without the need for a third-party intermediary. In a multi-layered transaction model, which typically involves centralized storage of transaction data, data management is usually centralized. In a traditional model based on blockchain technology, transactions are conducted directly between suppliers and consumers.

All transaction data is stored in a distributed chain of data blocks (B). The relevant information is stored in the same format on the computers of all participants.Transactions are primarily conducted based on "smart contracts," which are rules established individually (e.g., specific requirements for quality, price, quantity, etc.).The transaction model is generally automated and decentralized, requiring no involvement of intermediaries.

Working principle of the proposed solution for transferring digital certificates using blockchain. As mentioned in the first part of this work, digital certifi-

cates are one of the most widely used auxiliary tools for securing data in open networks. However, the main drawback of this technology is the absolute trust in the certificate issuers. In this work, I propose a new approach to organizing a Public Key Infrastructure (PKI), which will help eliminate existing issues and utilizes blockchain technology. The main components of blockchain include ledgers (registration books) that allow tracking of the owner of an asset at a specific point in time. A ledger is a sequential list of transaction groups with a timestamp, from a technical perspective. A centralized database (DB) is required for the registration of transactions. Management and changes are typically carried out in separate units that operate within their own needs and then integrate into the central system, passing the data. Each node stores and processes its portion of the DB and executes its own portion of the code. In the case of an error on one node, access to the central block is denied. Blockchain networks have different rules. Systems that operate on software based on this approach have these rules built in. Thus, how will a decentralized PKI infrastructure work in practice? Let's consider the description of the technology itself. Imagine a certain owner who possesses a large number of public keys, where each key represents a specific transaction stored in the registry. How can we understand that all these keys belong to this owner? To solve this problem, a zero transaction is created, which contains information about the owner and their assets (from which a commission is deducted for placing the transaction in the registry). The zero transaction acts as a kind of anchor to which subsequent transactions with data about public keys will be attached. Each such transaction contains a specialized data structure, or notification. A notification is a structured set of data that includes functional fields and contains information about the owner's public keys, the persistence of which is guaranteed by the placement in one of the associated registry entries. The next logical question is how the zero transaction is formed. The zero transaction, like subsequent transactions, consists of six data fields. The formation of the zero transaction involves the use of a key pair, which appears when the user registers their wallet, from which a commission is deducted for placing the zero transaction and - later - notifications in the registry. The digital signature of the public key is formed through consecutive applications of hash functions SHA256 and RIPEMD160. Here, RIPEMD160 is responsible for compact representation of data, whose size does not exceed 160 bits. This is important - as the registry is not a cheap database. The public key itself is entered into the fifth field. In the first field, data are stored that establish a link with the previous transaction. In the zero transaction, this field is empty, which distinguishes it from subsequent transactions. The second field contains data for checking the consistency of transactions. The contents of these fields are formed using iterative hashing, as demonstrated in the example of linking the second and third transactions. To implement the proposed approach, several key steps need to be taken: Establish a decentralized PKI infrastructure: This involves setting up a network of nodes that can verify and validate digital certificates using the blockchain approach. Implement smart contracts: These contracts will be responsible for ensuring the integrity and authenticity of the digital certificates by enforcing the predefined rules and conditions. Integrate the blockchain network with existing certificate verification systems: This will enable seamless integration with existing systems and allow for the verification of digital certificates using the blockchain approach. The proposed solution for digital certificate verification was implemented using the Ethereum blockchain platform. The digital certificates were issued by a trusted third-party authority and were signed with the authority's private key. The

public key of the authority was stored in the blockchain, enabling any node in the network to verify the authenticity of the digital certificate.The distributed ledger was implemented using the Ethereum blockchain, and the consensus algorithm used was Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT). The smart contracts were implemented using the Solidity programming language and were deployed on the Ethereum blockchain.The verification process was automated using the smart contracts. The smart contracts defined the rules and procedures for verifying the digital certificates, ensuring that the verification process is secure, transparent, and efficient. The practical implementation of the proposed solution was conducted using the Ethereum blockchain platform. The digital certificates were issued by a trusted third-party authority and were signed with the authority's private key. The public key of the authority was stored in the blockchain, enabling any node in the network to verify the authenticity of the digital certificate.The distributed ledger was implemented using the Ethereum blockchain, and the consensus algorithm used was Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT). The smart contracts were implemented using the Solidity programming language and were deployed on the Ethereum blockchain.The verification process was automated using the smart contracts. The smart contracts defined the rules and procedures for verifying the digital certificates, ensuring that the verification process is secure, transparent, and efficient.Conclusion: The proposed blockchain-based solution for digital certificate verification provides a decentralized, secure, and efficient method for verifying digital certificates. The use of blockchain technology ensures the integrity and security of the data, while the consensus algorithm ensures the consistency and reliability of the data. The smart contracts automate the verification process, ensuring that the verification process is secure, transparent, and efficient.The practical implementation of the proposed solution using the Ethereum blockchain platform demonstrates the feasibility and effectiveness of the proposed approach. The proposed solution has the potential to revolutionize the way digital certificates are verified, providing a more secure, efficient, and transparent method for digital certificate verification

Conclusions

The proposed approach to implementing a certificate verification method using the blockchain approach offers a secure and decentralized solution to the problem of incorrect verification of digital certificates. By leveraging the principles of blockchain technology, this approach ensures the integrity and authenticity of digital certificates, providing a more secure and reliable method for protecting data in open networks.

References

1. Panda, S. K., Jena, A. K., Swain, S. K., & Satapathy, S. C. (Eds.). (2021). Blockchain technology: applications and challenges.
2. Mougayar, W. (2016). The business blockchain: promise, practice, and application of the next Internet technology. John Wiley & Sons.
3. Fan, P., Liu, Y., Zhu, J., Fan, X., & Wen, L. (2019). Identity Management Security Authentication Based on Blockchain Technologies. Int. J. Netw. Secur., 21(6), 912-917.

UDC 378.147:004

O.W. Karupu, PhD, T.A. Oleshko, PhD, V.V. Pakhnenko, PhD
(National Aviation University, Ukraine)

On some topical problems of organization of mathematical training for English-speaking academic groups of FCST

We consider some questions of teacher's work on Faculty of Computer Science and Technology with Ukrainian and foreign students of FCST studying in English, organization and implementation of the educational process in different forms: offline, online and blended learning. We study peculiarities of planning and giving lectures, practical trainings and consultations in multinational academic groups Our aim is to form different students' skills significant for their future work in Information Technology.

Globalization processes acceleration has led to the intensification of teaching in English at universities all over the world, in particular in Ukraine. General problems of the development of this process in Ukraine were investigated by R. Bolitho & R. West in [1] and O. Kvasova, C. Westbrook & K. Westbrook in [2]. This area of education is relevant and promotes further improvement of professional skills of the university graduates.

Since English is one of the official languages of the International Civil Aviation Organization (ICAO), the opportunity to receive a professional education in English is very important for future aviation professionals. The program "Higher Education in Foreign Languages" began to work at National Aviation University since 1999. The authors joined the program shortly after it began. Research on teaching mathematics in English to Ukrainian and foreign students of NAU has been conducted by the authors as part of this program since 2006.

Some of general problems of teacher's work with English-speaking students of technical and IT specialties were considered by O. W. Karupu T. A. Oleshko & V. V. Pakhnenko [3, 4], T. I. Dovhodko [5], N. V. Ichanska & L. G. Nalyvaiko [6]. Some issues of teaching to discipline "Higher Mathematics" in English were considered by O. W. Karupu T. A. Oleshko & V. V. Pakhnenko [7–9], S. I Fedak, L. A. Romaniuk & S. A. Fedak [10], A. P. Rybalko & K. V. Stiepanova [11], N. V. Snizhko [12–14].

We present analysis of some results of our experience of teaching in English Ukrainian and foreign students studying on Faculty of Computer Science and Technology to mathematical disciplines offline, online and in mixed form.

Any specialist must have specific professional features and competencies. These characteristics of future specialists should preferably be formed in the process of studying both special and general scientific disciplines. It is especially important for future specialists of all profiles in the field of information technology not only to know the basic theoretical foundations of mathematics, but also to have the skills to apply them.

We study the specific questions that arise during the teaching of the discipline “Higher Mathematic” and other mathematical disciplines to students who are not native speakers and therefore studied mathematics in their native languages

in secondary school. We try to link the theoretical constructions to the corresponding problems as much as possible so that students see the use of mathematics. We discuss general issues of planning and conducting lectures and practical trainings for such students, namely, the need for stating out and clarification of mathematical terminology, teaching them to read formulas, appealing their attention to semantic inconsistencies of mathematical terms in different languages. In addition, we analyze the peculiarities of linguistic and organizational grounding of students from different countries, who study at NAU, and provide our recommendations for working with them.

On mathematical training English-speaking students teachers have to solve many problems of methodical, didactic and organizational nature related to the specifics of teaching mathematical disciplines in English. Problems related to the specifics of teaching mathematical disciplines to Ukrainian and foreign students in multinational groups were considered by the authors in [15–17]. Some of these problems arise as a result of different approach to teaching mathematics in secondary schools in Ukraine and countries native for our students. We study specifics of organization of educational process and application of problem-based learning in the process of formation of students' intellectual skills important for future work in field of IT. Methods of problem-based learning in the teaching process were considered by O. P. Tomaschuk, V. K. Repeta V. K. & O. L. Leshchynskyi in [18] and by authors in [15–17].

It is crucial for IT specialists to develop skills in organizing both self-control and mutual control over the accuracy of actions, understanding their importance, and being psychologically prepared to apply them in professional practice. The development of self-control skills in mathematics is traditionally fostered through solving problems using various methods. To further ensure the correctness of calculations, students can be encouraged to utilize Computer Algebra Systems (CAS). We find it valuable not only to discuss the unique features of each method but also to emphasize that applying these different methods enables students to independently verify the accuracy of their work. For instance, self-control in calculating determinants is typically developed by solving problems through multiple approaches. Moreover, the ability to recognize problem types is equally important when students are learning methods for determining the convergence of series.

The modeling of the professional activities of future IT specialists has been addressed by authors in [17, 19]. Teamwork skills within multinational teams can be effectively developed through practical training sessions [15-17].

For instance, a major challenge in teaching mathematical analysis is the insufficient proficiency of many foreign and Ukrainian students in differentiation and integration techniques. To help students master this topic, we implement a model of professional activity [15, 18] for future IT specialists. During practical training, we divide the academic group into smaller teams consisting of a performer, a controller, and an expert. Alternatively, the group can be split into two or three subgroups to work on similar tasks collaboratively. This approach not only strengthens mathematical skills but also fosters teamwork within multinational teams, encourages self-regulation, and builds psychological resilience to external supervision. Several aspects of modeling the professional activities of future IT specialists are further explored in [17] and [19].

The joint education of foreign and Ukrainian students offers them the

opportunity to communicate in English with peers who have received language training in different countries, while also enhancing their ability to collaborate in international teams. Alongside mathematical competencies and teamwork skills, students cultivate habits of self-discipline and resilience to external oversight. We find it beneficial to use a variety of supplementary materials, and tailoring these resources for students of different specializations proves to be effective. Notably, for students specializing in Computer Engineering, Software Engineering, and Cybersecurity, providing reference materials such as algorithm flowcharts is particularly helpful. It is also crucial to equip students with strategies for using Computer Algebra Systems (CAS) and online resources. Additionally, proper attention must be given to the nuances of mathematical terminology usage. At NAU distance learning is conducted in Google Workspace using Google Classroom and Google Meet. The work of student teams implemented with the help of Google Jamboard was generally quite effective (see [9] and [23, 24]). Different aspects of application of information technologies to mathematical education were considered by V. I. Trofymenko, I. P. Kudzinovska & V. V. Pakhnenko [20], I. P. Kudzinovska & V. K. Repeta [21], A. O. Pashko & H. Y. Holubov [22], O. W. Karupu, T. A. Oleshko,V. V. Pakhnenko & A. O. Pashko [23, 24].

In recent years teachers faced difficulties connected with introduction of distance and blended learning that has appeared very hard for students studying in English. Especially difficult is to organize effective practical classes for the first-year students. Many students had problems with the Internet and even with telephone communications, which increased the requirements for materials in Google Classroom and led to the need for additional consultations in Google Meet. At NAU distance learning is conducted in Google Workspace using Google Classroom and Google Meet. The work of student teams implemented with the help of Google Jamboard was generally quite effective (see [9] and [23, 24]).

The analysis of our approach to teaching mathematics in English to multinational academic groups in the FCST provides an opportunity to develop recommendations for teachers. In our view, instructing mathematical disciplines in English for both Ukrainian and international students in these diverse academic groups necessitates adjustments to conventional teaching methods.

For students who are non-native English speakers, it is crucial to consistently focus on mathematical terminology and notation. We provide students with guidance on using internet resources and Computer Algebra Systems. Connecting the material to real-world problems is essential for enhancing students' comprehension of the subject. The collaborative training of both foreign and Ukrainian future IT specialists fosters the development of teamwork skills in multinational environments.

References

1. Bolitho, R., West, R. The internationalisation of Ukrainian universities: the English language dimension. – 2017. Kyiv: Stal.

2. Kvasova, O., Westbrook, C., Westbrook, K. Provision of English-Medium Instruction: Trends and Issues. Ars Linguodidacticae. – 2020, № 5. – P. 11–21.

3. Карупу О. В., Олешко Т. А., Пахненко В. В. Про деякі особливості викладання математичних дисциплін англомовним студентам. Вісник

Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. 2011. – Вип. 83. – С. 76–79.

4. Карупу О. В., Олешко Т.А., Пахненко В.В. Деякі особливості викладання математичних дисциплін іноземним студентам. Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012, т. 2, №2 (56) . – С. 11–14.

5. Карупу О. В., Олешко Т. А., Пахненко В. В. Аналіз практики викладання вищої математики українським та іноземним студентам в Національному авіаційному університеті. Science and Education a New Dimension: Pedagogy and Psychology. 2013. – Vol. 5. – P. 88–92.

6. Довгодько Т. І. Адаптація іноземних студентів до освітнього середовища України. Педагогіка і психологія професійної освіти. – 2013, №2. – С. 114–120.

7. Ічанська Н. В., Наливайко Л. Г. Викладання математики іноземним студентам технічних спеціальностей. Витоки педагогічної майстерності. Серія: Пед. науки. – 2017. – Вип. 20. – С. 116–120.

8. Карупу О. В., Олешко Т. А., Пахненко В. В. Про викладання окремих розділів вищої математики студентам технічних спеціальностей в мультинаціональних академічних групах в Національному авіаційному університеті. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. 2021. – Vol. IX (97), Is.: 246. – P. 17– 20.

9. Карупу О. В., Олешко Т. А., Пахненко В. В. Деякі актуальні проблеми викладання вищої математики англійською мовою іноземним та українським студентам в Національному авіаційному університеті. Актуальні питання природничо-математичної освіти. – 2023. – Вип. 1(21). – С. 133–139.

10. Федак С. І., Романюк Л. А., Федак С. А. Викладання предмета “Вища математика” англійською мовою для іноземних студентів будівельних спеціальностей. – Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. Кропивницький. – 2017, Вип. 156. – С.106–111.

11. Рибалко А. П., Стєпанова К. В. Особливості викладання вищої математики англійською мовою студентам комп’ютерних спеціальностей. Професіоналізм педагога: теоретичні й методичні аспекти. – Слов’янськ, 2020. – Вип.12. – С. 33–44.

12. Сніжко, Н. В. Про проблеми викладання курсу вищої математики англійською мовою. Тиждень науки: щоріч. наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 16-20 квітня 2018).: тези доп., Запоріжжя: ЗНТУ. – С. 292–293.

13. Сніжко Н. В., Руднєва В. М. Про проблеми викладання вищої математики іноземною мовою. Interaction of society and science: problems and prospects. – 2021. – Т. 3. – С. 363.

14. Snizhko N. V. On the problems of teaching the Higher Mathematics in English. Proceedings of the 29-th Conference on Applied and Industrial Mathematics, Education CAIM 2022, (Chisinau, Moldova, August 25-27, 2022) . – P. 200–202.

15. Карупу О. В., Олешко Т. А., Пахненко В. В. Про особливості викладання математичних дисциплін студентам технічних спеціальностей в мультинаціональних академічних групах. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. – 2019. – Vol. VII (77), Is.: 188. – P. 21–24.

16. Карупу О. В., Олешко Т. А., Пахненко В. В. Про викладання окремих розділів вищої математики студентам технічних спеціальностей в мультинаціональних академічних групах в Національному авіаційному університеті. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. 2021. – Vol. IX (97), Is.: 246. – P. 17– 20.

17. Karupu O. V., Oleshko T. A., Pakhnenko V. V. On some aspects of modeling of professional activity of future aviation engineer in teaching of mathematical disciplines in multinational groups. Aviation in the XXI-st century: Proceedings of the Eighth World Congress (Kyiv, October 12 – 15, 2018). – Kyiv, 2018. – P. 4.3.15–4.3.19.

18. Томащук О. П., Репета В. К., Лещинський О. Л. Використання методів проблемного навчання в процесі викладання математичних дисциплін у вищих навчальних закладах. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені МП Драгоманова. Серія 3. Фізика і математика у вищій і середній школі. 2016. – 17. – С. 89–97.

19. Karupu O., Oleshko T., Pakhnenko V. Modeling Future Aviation and IT Specialists' Professional Skills Development on Mathematical Practical Training with Application of Information Technologies. 2021 IEEE 3rd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). – P. 215–220. https://doi.org/10.1109/ATIT54053.2021.9678904

20. Трофименко В., Кудзіновська І., Пахненко В. Активізація самостійної роботи студентів з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи. Т. VIII: діалог у розвитку науки та освіти: VIII Міжнародна науково-практична конференція, (Конін. – Ужгород – Київ – Херсон, 30 квітня 2020 р.). Посвіт. – 2020. – С. 193–195.

21. Кудзіновська І., Репета В. Дистанційне навчання математичних дисциплін: особливості, проблеми, рекомендації. Дистанційна освіта: інноваційні, нормативно-правові, педагогічні аспекти: зб. наук. пр. – Київ. – 2023. № 2. – С. 254–259. DOI: 10.18372/2786-5495.1.17330. [Електронний ресурс]. https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/DEU/article/view/17330.

22. Пашко А. О., Голубов Г. Є. Розробка та використання гейміфікованого навчального програмного забезпечення. Журнал обчислювальної та прикладної математики 2024. № 1. – P. 66–75. DOI: https://doi.org/10.17721/2706-9699.2024.1.06

23. Karupu O., Oleshko T., Pakhnenko V., Pashko A. Applying information technologies to mathematical education of IT specialists in English-speaking academic groups. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series: Physics & Mathematics. 2019. № 4. P. 70–75. DOI: https://doi.org/10.17721/1812-5409.2019/4.9

24. Karupu O., Oleshko T., Pakhnenko V., Pashko A. Application of Google Workspace in Mathematical Training of Future Specialists in the Field of Information Technology. In: Hu, Z., Dychka, I., He, M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education VI. ICCSEEA 2023. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2023. vol 181. Cham: Springer Nature Switzerland. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36118-0_80

UDC 629.735.45-519:004.8:519.7

I.A. Zhukov[1], B.I. Dolintse[2], S.V. Balakin[2]
[1] (National Aviation University, Ukraine)
[2](Institute of Management and Strategies, Ukraine)

Multi-Level Decision-Making Architecture for Reliable AI Drone Operations

A new approach to reliable and trustworthy artificial intelligence (AI) systems for unmanned aerial vehicle (UAV) swarms is proposed. The framework introduces a multi-level decision-making architecture that enhances autonomy, adaptability, and efficiency in complex environments. Key features include adaptive learning, self-healing mechanisms, and integration of explainable AI principles. Results of simulations demonstrate improved safety and efficiency drone applications.

Architecture of reliable AI for UAVs Swarm operations.

The architecture of reliable AI for drones is designed to enhance operational efficiency, safety, and adaptability in dynamic environments. Central to this architecture is the integration of a multi-layered operational system that incorporates various subsystems, each playing a critical role in ensuring reliability and performance. This allows for the early detection of potential failures and the implementation of preventive maintenance strategies, which are need for decrease operational costs [1].

The architecture also incorporates advanced artificial intelligence principles, enabling the processing of large data streams from multiple sensors, such as GPS, inertial measurement units (IMUs), and environmental sensors. This data fusion enhances situational awareness and improves navigation accuracy, which is vital for mission success. Additionally, the architecture features a hierarchical decision-making framework that combines reactive and deliberative planning.

The Multi-Level Decision-Making Architecture for UAV Swarms represents a novel approach to managing complex drone operations in dynamic environments. This architecture is designed as a hierarchical system, comprising multiple layers of decision-making processes that work in concert to ensure optimal swarm performance.

At the lowest level, individual drones are equipped with reactive decision-making capabilities, allowing for rapid responses to immediate environmental changes or threats. The middle layer focuses on tactical decision-making, coordinating the actions of small groups of drones to achieve specific sub-goals within the overall mission. At the highest level, strategic decision-making processes oversee the entire swarm operation, making high-level choices about resource allocation, mission priorities, and long-term planning.

This layered approach (fig.1) enables the swarm to simultaneously handle immediate challenges while maintaining overall mission coherence. Furthermore, the integration of self-healing components ensures operational continuity even in the face of individual drone failures or communication disruptions. By combining these elements, the Multi-Level Decision-Making Architecture provides a robust, flexible, and scalable framework for managing UAV swarms in complex and unpredictable scenarios.



Fig. 1. Multi-level decision-making architecture for AI Drone Operations.

Transparency and limitations of decision-making processes.

At the strategic level, the decision-making processes utilize interpretable models such as decision trees and rule-based systems. These models provide clear insights into how high-level decisions about resource allocation and mission priorities are made. For instance, the choice to reallocate drones from one sub-swarm to another can be traced through a series of logical rules, considering factors like mission urgency, resource availability, and overall swarm objectives.

The tactical level employs a combination of interpretable models and more complex algorithms. While some tactical decisions can be explained through straightforward heuristics, others may involve machine learning models that balance multiple objectives. In these cases, values are used to provide insights into the relative importance of different factors in the decision-making process [2].

At the reactive level, where split-second decisions are crucial, maintaining full explainability becomes challenging. Here, the focus shifts to ensuring reliability and predictability rather than complete transparency. However, these reactive behaviours are extensively tested and validated to ensure they align with expected outcomes.

To address these limitations, ongoing research focuses on developing more advanced explainable AI techniques specifically tailored for swarm intelligence applications [3].

Despite these measures, several limitations and challenges remain:

1) Complexity of swarm increases, the interplay between different decision-making levels can lead to emergent behaviours that are difficult to predict or explain.

2) The need for rapid decision-making, particularly at the reactive level, can sometimes conflict with the goal of full transparency.

3) In certain applications, especially those involving sensitive operations, the requirement for transparency must be balanced against security concerns.

4) The sheer volume of decisions made in a complex swarm operation can potentially lead to information overload for human operators in real-time.

To enhance overall transparency, the architecture implements a comprehensive logging system that records decisions made at all levels, along with the corresponding input data and decision outcomes. This allows for post-mission analysis and auditing, providing valuable insights for system improvement and validation. The integration of transparency measures and the acknowledgment of current limitations represent crucial steps towards creating a reliable and trustworthy framework for UAV swarm operations.

References

1. Al-Azzeh J., Mesleh A., Zaliskyi M., Odarchenko R., Kuzmin V. A Method of Accuracy Increment Using Segmented Regression. *Algorithms*. – 2022. – Vol. 15, No. 10. – P. 1–24.

2. Okoro O.C., Zaliskyi M., Dmytriiev S., Solomentsev O., Sribna O. Optimization of Maintenance Task Interval of Aircraft Systems. *IJCNIS*. – 2022. – Vol. 14, No. 2. – P. 77-89.

3. Wan K., Gao X., Hu Z., Wu G. Robust Motion Control for UAV in Dynamic Uncertain Environments Using Deep Reinforcement Learning. *Remote Sens.* – 2020. – Vol. 12, No. 4. – 640 p.

УДК 519.004.056.53

П.М. Павленко, д.т.н., проф., Є.І. Самборський
(Національний авіаційний університет, Україна)

Управління подіями безпеки в інформаційному середовищі комп'ютерних мереж критичних об'єктів на основі цифрових двійників

Розглянуто підхід щодо управління інформаційними подіями безпеки у комп'ютерних мережах критичних об'єктів на основі розроблених цифрових двійників. Запропоновано використовувати при створенні цифрових двійників теорію гіперкомплексних логіко-динамічних систем.

Створення і ефективне використання сучасних систем управління подіями інформаційної безпеки (СУПІБ) для надійного захисту конфіденційної керуючої інформації у комп'ютерних мережах (КМ) інфраструктури критичних об'єктів (ІКО) є нагальним і перспективним напрямом фундаментальних, пошукових і прикладних наукових досліджень. Для їх реалізації особливий акцент необхідно зробити на проблемних задачах управління СУПІБ інформаційними подіями безпеки за рахунок надійних механізмів моніторингу, моделювання, прогнозування та оптимізації спеціальної (відомчої) інформації в ІКО СУПІБ. Поряд з цим, на думку авторів, доцільно також розглянути можливі підходи щодо вирішення низки ключових та актуальних задач створення оптимальних структур, алгоритмічного і програмного забезпечення для реалізації стійкої синхронізації інформаційних потоків СУПІБ КМ ІКО.

Як свідчать проведені теоретичні дослідження специфіки і особливостей вказаних систем, найбільш значущими з цих задач є [1-3]:

-оцінка та аналіз подій інформаційної безпеки (на основі розгляду процесів у КМ ІКО, описаних адекватними моделями гіперкомплексних логіко-динамічних систем (ГКЛДС);

- створення структури алгоритму формування еталонного (базового) масиву подій безпеки КМ ІКО;

- формування та реалізація оптимальних законів управління процесом компенсації (реалізація функцій протидії негативним наслідкам у КМ ІКО деструктивних факторів впливу подій комп'ютерної безпеки.

Аналіз існуючих парадигм (теоретико-методологічних моделей) щодо призначення та специфічних функціональних особливостей СУПІБ КМ, які розроблені світовими компаніями і зараз починають інтенсивно і широко використовуватися, показує наступне. Жодна з наявних в експлуатації СУПІБ не можна і не доцільно розглядати придатною у повному обсязі для управління подіями безпеки і інформацією в КМ ІКО.

Особливо необхідно акцентувати увагу на тому, що у зв'язку з постійно зростаючою нагальною потребою і необхідністю і значущістю СУПІБ КМ ІКО, а також прогнозованим (передбачуваним) ефектом від використання систем управління такого типу в різних інфраструктурах, виникає нагальна необхідність формування чітких рішень щодо синхронізації інформаційних даних СУПІБ, для

модернізації існуючих і створення нових засобів захисту такого класу. При цьому передбачається врахувати головну вимогу до таких систем, а саме: можливість оптимально, надійно, стійко і ефективно функціонувати в багатофазних гетерогенних інфраструктурах, до яких відноситься і широкий клас сучасних, і особливо перспективних, інфраструктур критичного призначення.

Відомо, що існуючим СУІПБ КМ притаманна низка суттєвих (щодо організації управління) недоліків, які значно впливають на якість організації процесу забезпечення безпеки функціонування ІКО, а саме:

-функціональні обмеження, які накладаються самими конкретними ІКО;

-обмежену здатність щодо узгодженої інтерпретації інцидентів і подій безпеки на різних структурних ієрархічних рівнях СУІПБ КМ;

-обмежені можливості щодо забезпечення необхідної (заданої) функціональної стійкості (відказостійкості) і надійності при зборі даних про інциденти безпеки;

-низький обсяг «масштабування» подій безпеки КМ ІКО.

Враховуючи, що існуючі наразі традиційні методи та сучасні технології захисту безпеки КМ не в повному (бажаному) обсязі можуть відповідати жорстким вимогам щодо надійності та стабільності та прогнозованості, було всебічно розглянуто та проаналізовано методи виявлення та реагування на аномалії безпеки в «цифровому» інформаційному просторі. Отримані результати аналізу дали змогу зробити висновок, що найбільш оптимальним із існуючих наразі методів є такий, в основу якого закладена ідеї цифрових двійників.

Згідно із проведеними дослідженням Markets and Markets, ринок цифрових двійників, який оцінюють у 6,9 млрд. доларів США у 2022 році, за прогнозами, підійметься до значної суми – 73,5 млрд. доларів США до 2027 року. Стрімке зростання 60,6% за 5-річний період обумовлене значними економічними вигодами, підвищенням ефективності та новими функціональними можливостями для різноманітних застосувань [4].

Так, з точки зору управління, цифровий двійник допомагає зрозуміти не тільки те, як працює певна СУПІБ КМ ІКО, а й те, як вона працюватиме і в майбутньому. Це дозволяє своєчасно відреагувати на зміни та приймати оптимальне управлінське рішення в реальному масштабі часу. Цифровий двійник може бути цифровою копією стабільного процесу функціонування КМ ІКО, а може використовуватися для відтворення критичних подій безпеки, з метою організації ефективного управління цим складним, динамічним і гіперкомплексним процесом. У цьому випадку, цифрові двійники процесів, які обумовлюють критичні події безпеки, дозволять передбачати необхідність блокуючих дій і механізмів захисту з використанням СУПІБ КМ ІКО в реальному часі. Для покращення результатів пропонується застосувати методи машинного навчання, методи імітаційного моделювання, прогнозні моделі, модальне управління гіперкомплексними логіко-динамічними структурами, тощо.

Використання цифрових двійників в управлінні інформаційними подіями безпеки СУПІБ дозволить суттєво підсилити стратегічні рішення,

запобігти вартісним і ресурсним збоям, використовуючи сучасні аналітичні, прогностичні та моніторингові можливості.

На нашу думку, цифрові двійники – це комп'ютерні моделі фізичного і віртуального продукту чи процесу, або їхнього повного життєвого циклу, які синхронізовані в реальному часі за допомогою їх двостороннього зіставлення з реальними об’єктами, з метою прогнозування їх характеристик, усунення проблем та з забезпеченням необхідної якості управління [5].

Принцип їх функціонування полягає у постійній синхронізації і порівнянні, в реальному масштабі часу, інформаційних потоків КМ ІКО, з метою моніторингу, оцінки та локалізації інформаційних подій безпеки та забезпеченні надійного функціонування СУІПБ КМ.

КМ ІКО – складні, розосереджені, великі організаційні системи, які відносяться до класу гіперкомплексних логіко-динамічних систем (ГКЛДС) [6]. Для адекватного опису систем цього класу доцільно застосувати метод інваріантного моделювання (МІМ). Цей метод передбачає використанням основних законів системного рівня загальності, які розповсюджуються на об'єкти, процеси і явища у цих складних системах. Існуючий інструментарій моделювання дозволить будувати, аналізувати системні моделі складних об'єктів, прогнозувати їх поведінку і давати адекватне представлення цих моделей, яке прийнятне для реалізація управління такими структурами. Рівнями реалізації формального апарату ГКЛДС є: вербальні, символьні, алгоритмічні та комп'ютерно-реалізовані «мови», сукупність яких становить аксіоматичну основу «мови системи» в рамках МІМ.

Базуючись на фундаментальній теорії ГКЛДС, математичну модель *(S)* представимо у вигляді інтегральної сукупності системних інваріантів, які описують структуру і процеси в таких системах:

$$S = S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup S_4 \cup S_5 \cup S_6. \quad (1)$$

S-позначення інтегральної сукупності інваріантів ГКЛДС;

S_1-опис гіперскладності системи, яка пов’язана з наявністю сукупності різнорідних елементів у ній із урахуванням властивостей;

S_2-опис динамічності, яка характеризує здатність елементів ГКЛДС до взаємодії, а також реалізація у повному обсязі міжсистемної взаємодії між ними;

S_3-опис структурності, яка характеризує послідовність, механізм і особливості реалізації взаємозв'язків між елементами системи;

S_4–опис цілісності, яка характеризує загальну властивість сукупності структурованих елементів системи в цілому, а не кожного з її окремих складових;

S_5-опис ієрархії, пов’язаної із наявністю різноманіття внутрішньосистемних рівнів, а також їх специфічних властивостей і закономірностей, які проявляються при функціонуванні ГКЛДС;

S_6- опис реалізуємості управління інформаційними процесами ГКЛДС за рахунок «гнучкої» інтеграції СУІПБ в її функціональну структуру.

Особливо відмітимо, що враховуючи специфіку термінології, яка використовується при описі ГКЛДС і особливостей прогнозування станів цієї системи, знак *U*-об'єднання множин розглядаємо в цій моделі як «інтегральну сукупність інваріантів».

Результати проведених досліджень свідчать про те, що існування ГКЛДС і управління інформаційними процесами в ній, можливе лише у разі забезпечення її структурної цілісності усіх наведених інваріантних рівнів - складових її функціональних субсистем.

Використовуючи математичну модель (1) ГКЛДС, реалізовано прогнозне моделювання цифрового двійника. Суть його полягає в тому, що модель синтезує її прогнозовані можливі стани, або, на багатовимірних прогнозах, сценарії подій. Завдяки використанню теорії ГКЛДС, втілена концепція цифрового двійника, керованого еталонною моделью СУІПБ. Організація управління, з використанням даних і симуляторів та розробленого програмного засобу, забезпечує виконання моніторингу, симуляції, прогнозування та оптимізацію процесу управління інформацією і подіями безпеки в цих структурах.

Таким чином, можливо зробити висновок, що застосування цифрового двійника суттєво підвищить ефективність і безпеку функціонування КМ ІКО.

Список літератури

1. Jiaxing G. , Dongliang Z. , Chunxiang G., Xi C. , Xieli Z. Mengcheng J., An enhanced state-aware model learning approach for security analysis in lightweight protocol implementations, Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications, 2024, 13:28, P.2 – 17.
2. Tao F., Xiao B., Qi Q., Cheng J., Ji P., Digital twin modeling. J Manuf Syst 2022, 64:372–389.
3. VanDerHorn E., Mahadevan S., Digital twin: Generalization, characterization and implementation. Decis Support Syst, 2021, 145:113524.
4. Markets and Markets. Digital Twin Market. Available online: https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html
5. Павленко П.М., Цифрові двійники та адитивні технології у металообробних галузях. XIV міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів і систем», 23 - 24 травня 2024 р. м. Чернігів, С.139-142.
6. Sholokhov S.M., Pavlenko P.M., Nikolaienko B.A., Samborsky I.I., Samborsky E.I., (2023/2024), The method of optimizing the distribution of radio suppression means and destructive software influence on computer networks. Radio Electronics, Computer Science, Control. 2023/2024. № 4 (67). P. 16-29.

UDC 004.02

A. M. Voronin, A. S. Savchenko, P. I. Melnychenko
(National Aviation University, Ukraine)

Multi-criteria assessment of aircraft control quality

The proposed is a multi-criteria evaluation of aircraft control quality. The evaluation function includes a scalar convolution of criteria reflecting the decision maker's utility function. A nonlinear compromise scheme and a method for normalizing criteria are presented for both quantitative and qualitative assessment of performance quality.

To assess the quality of functioning of complex objects, the evaluation function $Y[y(x)]$ is used, where $y(x) = \{y_k(x)\}_{k=1}^{s}$ is the vector of quality criteria;$x = \{x_i\}_{i=1}^{n}$ is the vector of independent variables. In the analysis problem, the evaluation function quantitatively expresses the quality measure of a multi-criteria object for given values of arguments *x*. This is a scalar convolution of criteria, reflecting the utility function of the decision maker (DM).

In [1], a scalar convolution constructed using a nonlinear compromise scheme is proposed:

$$Y(\alpha, y) = \sum_{k=1}^{s} \alpha_k [A_k - y_k(x)]^{-1};\ \alpha \in \Gamma_\alpha, \qquad (1)$$

where A_k are the constraints on the criteria; $\alpha_k = const$ are the formal parameters defined on the simplex and having a dual physical meaning. On the one hand, these are the weight coefficients expressing the decision maker's preferences for individual criteria. On the other hand, these are the coefficients of the meaningful regression model of the decision maker's utility function, constructed using the concept of a nonlinear compromise scheme.

If the vector of criteria $y(x)$ is normalized by the vector of constraints A,
$y_0(x) = \{y_k(x)/A_k\}_{k=1}^{s} = y_{0k}(x)_{k=1}^{s}$,
then scalar convolution $Y[y_0(x)]$ is applied.

Unlike optimization problems, multi-criteria evaluation belongs to the class of *analysis* problems. Here, convolution (1) is not a target function, but an evaluation function, and its value quantitatively expresses the quality measure of a multi-criteria object for given values of arguments x.

In multi-criteria evaluation of alternatives, it is often necessary to obtain not only an analytical but also a *qualitative* assessment. To do this, the scalar convolution expression $Y(\alpha, y_0)$ should be normalized and the resulting value Y_0 should be correlated with the gradations of the inverted normalized fundamental scale. The general concept of an ordinal fundamental scale is described in [2]. The interval normalized inverted scale is presented in Table 1. It shows the relationship between the qualitative gradations of the properties of objects and the corresponding quantitative assessments y_0 and Y_0.

Table 1

The interval normalized inverted scale

Quality category	**Intervals of the inverted normalized fundamental rating scale y_0 and Y_0**
Unacceptable	1,0 – 0,7

Low	0,7 – 0,5
Satisfactory	0,5 – 0,4
Good	0,4 – 0,2
High	0,2 – 0,0

The design of the nonlinear compromise scheme allows us to normalize the scalar convolution not to the maximum (usually unknown), but to the *minimum* value. Putting in the expression for the nonlinear scalar convolution (1) the ideal (zero) values of the minimized criteria $y_{0k}(x) = 0$ and taking into account the normalization on the simplex of the weight coefficients $\sum_{k=1}^{s} \alpha_k = 1$, we obtain $Y_{0min} = 1$. The formula for the normalized minimized scalar convolution has the form

$$Y_0 = 1 - \frac{1}{Y(\alpha, y_0)} \qquad (2)$$

A qualitative (linguistic) assessment of an alternative is obtained by comparing the analytical assessment of Y_0 with the inverted normalized fundamental scale. Assessment of options on a single normalized fundamental scale makes it possible to solve multi-criteria problems of both traditional formulations and in the case when it is necessary to select an alternative from a set of heterogeneous alternatives for which it is impossible to formulate a single set of quantitative assessment criteria, as well as for assessing a single (unique) alternative.

We will demonstrate the capabilities of a nonlinear compromise scheme in a multi-criteria analysis problem, namely in the problem of assessing the quality of the glide descent process according to several criteria during *aircraft landing.*

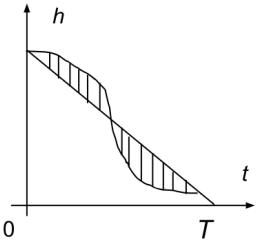


Fig. 1. The change in the altitude h of the aircraft during the glide slope in the coordinates (*h,t*)

Fig. 1 schematically shows the change in the altitude h of the aircraft during the glide slope in the coordinates (h, t). It is assumed that at the moment of time $t=T$ the altitude h is zero. The change in the position of the aircraft b relative to the runway centerline in the lateral plane during the glide slope can be similarly shown.

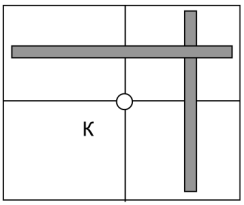


Fig. 2. Diagram of the director control indicator for flight control during landing

When the aircraft descends along the glide path, the pilot controls the aircraft using the director instrument, schematically shown in Fig. 2. The position of the bars shown in the figure means that the aircraft is above the glide path and to the right of the runway centerline. Control consists of aligning the crosshairs of the bars with the central point of the instrument K.

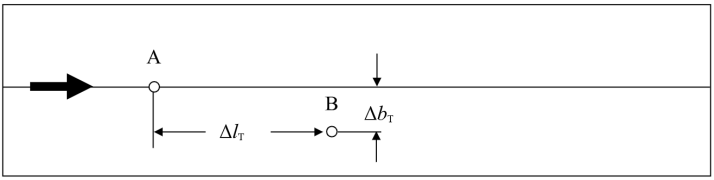


Fig. 3. Diagram of the aircraft's touchdown point on the runway and deviation from the calculated trajectory

Fig. 3. shows that at time $t = T$ the aircraft touched the runway at point B, located at a distance Δl_T from the calculated point A and at a distance Δb_T from the runway centerline.

To assess the quality of the aircraft landing, we will use three terminal (t=T) quality criteria ($y_1 - y_3$):

$y_1 = |\Delta l_T| < A_1$ – deviation modulus from the calculated point of contact in the longitudinal plane;

$y_2 = |\Delta b_T| < A_2$ – deviation modulus of the point of contact from the longitudinal axis of the runway in the lateral plane;

$y_3 = V_h^{(T)} < A_3$ – vertical speed at the terminal point,

and two integral criteria ($y_4 - y_5$):

$y_4 = \frac{1}{T}\int_0^T |\Delta h| dt < A_4$ – average deviation from the glide path in the vertical plane;

$y_5 = \frac{1}{T}\int_0^T |\Delta b| dt < A_5$ – average deviation from the glide path in the horizontal plane.

In addition, the quality of the aircraft landing process can be characterized by the following criteria: y_6 – deviation from the estimated landing speed at the terminal point; y_7 – course angle at the terminal point; y_8 – bank angle at the terminal point; y_9 – deviation from the estimated pitch angle at the terminal point; y_{10} – average

rudder consumption on the glide path (integral criterion), etc. We will assume that the last criteria are satisfied for all aircraft landings and are not included here.

To calculate the integral criteria, we will use the method of approximate integration, which is illustrated by the example of criterion y_4. The time interval of descent along the glide path $[0,T]$ is divided into N subintervals Δt, during each of which the value $|\Delta h|_i, i \in [1,N]$ is measured and assumed to be constant. Then in the formula for the integral criterion, we can move from the integral to summation

$y_4 = \frac{1}{T}\int_0^T |\Delta h| dt \approx \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{N} |\Delta h_i| \Delta t_1$

If all subintervals are the same, i.e. $\forall i \Delta t_i = \Delta t$, then $T = N\Delta t$ and

$y_4 \approx \frac{\Delta t}{N\Delta t}\sum_{i=1}^{N} |\Delta h_i| = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} |\Delta h_i|$.

The criterion y_5 is calculated in a similar way.

As an evaluation function we use the scalar convolution of criteria (1). The weight coefficients α can be determined in the interactive procedure described in [3]. Let the following values of the weight coefficients be obtained:

$\alpha_1 = 0{,}25;\ \alpha_2 = 0{,}22;\ \alpha_3 = 0{,}28;\ \alpha_4 = 0{,}16;\ \alpha_5 = 0{,}09.$

The following values of the criteria restrictions are specified (recall that this is a model example):

$A_1 = 15m;\ A_2 = 10m;\ A_3 = 1m/sec;\ A_4 = 30m;\ A_1 = 20m.$

Next, using the nonlinear compromise scheme method, we will evaluate the quality of two aircraft landings with different numerical values of partial criteria.

Landing 1: Let $y_1 = 6m;\ y_2 = 3m;\ y_3 = \frac{0{,}2m}{sec};\ y_4 = 10{,}5m; y_5 = 7{,}25m.$

Normalization according to the formula $y_{0k} = \frac{y_k}{A_k}, k \in [1,s]$ gives the values of relative partial criteria:

$y_{01} = 0{,}4;\ y_{02} = 0{,}3;\ y_{03} = 0{,}2;\ y_{04} = 0{,}35;\ y_{05} = 0{,}36;$

Let's calculate the scalar convolution of criteria using a nonlinear compromise scheme

$$Y = 0{,}25\frac{1}{1-0{,}4} + 0{,}22\frac{1}{1-0{,}3} + 0{,}28\frac{1}{1-0{,}2} + 0{,}16\frac{1}{1-0{,}35} + 0{,}09\frac{1}{1-0{,}36} = 1{,}47$$

Taking into account the normalization according to formula (2), we have

$$Y_0 = 1 - \frac{1}{1{,}47} = 0{,}32$$

Comparison of this value with the qualitative gradations of the inverted normalized fundamental scale (Table 1) allows us to conclude that this fit can be assessed as *good.*

Landing 2: Let $y_1 = 3m;\ y_2 = 4m;\ y_3 = 0{,}6m;\ y_4 = 13{,}25m; y_5 = 10{,}5m.$ Relative partial criteria: $y_{01} = 0{,}2;\ y_{02} = 0{,}4;\ y_{03} = 0{,}6;\ y_{04} = 0{,}44;\ y_{05} = 0{,}52.$

The nonlinear compromise scheme gives

$$Y = 0{,}25\frac{1}{1-0{,}2} + 0{,}22\frac{1}{1-0{,}4} + 0{,}28\frac{1}{1-0{,}6} + 0{,}16\frac{1}{1-0{,}44} + 0{,}09\frac{1}{1-0{,}52} = 1{,}85$$

Normalization according to formula (4) gives

$$Y_0 = 1 - \frac{1}{1{,}85} = 0{,}46$$

According to the inverted normalized fundamental scale, landing 2 is assessed as *satisfactory*. This conclusion follows from the criterion y_3=0.6 m/sec (hard landing).

The described procedure of multi-criteria assessment is applicable, in particular, to the training and education of pilots and in similar cases in other subject areas.

References

1. Voronin A.N. Multi-criteria synthesis of dynamic systems. – K.: Nauk. dumka, 1992. – 160 p.
2. Saaty T.L. Multi-criteria Decision Making: The Analytical Hierarchy Process. – N.Y.: McGraw-Hill, 1990. – 380 p.
3. Voronin A.N., Ziatdinov Yu.K., Kozlov A.I. Vector optimization of dynamic systems. – K.: Tekhnika, 1999. – 284 p.

УДК 005.92:004.63(043.2)

О.О. Волобуєв, В.А. Дорогань
(Національний авіаційний університет, Україна)

Впровадження API для підтримки сумісності в системах електронного документообігу авіакомпаній

Запропоновано новий підхід до інтеграції застарілих систем електронного документообігу авіакомпаній із сучасними API через впровадження API-шлюзу. Представлено результати моделювання архітектури рішення та його компонентів.

В умовах стрімкого розвитку авіаційних технологій та зростаючих вимог до безпеки польотів, багато авіакомпаній та аеропортів стикаються з проблемою інтеграції застарілих систем електронного документообігу з сучасними рішеннями управління повітряним рухом та обслуговування повітряних суден. Системи, що використовують формат XML для зберігання та передачі даних про польоти, технічне обслуговування літаків та управління екіпажами, вже не відповідають вимогам сучасної авіації через обмежену сумісність з новими API, які працюють з форматами на кшталт JSON, та новими стандартами авіаційної безпеки і ефективності польотів. Це створює суттєві перешкоди для обміну інформацією між старими системами та новими платформами, що значно впливає на загальну ефективність.

Впровадження API у такі системи є критичним для забезпечення безперебійної роботи аеропортів, своєчасного технічного обслуговування літаків та ефективного планування польотів. Наприклад, інтеграція застарілих систем планування польотів з сучасними системами метеорологічного прогнозування може значно підвищити безпеку та ефективність авіаперевезень.

Проте відмова від старих систем не завжди можлива через їхню важливу роль у роботі авіакомпаній та великі обсяги накопичених даних. Тому ключовим викликом є розробка адаптивних рішень, що забезпечують взаємодію старих платформ із новими технологіями, одночасно зберігаючи їхню функціональність та підвищуючи продуктивність і безпеку.

Тож вирішенням проблеми несумісності старих систем електронного документообігу з сучасними API є впровадження проміжного адаптера та API-шлюзу. Технічні рішення включають процеси трансформації даних про польоти та технічне обслуговування, оптимізацію продуктивності систем управління повітряним рухом, забезпечення безпеки конфіденційної інформації про пасажирів та вантажі, масштабованість для обробки зростаючих обсягів авіаперевезень та моніторинг системи в режимі реального часу. Це дозволяє авіакомпаніям та аеропортам інтегрувати застарілі платформи керування польотами з новими інтерфейсами систем планування маршрутів та контролю безпеки без необхідності повної заміни критично важливих авіаційних інформаційних систем.

Архітектуру рішення для впровадження API на старих системах електронного документообігу можна представити схемою, де API-шлюз

виступає як посередник між застарілою XML-системою та сучасними API (див. рис. 1).

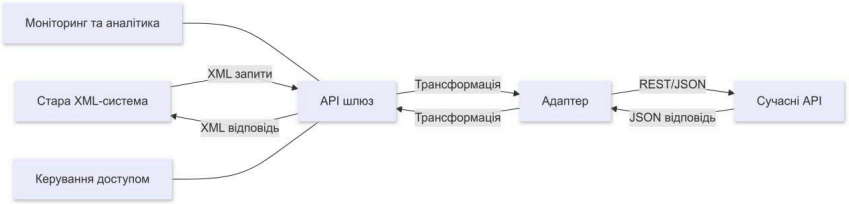


Рис. 1 Архітектура рішення API з шлюзом

Шлюз отримує XML-запити від старої системи, які після парсингу та валідації перетворюються в проміжний формат, наприклад, об'єкти в пам'яті. Потім ці дані трансформуються в JSON або інший формат, прийнятний для сучасних API. Аналогічно, відповіді в форматі JSON конвертуються назад у XML для передачі до застарілої системи, що забезпечує інтеграцію старих і нових технологій без втрати функціональності[2].

Оптимізація продуктивності в даному рішенні включає кілька важливих аспектів. Наприклад, реалізація кешування часто використовуваних перетворень для пришвидшення обробки. Асинхронна обробка запитів дозволяє збільшити пропускну здатність системи, а використання пулу з'єднань дає змогу ефективніше керувати ресурсами та підвищити швидкодію[3].

Впровадження OAuth 2.0 або JWT для автентифікації та авторизації є критичним для забезпечення безпеки чутливих даних про польоти та технічний стан повітряних суден. Шифрування даних при передачі гарантує конфіденційність інформації про пасажирів та вантажі.

Масштабованість рішення забезпечується завдяки використанню контейнеризації, наприклад Docker, що дозволяє легко розгортати систему на різних середовищах. Балансування навантаження дозволяє рівномірно розподіляти запити між кількома екземплярами, а автоматичне масштабування гарантує, що система може адаптуватися до збільшення кількості запитів.

Для моніторингу та діагностики варто реалізувати логування всіх етапів обробки запитів, що дозволить відстежувати стан системи в реальному часі. Обробку помилок і забезпечення відмовостійкості забезпечують механізми повторних спроб при нестабільному з'єднанні, а також чіткі повідомлення про помилки, що спрощують діагностику. Схеми відмовостійкості підтримують безперервну роботу системи навіть у разі збоїв, використовуючи fallback-сценарії. Версіонування API дозволяє підтримувати кілька версій одночасно, забезпечуючи плавний перехід від старіших версій до нових без ризику збоїв, а стратегії міграції полегшують впровадження нових функцій.

Підсумовуючи, інтеграція застарілих систем електронного документообігу з сучасними API є критичним завданням для авіаційної галузі, де безпека, ефективність та точність даних мають першорядне значення. Впровадження API-шлюзів та адаптерів дозволяє авіакомпаніям та аеропортам

модернізувати свої інформаційні системи без порушення критично важливих процесів, підвищуючи загальну ефективність та безпеку авіаперевезень.

Список літератури

1. Величкевич М. Б., Мітрофан Н. В., Кунанець Н. Е. Електронний документообіг, тенденції та перспективи //Вісник Національного університету «Львівська політехніка. – 2010. – №. 689. – С. 44-53.

2. Laurent S. S. et al. Programming Web Services with XML-RPC: Creating Web Application Gateways. – " O'Reilly Media, Inc.", 2001.

3. Перкінс Е., Костулас М., Хейфетс А., Матса М., Мендельсон Н. Аналіз продуктивності XML API // XML. – 2005. – Листопад.

4. Електронний документообіг. URL: https://portfel.ua/shho-take-elektronnij-dokumentoobig/ (Last accessed: 09.09.2024).

УДК 004.8(043.2)

О.В. Дубчак, Н.К. Гулак, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Застосування AI в завданнях кібербезпеки

Анотація У роботі визначено вплив AI на сучасний стан кібербезпеки; розглянуто використання AI в інструментах кібербезпеки, зокрема таких, як системи виявлення та запобігання вторгненням, що забезпечують комплексний захист мереж від атак; проведено порівняльний аналіз систем IDS і IPS; визначено доцільність їхнього використання, спільні характеристики, переваги та недоліки

Відповідно до прогнозів WEF (The World Economic Forum, Всесвітній Економічний Форум) на найближчі кілька років і десятирічну перспективу, кіберзагрози та кіберінциденти посідатимуть восьме місце серед десяти найсерйозніших глобальних ризиків, таких як зміни клімату чи вимушені міграції. [1]

Зі збільшенням складності кіберзагроз, зокрема, завдяки використанню зловмисниками технологій AI (Artificial intelligence, штучний інтелект), для підтримки високого рівня захисту комунікаційних мереж вирішальне значення має створення ефективних рішень щодо протидії порушенням функціонування мереж і пом'якшення наслідків можливих атак.

Кібербезпека, яка містить у собі протоколи, технології, прилади, інструменти та методи для запобігання загрозам і захисту інформації, що циркулює мережами, є невід'ємною частиною комунікаційних мереж.

Відповіддю сфери кібербезпеки на виклики сучасних кіберзагроз стає впровадження алгоритмів AI щодо проведення: оцінювання ризиків; моніторингу підозрілої мережевої активності; миттєвого реагування на атаки; пошуку вразливостей тощо. Для проведення аналітичних дій з величезними наборами даних (Big Data, великі дані), виявлення певних поведінкових закономірностей або аномалій використовуються алгоритми машинного навчання та системи підтримки прийняття рішень. [2]

Для фахівців із кібербезпеки нагальною потребою стає інвестування в процес упровадження систем AI до механізмів випередження кібератак, у методи проведення яких зловмисники інтегрують алгоритми AI. За даними Spherical Insight & Consulting обсяги світового ринку AI в сфері кібербезпеки до 2032 року мають досягти 90,81 млрд доларів США за сукупного річного темпу зростання у 20,3%. [3]

Проблеми кібербезпеки, з якими щоденно стикаються мережеві адміністратори, не можуть бути успішно вирішені жодним додатком. Незважаючи на те, що захист мережевих пристроїв, контроль доступу та функції міжмережевого екрана є частиною правильно налаштованого убезпечення мережі, це не може гарантувати повноцінного захисту мереж від зловмисницьких впливів, що швидко розповсюджуються та постійно удосконалюються. Мережа має бути здатною миттєво розпізнавати кіберзагрози та зменшувати їхні наслідки.

Ускладненим є і завдання щодо стримування можливого вторгнення у декількох точках мережі, оскільки запобігання вторгненням необхідно у всій мережі для виявлення та зупинення атаки саме в кожній точці входу та виходу.

Задля підвищення ефективності інструментів кібербезпеки в деякі з них інтегруються системи AI, зокрема: міжмережеві екрани; рішення щодо убезпечення кінцевих точок; засоби захисту пристроїв Інтернету речей; системи виявлення та запобігання мережевим вторгненням тощо. [4]

Одним із економічно ефективних варіантів захисту від стрімких атак, що постійно удосконалюються та ускладнюються, є IDS (Intrusion Detection Systems, системи виявлення вторгнень) або більш масштабовані IPS (Intrusion Prevention Systems, системи запобігання вторгненням), в підґрунтя функціонування яких закладено системи AI.

IDS впроваджуються для пасивного моніторингу мережевого трафіку: копіює потік та аналізує відстежуваний трафік, а не фактичні перенаправлені пакети. Працюючи в автономному режимі, система порівнює захоплений потік з відомими шкідливими сигнатурами, аналогічно до програмного забезпечення, яке перевіряє наявність вірусів.

Перевага роботи з копією трафіку: IDS не спричиняє негативного впливу на фактичний потік пакетів трафіку, що пересилається; не впливає на продуктивність мережі, що, в свою чергу, не призводить до затримки або інших проблем трафіку. Крім того, якщо датчик виходить з ладу, це не впливає на функціональність мережі, а лише - на здатність IDS аналізувати дані.

Недолік: IDS не може зупинити шкідливі поодинокі пакети від досягнення пункту призначення, перш ніж надійде відповідь на атаку, для чого IDS часто вимагає допомоги від інших мережевих пристроїв, таких як маршрутизатори та міжмережеві екрани. [5]

Більш оптимальним варіантом убезпечення мережі є реалізація рішення IPS, що виявляє та, за необхідності, негайно усуває мережеву проблему.

Власне, технологія IPS заснована на технології IDS. Але, на відміну від IDS, система IPS реалізована в убудованому режимі, тобто весь вхідний та вихідний трафік проходить через неї для опрацювання. Лише проведення попереднього аналізу системою IPS дозволить пакетам входити в довірену частину мережі. Отже, мережева проблема може бути виявленою та негайно вирішеною.

Перевага роботи в убудованому режимі: IPS може зупинити атаки окремих пакетів до цільової системи. Недолік: неналежним чином налаштована система IPS або недоречне рішення IPS можуть негативно вплинути на потік пакетів трафіку, що пересилається. Крім того, помилки, збої та переповнення датчика IPS надто великим трафіком можуть негативно вплинути на продуктивність мережі. Системі IPS належить мати відповідні розміри та бути реалізованою таким чином, щоб чутливі до часу застосунки, такі як VoIP (Voice over IP, IP-телефонія), не зазнавали негативного впливу.

Системи IDS та IPS мають кілька спільних характеристик, а саме: використовуються як датчики; використовують сигнатури для виявлення випадків небажаного мережевого трафіку, завдяки яким можуть бути виявлені серйозні порушення безпеки, загальні мережеві атаки та збирання інформації;

можуть виявляти атомарні шаблони сигнатур (single-packet, один пакет) або складені шаблони сигнатур (multi-packet, кілька пакетів).

Найсуттєвіша відмінність між IDS та IPS полягає в тому, що IPS відповідає негайно і не пропускає будь-який шкідливий трафік, тоді як IDS може пропускати небажаний трафік до надання належної відповіді. [5]

Слід зазначити, що використання однієї з розглянутих технологій не скасовує використання іншої. Фактично, технології IDS і IPS можуть доповнювати одна одну, коли, наприклад, IDS реалізований для перевірки роботи IPS, оскільки IDS можна налаштувати для більш глибокої перевірки пакетів в автономному режимі, що надає можливість IPS зосередитись на меншій кількості, але більш важливих шаблонів трафіку.

Беззаперечною перевагою IDS і IPS є те, що архітектура мережі інтегрує ці рішення саме в точки входу та виходу мережі.

Висновок

Ураховуючи темпи зростання кількості кіберзагроз із використанням AI, інтеграція систем AI у сферу кібербезпеки стає стратегічним завданням. Підвищуючи можливості виявлення та попередження кіберзагроз, а також зменшуючи час реагування на них, системи AI сприяють перетворенню кібербезпеки в потужний механізм захисту критично важливих активів і об'єктів. Прискіплива увага до вирішення проблем кібербезпеки та захисту інформації забезпечує, крім іншого, і безперервність бізнесу та зводить до мінімуму ефект вторгнень, що можуть призвести до дороговартісних наслідків.

Технології AI, впроваджені в інструменти відстеження мережевого трафіку, такі як IDS і IPS, дозволяють прискорити опрацювання даних з метою виявлення та блокування кібератак.

Список літератури

1. The Global Risks Report 2023 [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf
2. Гулак Н.К. Алгоритм організації функціонування розподіленої СППР в умовах великого навантаження/Н.К. Гулак, О.В. Дубчак // Scientific Periodical Journal "SWorldJournal" (ISSN 2663-5712, DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00) / SWorld & D.A. Tsenov Academy of Economics, Svishtov, Bulgaria, - 2024. – Issue 24 (Part 1, March 2024). – P.111 – 119.
3. Global AI in Cybersecurity [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://finance.yahoo.com/news/global-artificial-intelligence-cybersecurity-market-130000866.html
4. What is AI for Cyber Security? [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.microsoft.com/uk-ua/security/business/security-101/what-is-ai-for-cybersecurity#heading-ocafd6
5. Network Security. Cisco Networking Academy [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.netacad.com/

УДК 629.7:004.8:519.6

Д.О. Орлов
(Національний авіаційний університет, Україна)

Використання штучного інтелекту та великих даних для оптимізації маршрутів польотів і зниження викидів CO_2 у цивільній авіації

У доповіді розглядається використання штучного інтелекту та аналізу великих даних для оптимізації маршрутів польотів у цивільній авіації. Акцент зроблено на зниженні витрат палива та скороченні викидів CO_2 через ефективніше прогнозування погодних умов, повітряних потоків та завантаженості повітряного простору.

Глобальні зміни клімату та посилення вимог до екологічних стандартів ставлять авіаційну галузь перед необхідністю шукати інноваційні рішення для скорочення шкідливих викидів. Авіація відіграє важливу роль у світовій економіці, забезпечуючи швидкі перевезення пасажирів та вантажів. Проте розвиток галузі супроводжується негативним впливом на довкілля, особливо через викиди парникових газів, зокрема CO_2. У цьому контексті оптимізація маршрутів польотів з використанням сучасних технологій, таких як штучний інтелект (ШІ) і аналіз великих даних (Big Data), є важливим напрямком для досягнення більш сталого розвитку авіації.

Для реалізації вирішення наявних проблем чудово підходить алгоритм A* (A-star), що є потужним інструментом для пошуку найкоротшого шляху в графах і широко застосовується для вирішення задач оптимізації маршрутів. Він поєднує переваги алгоритму Дейкстри, що забезпечує точність у знаходженні найкоротшого шляху, з евристичними функціями, які дозволяють зменшити час пошуку, ефективно фокусуючи зусилля на найбільш перспективних шляхах.

У алгоритмі A* ключовими компонентами є функція вартості g(n), яка відображає вартість шляху від початкової точки до вузла (n), евристична функція h(n), що оцінює вартість шляху від вузла (n) до кінцевої точки, і функція загальної вартості f(n), яка є сумою g(n) і h(n). Використання функції f(n) дозволяє алгоритму A* вибирати вузли для розширення і таким чином швидше знаходити оптимальний шлях.

При реалізації оптимізації маршрутів польотів алгоритм A* дозволяє знаходити найбільш ефективні маршрути між аеропортами, враховуючи різні фактори, такі як погодні умови, повітряний трафік і технічні характеристики літака. Процес починається з моделювання графу, де вузли представляють точки на карті (аеропорти, ключові точки маршруту), а з'єднання відображають можливі маршрути між цими вузлами. Для кожного з'єднання визначаються відстань і вартість, що може включати час польоту і витрати пального.

Евристична функція h(n) в даному випадку оцінює відстань між поточним вузлом і кінцевою точкою, часто за допомогою географічної відстані. Формула Хаверсина для обчислення цієї відстані виглядає наступним чином:

$$a = \sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos(\varphi 1) \times \cos(\varphi 2) \times \sin^2(\Delta\lambda/2)$$

$$c = 2 \times \operatorname{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)})$$

$d = R \times c$

де:

- ($\Delta\varphi$) — різниця широти (в радіанах),
- ($\Delta\lambda$) — різниця довготи (в радіанах),
- ($\varphi 1$) і ($\varphi 2$) — широта початкової та кінцевої точок (в радіанах),
- (R) — радіус Землі (приблизно 6371 км),
- (d) — відстань між двома точками.

Реалізація алгоритму A* починається з ініціалізації списків відкритих і закритих вузлів. Відкритий список містить початковий вузол, тоді як закритий список відслідковує вже перевірені вузли. Для кожного вузла зберігаються значення g(n) (вартість шляху до вузла), h(n) (евристична оцінка) і f(n) (сумарна вартість). Процес розширення вузлів передбачає вибір вузла з найменшим f(n) з відкритого списку, перевірку всіх сусідніх вузлів і обчислення їх вартостей. Якщо новий шлях до сусіднього вузла має меншу вартість, оновлюються його значення. Вузол переміщується з відкритого списку до закритого після перевірки.

Процес триває до тих пір, поки не буде знайдено кінцевий вузол або відкритий список не стане порожнім. Після знаходження кінцевого вузла оптимальний маршрут відновлюється через збережені попередники.

В оптимізації витрат пального особливу роль відіграє моделювання витрат на основі висоти і швидкості. Спеціалізовані моделі допомагають розрахувати витрати пального на різних висотах і швидкостях. Формула для розрахунку витрат пального виглядає так:

Fuel Consumption = Distance × (Fuel Flow Rate / Aircraft Efficiency)

де:

- Distance — відстань між вузлами,
- Fuel Flow Rate — витрати пального на одиницю часу або відстані,
- Aircraft Efficiency — ефективність використання пального літаком.

Адаптація маршруту для зменшення витрат включає аналіз погодних умов, прогнозування їх впливу на витрати пального та корекцію маршруту для використання сприятливих умов. Оптимізація профілю польоту також важлива; вибір оптимальної висоти і швидкості для зменшення витрат пального дозволяє досягти ефективних результатів.

Для реалізації в системах управління польотами алгоритм A* інтегрується з даними про витрати пального, погодні умови і параметри літака. Постійний моніторинг і корекція маршруту в реальному часі дозволяють зменшити витрати пального і підвищити ефективність польотів.

Окрім економічних переваг, оптимізація маршрутів польотів має вагомий екологічний аспект. Авіація є одним із основних джерел викидів вуглекислого газу, що сприяє глобальному потеплінню. За оцінками Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO), на авіацію припадає близько 2% від загальних викидів CO_2 на планеті. Це виглядає незначною цифрою в глобальному масштабі, але зі зростанням кількості рейсів ця частка постійно збільшується.

Оптимізація маршрутів за допомогою ШІ дозволяє скоротити споживання палива на 5-10%, що безпосередньо зменшує кількість викидів CO_2. Крім того, ШІ може допомогти виявити найбільш екологічні стратегії управління повітряним рухом, що ще більше знижує екологічне навантаження на атмосферу.

Висновки.

Реалізація алгоритму A* для оптимізації маршрутів польотів підтвердила свою ефективність у підвищенні точності та швидкості планування авіаційних маршрутів. Використання цього алгоритму дозволяє значно зменшити витрати пального та час польоту, що є критично важливим для зниження операційних витрат авіакомпаній та підвищення загальної ефективності авіаційних операцій.

Швидкість виконання алгоритму A* також є значною перевагою. Завдяки своїй здатності ігнорувати непродуктивні гілки графа і зосереджувати обчислювальні ресурси на перспективних шляхах, алгоритм забезпечує швидкий пошук найкращого маршруту. Це дозволяє авіаційним компаніям отримувати оптимальні рішення за коротший час, що важливо для оперативного планування польотів.

Таким чином, використання алгоритму A* в системах управління польотами представляє значний крок вперед у сфері авіаційного планування. Це дозволяє зменшити витрати, підвищити ефективність і зменшити екологічний вплив авіаційних операцій. Перспективи подальших досліджень у цій області включають вдосконалення моделей для ще точнішого прогнозування витрат та інтеграцію нових технологій для підвищення адаптивності системи.

Список літератури

1. Malene H. Deep Learning and Machine Learning Algorithms for Enhanced Aircraft Maintenance and Flight Data Analysis. – Sao Luís - MA, 2023. – 10 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://anapub.co.ke/journals/jrs/jrs_pdf/2023/jrs_volume01/JRS202301009.pdf (Дата звернення 10.09.2024).
2. Kabashkin I. Artificial Intelligence in Aviation: New Professionals for New Technologies / I. Kabashkin, B. Misnevs, O. Zernina // – Transport and Telecommunication Institute – Latvia, 2023. – 33 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.mdpi.com/2076-3417/13/21/11660 (Дата звернення 10.09.2024).
3. Bela P.Collins. Estimation of aircraft fuel consumption. – The MITRE Corporation, McLean – Virginia, 1982. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arc.aiaa.org/doi/epdf/10.2514/3.44799 (Дата звернення 10.09.2024).
4. Trani A. A. A Neural Network Model to Estimate Aircraft Fuel Consumption / Antonio Trani, F. Wing-Ho, Glen Schilling, Hojong Baik, Anand Seshadri // – Department of Civil and Environmental Engineering Virginia Polytechnic Institute and state University – Chicago, 2004. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arc.aiaa.org/doi/epdf/10.2514/6.2004-6401 (Дата звернення 10.09.2024).
5. Zailong Zhang. A-star algorithm for expanding the number of search directions in path planning / Zailong Zhang, Shanyu Wang, Jianwei Zhou // – 2021 2nd International Seminar on Artificial Intelligence, Networking and Information Technology (AINIT), Shanghai, China, 2021. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9725105 (Дата звернення 10.09.2024).

UDC: 004.42:519.85

O.V. Nimych, PhD student,
I.H. Makieiev, PhD student,
D.V. Kozlovska
(National Aviation University, Ukraine)

Algorithmic Approaches to the Synthesis of Mathematical Models for Simulation of Aerodynamic Heating in Complex Structures

Developed algorithmic methods for synthesizing mathematical models to simulate aerodynamic heating in complex structures. The proposed approaches enhance model accuracy and computational efficiency, accommodating gradient heat distributions in dielectric layers, improving the design of antenna systems in aerodynamically heated environments.

Introduction

As aerospace vehicles operate at higher speeds, aerodynamic heating becomes a critical factor affecting the structural integrity and performance of onboard systems. Antenna fairings, which protect communication and navigation equipment, are particularly susceptible to temperature-induced changes in their dielectric properties. Accurate simulation of aerodynamic heating is essential for designing these components to ensure reliability and performance under extreme conditions.

Problem Statement

The primary challenge lies in accurately modeling the temperature gradients within complex structures, such as the dielectric layers of antenna fairings, during aerodynamic heating [1]. Traditional models often assume uniform temperature distributions or rely on simplifications that do not capture real thermal behavior. This leads to inaccuracies in predicting the electrical characteristics of dielectric materials, potentially compromising system performance [3].

Methods

Our approach focuses on developing algorithmic methods to synthesize mathematical models that accurately simulate aerodynamic heating in complex structures. [2] The methodology comprises several key components:

Advanced Heat Transfer Modeling

The heat transfer within the dielectric layer is governed by the three-dimensional transient heat conduction equation:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q \tag{1}$$

where:

- ρ is the density,
- c_p is the specific heat capacity,

- k is the thermal conductivity,
- T is the temperature,
- t is time,
- Q represents internal heat generation.

Algorithm Development

We developed algorithms based on:

- **Finite Element Method (FEM)**: To discretize the complex geometry of the structures and solve the heat conduction equation numerically.
- **Adaptive Mesh Refinement**: To enhance accuracy in regions with steep temperature gradients by refining the computational mesh where needed.

Material Property Variation

Incorporated temperature-dependent material properties into the models:

$$k(T), \quad c_p(T), \quad \rho(T) \tag{2}$$

This accounts for the changes in thermal conductivity, specific heat capacity, and density with temperature, which is critical for accurate simulation.

Boundary Conditions

Applied realistic boundary conditions representing aerodynamic heating:

- **Convective Heat Flux:** Modeled using Newton's Law of Cooling:

$$q'' = h(T_\infty - T_s) \tag{3}$$

where:

- q'' is the heat flux,
- h is the convective heat transfer coefficient,
- T_∞ is the freestream temperature,
- T_s is the surface temperature.
- **Radiative Heat Transfer:** Included radiative effects using the Stefan-Boltzmann Law:

$$q'' = \epsilon\sigma(T_s^4 - T_\infty^4) \tag{4}$$

- ϵ is the emissivity,
- σ is the Stefan-Boltzmann constant.

Software Implementation

Implemented the algorithms in a high-performance computing environment using parallel processing techniques to handle large-scale simulations efficiently.

Results

The developed algorithms were tested on a model of an antenna fairing subjected to high-speed airflow conditions. Key findings include:

• **Temperature Distribution** – the simulations revealed significant temperature gradients across the dielectric layer, with surface temperatures reaching up to 800 K, while the inner layers remained at approximately 300 K, as shown in Fig. 1.

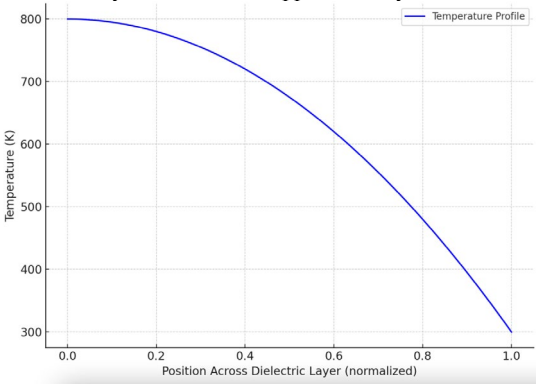


Fig. 1. Temperature distribution across the dielectric layer

• **Comparison with Traditional Models** – traditional models underestimated the temperature gradients by up to 25%. Our models provided a more accurate representation, aligning closely with experimental data (see Table 1).

Table 1

Comparison of Temperature Predictions

Method	Surface Temperature (K)	Inner Layer Temperature (K)
Traditional Model	600	350
Proposed Model	800	300
Experimental Data	790	310

• **Impact on Electrical Properties** – the temperature-dependent permittivity $(\epsilon_r(T))$ and loss tangent $(\tan \delta(T))$ were calculated, showing that high temperatures significantly affect the dielectric properties, which in turn influence antenna performance.

• **Computational Efficiency** – the use of adaptive mesh refinement and parallel processing reduced computation time by 40% compared to standard FEM approaches.

Conclusions

The algorithmic approaches developed in this study provide a robust method for synthesizing mathematical models that accurately simulate aerodynamic heating in complex structures. By accounting for gradient temperature distributions and temperature-dependent material properties, the models improve the predictive capabilities essential for designing reliable aerospace components. The enhanced computational efficiency makes these methods practical for industrial applications.

References

1. Smith J.A., Brown L.K. Recent Developments in the Aerodynamic Heat Transfer and Cooling Technology of Gas Turbine Endwalls. Engineering Press. – New York, 2019. – 250 p.

2. Johnson M.E., Wang H. Investigation and Recent Developments in Aerodynamic Heating and Drag Reduction for Hypersonic Flows. Aerospace Publishing. – London, 2020. – 320 p.

3. Lee S.H., Kim D.W. Mathematical Modeling of Aerodynamic Heating and Pressure Distribution on a 5-Inch Hemispherical Concave Nose in Supersonic Flow. TechnoScience Publications. – Tokyo, 2018. – 200 p.

УДК 623.746:629.014.9]:[528.715:528.389

І.Г. Макєєв, аспірант,
О.В. Німич, аспірант,
Д.В. Козловська
(Національний авіаційний університет, Україна)

Огляд деякіх методів визначення глибин мілководдя водойм з використанням знімків зроблених безпілотними літальними апаратами

Стаття дає опис методів визначення глибини мілководдя водойм на основі аналізу знімків зроблених БПЛА. Фотограмметричні техніки на основі метода "Structure-from-Motion and Multi-View Stereo" дають можливість отримати високу точність вимірювань.

Вступ. Для отримання геопросторової інформації водойми, необхідні батиметричні роботи, які дозволяють вимірювати глибини мілководь. Інформація про глибину водойми безпосередньо впливає на безпеку та ефективність судноплавства, управляння побережною зоною, на процес проєктування та моніторингу гідротехнічних споруд, та ряд інших видів людської діяльності на водоймі. До найпопулярніших приладів для вимірювання глибини водойм відноситься однопроменеві ехолоти (SBES) і багатопроменеві ехолоти (MBES). Навіть попри те, що SBES ехолоти залишаються найпоширенішими батиметричними системами в усьому світі, а ехолоти MBES, які завдяки своїй великій ширині смуги можуть забезпечити суттєве охоплення дна водойми та можливість виконання такої роботи за відносно менший період часу, за останнє десятиліття спостерігається зростання впливу методів вимірювання глибини - альтернатив гідроакустичним методам. Ці методи включають фотограмметричні та методи дистанційного зондування, які дозволяють отримувати дані про глибину для створення тривимірних моделей дна водойм. Інші поточні альтернативні методи отримання значень глибини водойм включають супутникову батиметрію та мультиспектральне зображення на основі методу супутникової батиметрії (SDB). Слід підкреслити, що використання супутникових зображень є менш дорогим, ніж будь-які інші батиметричні вимірювання, особливо порівняно з системами виявлення та визначення відстані (LiDAR). Однак цей метод не забезпечує необхідну точність вимірювань глибин. Іншим методом дистанційного зондування, який дозволяє виконувати батиметричні вимірювання, є повітряна лідарна батиметрія (ALB), також відома як повітряна лазерна гідрографія (ALH), яка стрімко розвивається останніми роками. Його функціонування засновано на застосуванні зелених лазерів, а саме значення глибини визначається через знання двонаправленого ходу лазерного променя між водною поверхнею та відбиттям від морського дна, розташованого під нею. Такі системи, як ALB/ALH встановлюються на борту літаків або гелікоптерів, але завдяки прогресивній мініатюризації обладнання датчики цього типу можуть бути встановлені на безпілотних літальних апаратах (БПЛА), але вартість робіт та обладнання на данний час залишаються високими.

В даний час використання БПЛА в гідрографії дозволило отримувати геопросторові дані високої роздільної здатності та забезпечило значну точність визначення їх координат. БПЛА зазвичай використовуються при розробці геопросторових моделей суші площі, але їх використання в батиметричних вимірюваннях супроводжується похибками внаслідок явище заломлення водяної хвилі. Роботи виконуються на основі належним чином розроблених і виміряних наземних контрольних точок (GCP), також відомих як фототочкам, які забезпечують так звану пряму георефернцію. Використання безпілотних платформ в батиметрії має низку переваг, а саме: менший час вимірювання, мобільність і значно меншу вартість порівняно з традиційними методами з використанням гідроакустичних систем, в нові підходи у визначенні глибини мілководдя водойм на основі аналізу знімків демонструють, що фотограмметричні методи на основі SfM (Structure-from-Motion) та MVS (Multi-View Stereo) дозволяють отримати високу точність результатів.

1. Опис методів. Багато методів, описаних нижче, засновані на техніці Structure-from-Motion (SfM). SfM [1] — це техніка, яка активно випробовується в останні роки, і її завдання полягає у створенні тривимірних моделей за допомогою серії тимчасових RGB-зображень і інформації про геоприв'язку. Віна також надає інформацію про внутрішню та зовнішню орієнтацію камери під час отримання кожного зображення за допомогою автоматичних алгоритмів для оцінки його розташування. Це призводить до створення моделі, яка дозволяє визначити, як окремі 3D-координати проектуються на зображення з камери. При роботі за методикою SfM важливо логічно спланувати мережу опорних точок. Правильно вирівняна мережа покращує вилучення метричних даних і перетворення даних у фактичну систему координат. Multi-View Stereo (MVS) [2] — це загальний термін для групи методів стереозйомки, які передбачають отримання двох зображень об'єкта з різних точок зору. Важливим кроком під час роботи з алгоритмами SfM-MVS є проектування та вимірювання фототочок, яке може бути здійснено за допомогою тахіметричного методу вимірювання на базі локальної мережі управління або за допомогою приймача глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS). Результатом типового операційного процесу на основі алгоритму SfM-MVS, є ортофотозображення. Однак слід зазначити, що явище заломлення водяної хвилі як загрозу при роботі з алгоритмами SfM-MVS, тобто при обробці фотограмметричних даних необхідно усунути ефект заломлення світла на межі розділу повітря/вода.

1.1. Визначення глибини на основі методу cBathy. Концепція алгоритму [3] базується на спостереженнях рухів поверхневих хвиль протягом довгих часових рядів. Можлива оцінка батиметрії шляхом визначення співвідношення між швидкістю хвилі та глибиною. Роботу алгоритму можна розділити на три основні етапи:

1. Аналізи залежить від частоти кандидата, радіального хвильового числа, еквівалентної глибини та кута хвилі. Аналіз базується на перетвореній Фур'є. На цьому етапі виконуються такі операції, як визначення оптимальних хвильових чисел та їх напрямків, а також використання алгоритму Левенберга-Марквардта. Як тільки цей крок є завершено, отримують набір хвильових чисел та глибин залежно від конкретної частоти;

2. Оцінка єдиного найкращого значення глибини на основі співвідношення дисперсії. Попередній крок надав набір хвильових чисел і глибин, тоді як цей етап дозволяє визначити одну глибину на основі отриманого набору. Для цього використовується фільтр Ханнінга;

3. Оцінка середньої глибини пробігу, спрямована на отримання ковзного середнього значення для усунення проблем, пов'язаних з появою прогалин у даних, наприклад, в результаті тимчасової втрати зображення під час руху. На цьому етапі розраховується значення посилення фільтра Калмана [4].

На основі GNSS/інерціальної навігаційної системи (INS) виміряються опорні точки. Зображення обробляються за методикою SfM-MVS у фотограмметричному програмному забезпеченні. Таким чином отримується хмара точок, яку далі піддають лінійній інтерполяції на основі тріангуляції в програмному забезпеченні MATLAB (Натік, Массачусетс, США). Таким чином, отримується модель DSM. Ортофотоплан генерується у програмі MATLAB. До застосування алгоритму cBathy зображення конвертувалися в градації сірого. Контраст зображення було покращено на основі алгоритму адаптивного вирівнювання гістограми з обмеженою контрастністю (CLAHE), а значення порожніх пікселів було замінено усередненими за часом значеннями інтенсивності для окремих пікселів. Дозволено використання параметрів алгоритму cBathy, запропонованого в [3] зменшення кількості точок, похибка вимірювання глибини яких перевищувала 1 м. Однак фільтрація Калмана, тобто елемент оригінального алгоритму cBathy, не використовується. Кінцевим результатом є нова модель, створена на основі щільної хмари точок. Результати фотограмметричних вимірювань, отримані за допомогою метода, порівнюють з результатами зондування, проведеного судном, обладнаним ехолотом і приймачем кінематичного режиму реального часу (RTK) глобальної системи позиціонування (GPS). Діапазон середньоквадратичної помилки (RMSE) для вимірювань глибини становить 0,17–0,34 м.

1.2. Визначення глибини на основі методу інверсії глибини. Метод інверсії глибини (Depth Inversion) [5], який дає змогу визначати глибину водойми на основі поширення хвилі, що є результатом комбінації сили вітру, його тривалості та сили тяжіння, яка визначається з відеозображень. Це можливо за рахунок конвертації оригінальних відеозображень в ортогональні зображення на основі фототочок і крос-кореляційного аналізу сигналів інтенсивності пікселів. Цей аналіз дозволяє визначити векторне поле швидкості хвилі та, таким чином, визначити період хвилі. Розраховані параметри хвилі можна конвертувати в значення, що представляють глибину води, використовуючи співвідношення дисперсії з теорії лінійних хвиль. Для розрахунку значень глибини необхідні наступні параметри: частота хвилі, швидкість хвилі та прискорення сили тяжіння. Вигідніше використовувати довгоперіодичні хвилі, так як довжина хвилі впливає на силу залежності швидкості хвилі від глибини води. В методі використовуються записи зроблені за допомогою БПЛА. Як і в кожному з розглянутих методів, фототочки розробляються та вимірюються на суші, а алгоритм підгонки шаблону зображення (пошук подібного шаблону у вихідному зображенні на основі базового шаблону, що виконується для порівняння) дозволяє виявити

координати зображення в кожен відеокадр, що дозволяє генерувати ортогональні відеозображення. Запис також проводиться за допомогою гідроакустичної системи, яка використовується для визначення середньоквадратичної глибини (RMS). Отримані глибини порівнюються з результатами, отриманими за допомогою алгоритму cBathy. Процес визначення значення глибини в методі cBathy базується на згладжуванні за допомогою фільтра Калмана, метод інверсії глибини застосовує фільтр Гауса (5×5). Порівняння результатів, отриманих за допомогою обох методів, не дало достатньо інформації, щоб визначити, який із методів є більш точним. На основі тестів можна теоретично припустити, що метод інверсії глибини може отримати вимірювання глибини з вищою точністю, ніж отримується за допомогою алгоритму cBathy. Середньоквадратична помилка глибини (RMSE) для методу інверсії глибини коливається від 0,33 до 0,52 м

1.3. Визначення глибини на основі методу батиметрії за допомогою БПЛА. Метод батиметрії за допомогою БПЛА (UDB), розроблений на основі методу SDB [6], який використовує алгоритми, що працюють на основі багатоспектральних зображень, які здатні забезпечити спектральну роздільну здатність вище, ніж зображення RGB, записуючи дані зображення в певному діапазоні електромагнітного спектра. Значення глибини, отримані після застосування нового методу UDB, порівнювали з результатами, отриманими з супутникових знімків та SDB (з використанням алгоритму Штумпфа) і на результатах традиційних батиметричних вимірювань за допомогою ехолотів MBES і SBES. Для отримання даних вимірювань БПЛА HexaCopter, оснащений мультиспектральною камерою MAIA (Італія), що складається з 8 мультиспектральних датчиків і датчика RGB. Попередня обробка зображення виконується за допомогою спеціального програмного забезпечення MAIA (Італія), яке дозволяє коригувати необроблені зображення та генерувати багатоспектральне зображення. Збурення поверхні води через сонячну погоду можуть спричинити подальші збурення, які доводиться зменшувати за допомогою методу Хедлі, тобто модернізованої методики усунення «відблесків» від зображень дистанційного зондування, заснованої на використанні ближньої інфрачервоної області. Проблему геоприв'язки зображень через відсутність можливості використання техніки SfM в методі UDB було вирішено шляхом розрахунку площинної деформації на основі знання таких параметрів, як місцезнаходження (за показаннями приймача GPS), розмір зображення, значення курсу та кути, записані під час польоту. Обидві моделі можна конвертувати в програмному забезпеченні ENVI 5 (Австралія), але при роботі з алгоритмом Лізенги також використовується програма ArcGIS (США). Випробування проводяться для 3 наборів контрольних точок водойми, рівномірно розподілених по території дослідження. Кожен набір містить різну кількість точок (50, 200 і 500). Результати, отримані новим методом UDB, були багатообіцяючими та надійними порівняно з загальновідомий метод на основі супутникових знімків. Значення глибини, отримані за допомогою алгоритму Штумпфа, були подібні до тих, що розраховані за допомогою алгоритму Лізенги. Варто зазначити, що метод Штумпфа є більш простим, оскільки не вимагає такої кількості методів регресії, як у випадку з другим алгоритмом.

1.4. Визначення глибини на основі методу uBathy. Алгоритм uBathy, описаний у [7], відноситься до раніше обговорюваного алгоритму cBathy. Однак він базується на аналізі головних компонентів перетворення Гільберта як функції часу. Процес здійснюється на відеозображеннях з метою визначення частоти та хвильового числа для окремих компонентів хвилі. Для кожного подвідео: виконується аналіз головних компонент перетворення Гільберта інтенсивності кадру відтінків сірого, а також виділяється частота хвилі та хвильове число, що змінюється в просторі для кожного з основних режимів розкладання, і де тільки можливо. Обидва значення повинні бути отримані з послідовності записаних відеозображень. Після завершення процесу для всіх суб-відео координат та наборів пар частот хвилі і хвильових чисел, з яких можна зробити висновок про значення глибини води, враховуючи дисперсійне співвідношення, отримані для кожної точки. Цей метод дозволяє оцінити батиметрію водойми на основі поширення електромагнітних хвиль, які фіксуються системою відеоспостереження. Значення глибини, отримані із зображень, наданих БПЛА, порівнювалися з результатами батиметричних вимірювань, отриманих традиційно, тобто за допомогою SBES разом із позиціонуванням RTK-GPS. У дослідженні використовувався безпілотний літальний апарат DJI Phantom 3 Pro (Китай) із встановленою на ньому цифровою камерою. На основі рівнянь проективної геометрії можна було відобразити тривимірні координати реального часу. До застосування алгоритму uBathy всі кадри з уже відкаліброваних відео потрібно спроектувати на площину, а просторова область була перетином у двовимірній площині (x, y) проекцій у пікселі домен. Виконання цього процесу дозволило отримати градації сірого, необхідні для цього процесу. Оцінка батиметрії в кожній точці грунтувалася на згаданому раніше процесі, пов'язаному з отриманням частоти хвилі та хвильового числа, що змінюється в просторі, а також на основі співвідношення дисперсії. Результати оцінки глибини можуть містили прогалини. Тим не менш, результати є багато обіцяючи, оскільки середньоквадратична помилка глибини становила прибл. 0,4 м по відношенню до значень глибини, отриманих за допомогою SBES.

Висновки. Результати батиметричних вимірювань, отримані за допомогою наведених методів, майже в кожному випадку порівнювалися з результатами, отриманими за допомогою традиційних методів та розглядаються як задовільні. Для алгоритмів cBathy, Depth Inversion, uBathy та UDB надано значення RMSE глибини та підсумовано в Таблиці 1. Було обрано значення RMSE, оскільки це найбільш часто застосовуваний критерій для оцінки точності алгоритмів, що використовуються для визначення глибини. На основі Таблиці 1 можна зробити висновок, що точність глибини, отримана для алгоритмів cBathy, Depth Inversion та uBathy, подібна. Там, де застосовувався метод UDB, була отримана висока точність глибини в діапазоні 0–5 м. Однак слід зазначити, що зі збільшенням глибини ця точність зменшується. Найвищу точність глибини (0,17–0,34 м) було отримано за допомогою алгоритму cBathy.

Таблиця 1.

Підсумок значень середньоквадратичної помилки глибини (RMSE) для методів cBathy, Інверсії глибини (Depth Inversion), батиметрії отриманої з БПЛА (UDB), та uBathy.

Метод	**RMSE (м.)**
cBathy	0,17–0,34
Depth Inversion	0,33-0,52
UDB	0,24-1,06
uBathy	0,38-0,73

Список літератури

1. Condorelli, F.; Rinaudo, F.; Salvadore, F.; Tagliaventi, S. A Match-moving Method Combining AI and SFM Algorithms in Historical Film Footage. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2020, XLIII-B2-2020, 813–820.
2. Stathopoulou, E.-K.; Remondino, F. Multi-View Stereo with Semantic Priors. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2019, XLII-2/W15, 1135–1140.
3. Holman, R.; Plant, N.; Holland, T. cBathy: A Robust Algorithm for Estimating Nearshore Bathymetry. J. Geophys. Res. Oceans 2013, 118, 2595–2609.
4. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. J. Basic Eng. 1960, 82, 35–45.
5. Hashimoto, K.; Shimozono, T.; Matsuba, Y.; Okabe, T. Unmanned Aerial Vehicle Depth Inversion to Monitor River-mouth Bar Dynamics. Remote Sens. 2021, 13, 412.
6. Tonion, F.; Pirotti, F.; Faina, G.; Paltrinieri, D. A Machine Learning Approach to Multispectral Satellite Derived Bathymetry. ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. 2020, V-3-2020, 565–570.
7. Simarro, G.; Calvete, D.; Luque, P.; Orfila, A.; Ribas, F. UBathy: A New Approach for Bathymetric Inversion from Video Imagery. Remote Sens. 2019, 11, 2722.

УДК 004.056

С.В. Лазаренко, д-р техн. наук, професор,
А.Ю. Кириленко, старший викладач,
Д.І. Муха, аспірант
(Національний авіаційний університет, Україна)

Актуальність запобігання DDoS-атакам

У сучасному цифровому світі DDoS-атаки (розподілені відмови у сервісі) стали однією з основних загроз для організацій та індивідуальних користувачів, що вимагає ретельного аналізу та ефективних стратегій захисту. Проведено аналіз об'єктів та можливих уражень, що спричиняють DDoS-атаки. Досліджено кількість та потужність DDoS-атак за останні роки, а також поточний стан щодо захисту від них.

Об'єкти DDoS-атак та аналіз уражень, що спричиняють ці атаки.

Розподілені атаки типу «відмова у сервісі» (DDoS), легко запускаються, часто мають високу ефективність та є однією з найпоширеніших загроз на сучасному ландшафті кібербезпеки. Простіше кажучи, DDoS-атака має на меті порушення зв'язку з користувачами або їх обслуговування шляхом перевантаження мережі жертви величезним обсягом шахрайського трафіку, як правило, через бот-мережу рис.1 [1].

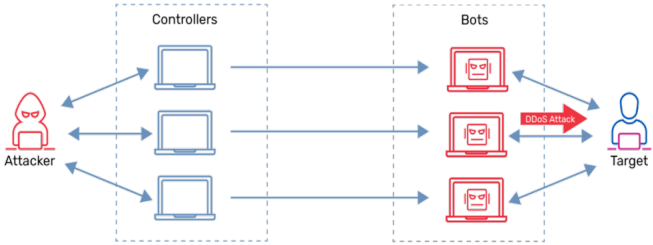


Рисунок 1. Зовнішній вигляд DDoS-атаки - порушення зв'язку з мережею жертви.

DDoS-атаки можуть бути спрямовані на різноманітні цілі, включаючи веб-сервери, мережеві інтерфейси, інфраструктуру хмарних сервісів, а також інші компоненти, що входять до складу корпоративних і приватних мереж. Цільові об'єкти атаки вибираються на основі їхньої важливості для забезпечення послуг і функціональності організації, а також на основі їх вразливостей до перевантаження.

Основними об'єктами атак виступають:

1. Веб-сервери та застосунки. Ці системи є поширеними мішенями через їх видимість та доступність з глобальної мережі «Інтернет».

2. Мережеві компоненти. Включають маршрутизатори, комутатори та балансувальники навантаження, які можуть бути залучені для розподілу шкідливого трафіку по мережі[2].

3. Інфраструктура хмарних обчислень. Хмарні платформи можуть страждати від розподілених атак, що націлені на велику кількість інстанцій, запущених користувачами[3].

Аналіз уражень, що спричиняють атаки[4]:

- надмірне використання ресурсів. Більшість DDoS-атак спрямовані на вичерпання системних ресурсів, таких як пропускна спроможність мережі, пам'ять, або процесорний час, що призводить до відмови тих чи інших сервісів;

- слабкі місця у конфігурації. Неправильно налаштовані мережі та системи можуть мати відкриті вектори атак, такі як не аутентифіковані API запити або порти, доступні для загального використання;

- використання застарілого або вразливого програмного забезпечення. Не оновлені системи можуть містити відомі уразливості, які можуть бути використані для ініціації DDoS-атак.

Аналіз цих об'єктів та вразливостей є критичним для розробки ефективних стратегій захисту, що забезпечують як превентивні заходи, так і оперативне реагування на інциденти DDoS-атак.

Актуальність реагування на DDoS-атаки.

За останні три роки кількість та потужність DDoS-атак значно зросла, що спричинено декількома факторами, включаючи розвиток технологій, поширення доступу до великої пропускної здатності та зростання кількості підключених пристроїв до глобальної мережі «Інтернет». Можливо визначити найпоширеніші типи DDoS-атак, якими є[5]:

- Volumetric Attacks;
- Protocol Attacks;
- Application Layer Attacks;
- Fragmentation Attacks;
- Amplification Attacks.

Наведемо основні тенденції та важливі інциденти з цього приводу:

1. Збільшення масштабів і складності атак:

- *рекордні показники* - з 2021 року спостерігається зріст рекордних за обсягом атак. Наприклад, у 2020 році компанія Amazon Web Services відбила атаку з піком у 2,3 Тб/с, що є однією з найбільших атак в історії;

- *мульті-векторні атаки* - сучасні DDoS-атаки часто використовують кілька векторів одночасно, що ускладнює їх виявлення та нейтралізацію. Це може включати одночасне використання великомасштабних волюметричних атак поряд з атаками на програмне забезпечення та протоколи[6].

2. Вплив на критичну інфраструктуру:

- *цілісність державних структур* - урядові сайти і системи в різних країнах стають мішенями для DDoS-атак, спрямованих на порушення або блокування роботи офіційних державних ресурсів;

- *фінансовий сектор* - банки та фінансові установи також постійно зазнають атак, що може призвести до тимчасового зупинення онлайн-послуг.

3. Зміна мотивації атак:

- політичні та ідеологічні мотиви - окрім традиційних фінансових мотивів, все частіше атаки мають політичне або соціальне підґрунтя;

- державний спонсоринг - збільшення кількості атак, за якими, як підозрюється, стоять уряди країн, що використовують кібератаки як інструмент міжнародного тиску та геополітичної боротьби.

Реакція на атаки

В першу чергу адекватна реакція на атаки залежить від розвитку технологій захисту. Потребує постійне удосконалення технологій захисту, зокрема, вдосконалення систем виявлення і запобігання вторгнень (IDS/IPS), застосування розумних алгоритмів для аналізу трафіку та автоматизації процесів реагування[7].

Важливим інструментом боротьби з кібератаками також є законодавчі ініціативи. У багатьох країнах вживаються законодавчі заходи для підвищення кібербезпеки, що включають зобов'язання компаній відповідати певним стандартам захисту даних та інфраструктури.

Останні три роки продемонстрували, що DDoS-атаки залишаються однією з найбільших кіберзагроз, а їхня складність та частота лише зростають. Це вимагає від усіх секторів економіки, особливо від критичної інфраструктури, постійно працювати над зміцненням своїх захисних систем.

Розглянемо графік потужності DDoS-атак у 2010-2020 роках, наведений на рис. 2.

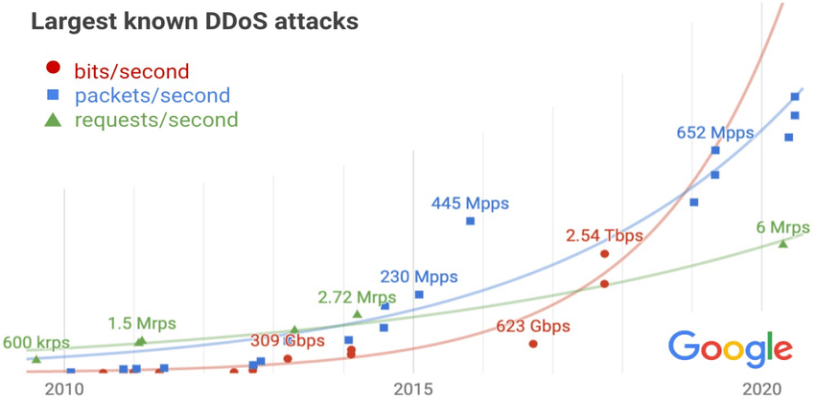


Рисунок 2. Графік потужності DDoS-атак у 2010-2020 роках.

Проаналізувавши графік можливо зазначити, що кількість та потужність атак з кожним роком збільшується. Оцінка ризиків на DDoS-атаки є ключовим компонентом стратегії кіберзахисту будь-якої організації. Цей процес включає ідентифікацію потенційних загроз, аналіз вразливостей, визначення потенційного впливу атаки та розробку стратегій для зменшення ризиків.

Таким чином, на сьогодні є актуальним своєчасне виявлення та запобігання DDoS-атакам[8].

Висновки

У роботі розглянуто поняття DDoS-атаки, проведено аналіз об’єктів та можливих уражень, що спричиняють зазначені атаки. Розуміння цих атак і розробка ефективних заходів захисту є важливими для забезпечення безпеки інформаційних ресурсів у сучасному цифровому світі.

Запобігання DDoS-атакам та захист від них вимагають комплексного підходу, що поєднує в собі передові технології, стратегічне планування, постійне навчання та міжнародне співробітництво. Враховуючи швидкі зміни в кіберпросторі, організації мають бути завжди готові до нових викликів і забезпечувати надійний захист своїх інформаційних активів.

Список літератури

1. Intelligent IT Distribution, Найкращі методи запобігання та захисту від ddos-атак. [Electronic resource] URL: https://iitd.com.ua/news/najkrashhi-metodi-zapobigannja-ta-zahistu-vid-ddos-atak.
2. Пенг Т., Лекі К., Рамамоханарао К. Огляд мережевих механізмів захисту від проблем DoS та DDoS. – Нью-Йорк, ACM Огляди з обчислювальної техніки (CSUR), 2007. № 39 (1). С. 3.
3. Бхардвадж А., Субраманіан М. DDoS-атаки та захист на мережевому рівні: Огляд. – Париж, Комп'ютерні віруси та техніка взлому. 2017. № 13(1). С. 22-53.
4. Кобб С. DDoS-атаки: еволюція, виявлення, профілактика, реакція та толерантність. – Нью-Йорк, Мережева безпека, 2012. № 6. С. 16-19.
5. Дулігеріс К., Мітрокоца А. DDoS-атаки та механізми захисту: класифікація та сучасний стан. – Амстердам, Комп'ютерні мережі, 2004. № 44(5). С. 643-666.
6. Заргар С., Джоші Дж., Тіппер Д. Огляд механізмів захисту від розподілених атак типу "відмова в обслуговуванні" (DDoS). – Піскатавей, IEEE Огляди зв'язків та навчання, 2013. № 15(4). С. 2046-2069.
7. Бхаттачарья Д., Калита Д. DDoS Attacks: Evolution, Detection, Prevention, Reaction, and Tolerance. 1 видання. – Нью-Йорк, 2016. – 312 с.
8. Ахмад І., Хабібі Лашкарі А., Масуд Р. Виявлення та зменшення впливу DDoS-атак: теорія та практика. – Лондон, Мережева безпека. 2015. № 17(3). С. 242-258.

УДК 519.254:519.674

П.О. Приставка, д.т.н.
Н.П. Тупко, к.ф.-м.н.
О.Т. Архіпов
(Національний авіаційний університет, Україна)

Ідентифікації типу нелінійного перетворення в просторах однорідних спостережень за допомогою перетворення Джонсона.

В багатовимірному аналізі даних вимога нормального закону розподілу спостережень є ключовою, адже це значно спрощує вирішення задачі оцінювання ймовірнісних функцій. Проте, на практиці маргінальні розподіли можуть бути суттєво асиметричними, що вимагає пошуку методів для їх нормалізації. В даній роботі представлено результати дослідження ефективності перетворення Джонсона до даних отриманих за допомогою нелінійного перетворення x^{α} в просторах однорідних спостережень.

Перетворення Джонсона — це сімейство статистичних методів S_U, S_B, S_L [1, 2], які використовуються для перетворення даних, таким чином, що вони можуть бути апроксимовані нормальним розподілом. Вибір розподілу із сімейства Джонсона для нормалізації даних визначається за допомогою коефіцієнти асиметрії та ексцесу вхідних даних [3,4].

В ході дослідження реалізовано процес генерації одновимірних даних, що відповідають нормальному розподілу. Надалі ці дані піддавалися нелінійному перетворенню шляхом піднесення до степені з параметром α, значення якого змінювалися від 0.1 до 5 з кроком 0.1. Для відновлення початкового розподілу використовувалися методи Джонсона, які дозволяли зблизити спотворені дані до нормального розподілу.

Для відображення результатів для кожного α створено 1000 вибірок обсягом 1000 елементів та обсягом 100 елементів, побудовано графіки асиметрії та ексцесу до та після перетворення Джонсона, досліджена відносна частота кількості перетворень S_U, S_B, S_L, застосовано критерій згоди Колмогорова – Смирнова.

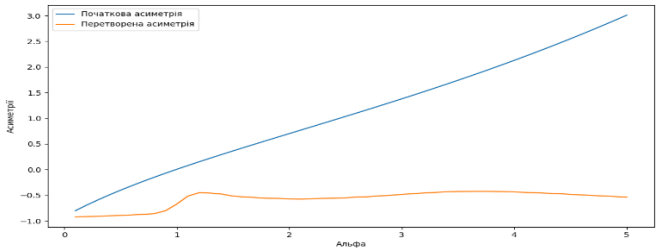


Рис.1. Графік усередненої асиметрії для кожного α до та після перетворення Джонсона, N=1000.

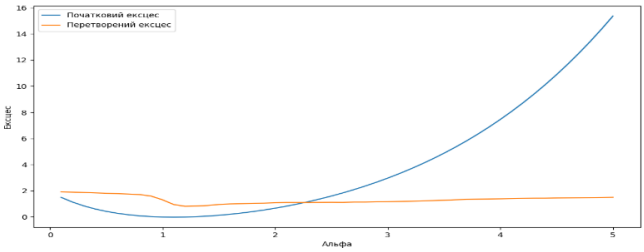


Рис.2. Графік усередненого ексцесу для кожного α до та після перетворення Джонсона, N=1000.

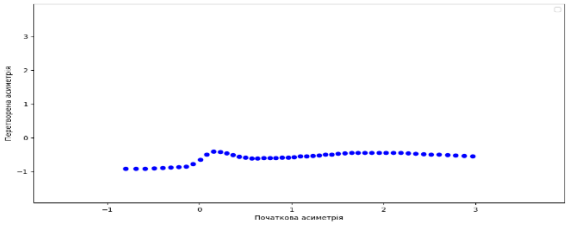


Рис.3. Графік залежності асиметрії перетворених даних від асиметрії початкових даних, N=1000.

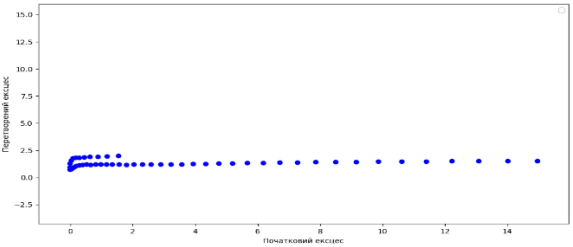


Рис.4. Графік залежності ексцесу перетворених даних від ексцесу початкових даних, N=1000.

На рис.3. та рис.4. видно, що початкова асиметрія та ексцес поступово зростає, проте їх значення після перетворення зберігаються на приблизно одному, низькому рівні.

Результати тих самих графіків, тільки з меншим обсягом вибірки N=100 суттєвої різниці не дали, відбувається незначне погіршення по усім показникам.



Рис.5. Графік відносних частот кількості нормально розподілених даних після перетворення, N=1000.



Рис.6. Графік відносних частот кількості нормально розподілених даних після перетворення, для вибірок менших обсягом, N=100.

У випадку маленької кількості елементів у вибірці, результат показує більше 95% нормально розподілених даних після перетворення Джонсона. Тому можна зазначити, що перетворення Джонсона більше підходить для перетворення вибірок меншим обсягом. Причиною такого результату може бути , наприклад те, що більша кількість даних краще відображає реальний розподіл даних, що може бути відміним від нормального.

Також, дослідження показали, що незалежно від розміру вибірок, найчастіше зустрічається перетворення S_B.

Висновок. Перетворення Джонсона демонструє хороші результати у перетворені даних до розподілу, що є близьким до нормального, як на великих обсягах даних так і на невеликих. Проте критерій згоди на вибірках меншого

обсягу показав значно кращі результати в порівняні з більшими обсягами вибірок. Проведені дослідження показали низьку обчислювальну складність, відповідно запропонований маргінальний метод можна рекомендувати до застосування в обробці багатовимірних даних.

Подальші дослідження можуть полягати у врахуванні появи аномалій та типів нелінійних спотворень, що відмінні від розглянутого степеневого.

Список літератури

1. Єременко В. С. Дослідження перетворення Джонсона для задач підвищення точності метрологічних характеристик стандартних зразків / В. С. Єременко, В. М. Мокійчук, О. В. Самойліченко // Системи обробки інформації. - 2010. - Вип. 4. - С. 36-42.

2. Жан Г. “Статистичні моделі в інженерних задачах ” / Жан Г, Шапиро С.. Пер. з англ. — М.: Мир, 1969. — 400 с.

3. Johnson, N.L. Tables to facilitate fitting S_U frequency curves / Johnson, N.L. // Biometrika. 1965. V. 52. P. 547-558.

4. Johnson N. L. Systems of frequency curves generated by methods of translation / Johnson N. L. // Biometrika. 1946. V. 36. P. 146-148.

УДК 519.8

Т.В. Авдєєва
(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)
Л.М. Іллічева
(Національний авіаційний університет, Україна)

Відношення «домінування-байдужості» у системі переваг децидента

Описані особливості застосування відношень при визначенні структури «домінування-байдужості» у системі переваг децидента.

Одним із застосувань графів є представлення бінарних відношень при побудові відношення «домінування-байдужості» (при порівнянні альтернатив у процесі прийняття рішень).

Відношення – це твердження, які відображають взаємний зв'язок між об'єктами. А – множина об'єктів (наприклад, множина варіантів рішень). Множина всіх пар $(x, y), x \in A, y \in A$ є декартовим добутком А саму на себе, $A \times A$. Бінарним відношенням на множині А називається підмножина $A \times A$, тобто якщо пара знаходиться у відношенні R, цей факт позначається як xRy, або $(x, y) \in R$.

Бінарне відношення може бути задане або переліком пар, що знаходяться у даному відношенні, або за допомогою правила, що дозволяє встановити, чи знаходиться пара у певному відношенні. Задаються основні типи бінарних відношень (порожнє, повне, діагональне та антідіагональне) та можливі операції над ними у матричній та графовій формах.

Якщо бінарне відношення R визначене на скінченній n-елементній множині А, розглядають квадратну матрицю В розміром $n \times n$ (і-й рядок та і-й стовпчик відповідають і-му елементу множини А). Елементи В визначаються наступним чином (в залежності від виконання відношення)$\left(x_i \in A, x_j \in A\right)$:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{якщо } x_i R x_j \\ 0, \text{якщо } \left(x_i, x_j\right) \notin R \end{cases}$$

Вводяться операції над бінарними відношеннями (об'єднання, різниця, симетрична різниця, доповнення до відношення, обернене відношення, композиція відношень) та зв'язки між ними (ізо- та гомоморфізм відношень, поняття двоїстого відношення)[1, 2]. Згідно означення основних дій над бінарними відношеннями мають місце фориули для отримання відповідних елементів матриці B(n$\times n$) у матричному вигляді для результуючого відношення. Також, якщо носієм відношення Q є множина $A = \{x_i,\ i = 1, \dots, n\}$, та поставивши у відповідність вершинам графу елементи $\{x_i,\ i = 1, \dots, n\}$, можна отримати подання відношення у вигляді графа (1, стор. 47).

У теорії прийняття рішень використовуються типи бінарних відношень, які мають конкретні властивості. Основними властивостями цих відношень є: рефлексивність, антирефлексивінсть, симетричність, асиметричність, антисиметричність, транзитивність, ациклічність.

На основі властивостей бінарних відношень визначають типи бінарних відношень, що мають важливе значення в теорії прийняття рішень. А саме: відношення толерантності, еквівалентності, квазіпорядку (або півпорядку, неповного порядку) та строгого порядку (або лінійного порядку).

Так, толерантністю (байдужістю) називається відношення, яке одночасно є рефлексивним та симетричним. (Його позначають як I). Еквівалентністю називається відношення, що є одночасно рефлексивним, симетричним та транзитивним. Таким чином, еквівалентність – це толерантність, що має властивості транзитивності.

Такі результати використовуються при дослідженні властивостей бінарних відношень, в основному, отриманих експериментально як результат опитування експерта в ситуаціях прийняття рішень. Можна побудувати алгоритми перевірки експериментальних відношень на наявність таких важливих властивостей, як транзитивність, ациклічність, лінійність та ін. Що й дозволяє виявити та скорегувати суперечності в поведінці експерта та можливі аномальні ситуації при прийнятті рішень.

Розглянемо приклади. Нехай матриці відношень P та Q мають вигляд (носієм P та Q є множина A = $\{x_1, x_2, x_3\}$):

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Представимо відношення P у вигляді верхніх та нижніх перетинів. Верхнім перетином $R^+(x)$ відношення R з множиною-носієм A відносно елемента x є множина

$$R^+(x) = \{y \in A | (y, x) \in R\}$$

Нижнім перетином $R^-(x)$ відношення R з множиною-носієм A відносно елемента x є множина

$$R^-(x) = \{y \in A | (x, y) \in R\}$$

Також іноді використовують терміни «прообраз» та позначення $R^{-1}(x) = R^+(x)$ і «образ» для $R(x) = R^-(x)$.

Для даного відношення P: $P^+(x_1) = \{x_1, x_2, x_3\};\ P^+(x_2) = \{x_1, x_2\}; P^+(x_3) = \{x_3\};\ P^-(x_1) = \{x_1, x_2\}; P^-(x_2) = \{x_1, x_2\}; P^-(x_3) = \{x_1, x_3\}$. Помітимо, що при знаходженні множин P^+, P^- зручно розглядати індекси елементів відповідних рядків (у випадку P^+) та індекси елементів відповідних стовпців (у випадку P^-).

Запишемо результати наступних операцій у матричному та графовому вигляді: $P \cap Q, P \cup Q, P \backslash Q,\ \bar{P},\ P^{-1}, P \circ Q, P \Delta Q$.

Перетином відношень P та Q називається відношення, до якого входять пари (x, y), спільні для P та Q:

$$P \cap Q = \{(x, y) \in A \times A | (x, y) \in P \wedge (x, y) \in Q\}$$

$$P \cap Q = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Об'єднанням відношень P та Q називається відношення, до якого входять пари (x, y), що входять до P або до Q:

$$P \cup Q = \{(x, y) \in A \times A | (x, y) \in P \vee (x, y) \in Q\}$$

$$P \cup Q = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Різницею P \ Q відношень P та Q називається відношення, до якого входять пари $(x, y) \in P$, які не входять до Q:

$$P \backslash Q = \{(x, y) \in A \times A | (x, y) \in P \wedge (x, y) \notin Q\}$$

$$P \backslash Q = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Доповненням $\bar{P}$ відношення P називається відношення, до складу якого входять пари $(x, y) \notin P$, тобто

$$\bar{P} = (A, A) \backslash P$$

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Оберненим відношенням P^{-1} до відношення P називається відношення, до складу якого пара (x, y) входить лише тоді, коли $(y, x) \in P$.

$$P^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Композицією відношень $P \circ Q$ називається відношення, яке утворюють всі пари $(x, y) \in (A, A)$, для яких існує $z \in A$, що справедливі відношення $(x, z) \in P$ та $(z, y) \in Q$:

$$P \circ Q = \{(x, y) \in (A, A) | (\exists z \in A): ((x, z) \in P \wedge (z, y) \in Q)\}$$

$$P \circ Q = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Симетричною різницею $P \Delta Q$ називається відношення, що складається з пар об'єднання, що водночас не належать до перетину відповідних відношень:

$$P \Delta Q = (P \cup Q) \backslash (P \cap Q) = (P \backslash Q) \cup (Q \backslash P)$$

$$P \Delta Q = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Рефлексивним називається відношення P, для якого справедливе твердження: для всіх $x \in A$, виконується xPx, де A – носій P. В матриці рефлексивного відношення на головній діагоналі завжди стоять 1, а у відповідному графі при кожній вершині знаходиться петля.

Симетричним називається відношення P, для якого справедливе твердження: для всіх $x, y \in A$, які перебувають у відношенні P, тобто xPy, справедливе твердження yPx. В матриці симетричного відношення елементи, розташовані симетрично головної діагоналі, рівні між собою, у відповідному графі наявність дуги (x_i, x_j) означає наявність також дуги (x_j, x_i).

Транзитивним називається відношення P, для якого справедливе твердження: якщо xPz та zPy, то xPy. За індукцією як наслідок отримуємо: якщо $xPz_1, z_1Pz_2, \ldots, z_nPy$, то xPy. У відповідному графі існує дуга (x, y), якщо існує шлях з x в y.

Нехай P – довільне бінарне відношення. Відношення $P_s = P \cap P^{-1}$ називається симетричною складовою P, а $P_A = P \backslash P_s$ – асиметричною складовою P.

При вивченні відношення переваги між реальними об'єктами можна відзначити два аспекта: один відображає перевагу (домінування) одного об'єкта над іншим, а інший – байдужість (толерантність) об'єктів. Таким чином, визначаються два відношення між об'єктами, які надалі називають відношеннями домінування і байдужості. При порівняння альтернатив між собою також можливі ситуації двох типів:

- можна вирішити, що альтернатива x_i переважає (домінує) x_j;
- не можна розрізнити за якістю альтернативи x_i та x_j (альтернативи рівнозначні, байдужі)

Взагалі, для будь-яких елементів a і b, довільно узятих з множини, на якій задана структура «домінування-байдужості», обов'язково виконується точно одна із чотирьох умов:

- a домінує b;
- b домінує a;
- a і b байдужі;
- a і b не порівняльні.

Якщо виконується одна із перших трьох умов, структура вважається лінійною.

Таким чином, статична складова системи переваг може моделюватися за допомогою структури «домінування-байдужість». А саме, нехай носій бінарного відношення A=$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ є множиною альтернатив, тоді відношення P рефлексивне. Побудуємо відповідні йому відношення байдужості $P^E = P \cap P^{-1}$ та домінування $P^D = P \backslash P_s$.

Наприклад,

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};\ P^E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};\ P^D = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};\ (P^D)^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix};$$

$$P^D \cup P^E \cup (P^D)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix};\ P^N = \overline{P^D \cup P^E \cup (P^D)^{-1}} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Оскільки, $P^N \neq \emptyset$, то відношення P не є лінійним. Перевіримо транзитивність відношення P.

Транзитивним називається відношення, для якого $P \circ P \subseteq P$, тобто якщо xPz та zPy, то xPy. За індукцією як наслідок отримуємо: якщо $xPz_1, z_1Pz_2, \dots z_nPy$, то xPy. У відповідному графі існує дуга (x, y), якщо існує шлях з x в y.

В даному випадку, відношення Р не є транзитивним. Перевіримо:

$$P \circ P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}; \quad P \circ P \not\subseteq P$$

Можна помітити, наприклад, що шлях x_1, x_4, x_5, x_2 не має дуги (x_1, x_2).

Таким чином, довільне відношення можна розглядати як відношення переваги (об'єднання відношень домінування і байдужості): лише потрібно перетворити його в рефлексивне, додавши відсутні петлі, і взяти як «домінування» - асиметричну складову, а як «байдужість» - симетричну складову отриманого відношення.

В більшості випадків відношення порівняльності постулюється як транзитивне, і якщо в результаті дослідження виявляється його нетранзитивність, її усунення прагнуть шляхом додаткового опитування та корегування відношення.

Список літератури

1. А.В. Катренко, В.В. Пасічник Прийняття рішень: теорія та практика. – Львів: «Новий світ»-2000». 2013.-447с.

2. О.Ф. Волошин - Моделі та методи прийняття рішень./О.Ф. Волошин, С.О. Міщенко, - К.: «Київський ун-т», 2010.- 336с.

УДК 623.746.4-519:004.056.55: 004.274

С.Я. Гільгурт, д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)
І.І. Яблоков
(Донецький національний технічний університет, Україна)

Реалізація на ПЛІС посилених алгоритмів шифрування каналу зв'язку з БПЛА

Проаналізовані можливі підходи до підвищення стійкості алгоритмів шифрування в каналах зв'язку з БПЛА. Проаналізовані можливості та переваги використання ПЛІС для їх реалізації. Розглянуто структурну схему операційного блоку шифропроцесора. З розглянутих підходів до посилення шифрування більш прийнятним виявилися алгоритми динамічної модифікації.

Однією з актуальних напрямів вдосконалення технологій керування сучасними БПЛА є підвищення надійності каналу зв'язку літального апарату з наземною базовою станцією. Крім застосування засобів радіоелектронної боротьби зловмисник може перехоплювати управління БПЛА шляхом втручання в процесс обміну інформацією в цьому каналі. Теоретично проблема вразливості каналів передачі даних може бути вирішена одним із наступних трьох способів: застосування автономних БПЛА, використання супутникових ретрансляторів, закриття лінії зв'язку криптографічних засобів [1]. В більшості практичних застосувань найбільш прийнятним є останній з перерахованих варіантів.

Завдання закриття каналу зв'язку з БПЛА висуває суворі та суперечливі вимоги до бортової апаратури. Високу швидкодію, надійність шифрування та масогабаритні показники особливо складно забезпечити при підвищених вимогах до пропускної спроможності каналу та невеликий масі БПЛА. Бортове обладнання зазвичай має суттєві обмеження щодо обчислювальних можливостей та енергоспоживання [2]. Традиційні мікроконтролерні рішення не здатні ефективно здійснювати складні криптографічні операції, необхідні для реалізації звичайних схем шифрування [3]. З іншого боку, складні умови використання, особливо для мілітарних застосувань, вимагають більш стійкого закриття інформації. Тому набувають актуальності апаратні рішення з використанням програмованих інтегральних логічних схем (ПЛІС), насамперед – типу Field Programmable Gate Array (FPGA) [4]. Сучасні вироби програмованої логіки дозволяють забезпечити високу продуктивність при незначному споживанні електроенергії, додаючи при цьому безпрецедентну гнучкість, особливо корисну для реалізації посилених алгоритмів закриття інформації.

В даному дослідженні відомі шляхи до підвищення стійкості алгоритмів шифрування проаналізовані на предмет застосування в захищених каналах зв'язку з БПЛА.

Питання розкриття зловмисником секретної інформації залежить головним чином від наявності у нього ресурсів двох видів: обчислювальних і часових. Звідси випливають шляхи підвищення ступеня захищеності інформації, які спрямовані, відповідно, на збільшення ресурсноємності задачі розкриття та

на скорочення часу, що надається зловмисникові. Найбільш очевидними способами їх реалізації є: комбінування (повторне застосування) алгоритмів шифрування та динамічна модифікація (зміна алгоритму шифрування в часі).

Сутність методу комбінування посилення захисту полягає в тому, що вихідний текст зашифровується кілька разів. Інакше кажучи, виконується кілька послідовних кроків, кожному з яких здійснюється процедура криптографічного перетворення. При цьому результати попереднього кроку є вхідними для наступного кроку.

Одним із варіантів комбінування (і найпростішим методом для реалізації) є багаторазове шифрування. У цьому випадку на кожному кроці використовується той самий алгоритм з різними ключами. Доведено, що для широкого класу блокових симетричних шифрів з ключовим простором меншим, ніж простір повідомлень, розумне збільшення кількості кроків покращує якість шифрування [5].

Каскадний підхід передбачає використання різних алгоритмів щокроку. Теоретичні дослідження щодо підвищення безпеки даного підходу досі продовжуються. Хоча ще в 90-х роках було доведено, що якщо всі ключі, що використовуються на різних кроках, незалежні, то складність злому послідовності алгоритмів, принаймні, не нижче за складність злому першого з застосовуваних алгоритмів [6].

Інший напрямок посилення криптографічних методів, динамічна модифікація, передбачає зміну алгоритму шифрування в часі. При використанні цього напрямку виникають питання, пов'язані із синхронізацією процесів зашифрування у відправника та розшифрування у отримувача.

Найбільшою мірою реалізувати переваги методів посилення дозволяють гібридні алгоритми, що поєднують комбінування з динамічною модифікацією. Можливі три способи такого поєднання: динамічне багаторазове посилення, динамічне каскадне посилення та динамічне каскадне посилення різновидами.

При динамічному багаторазовому посиленні на кожному кроці шифрування відкритий текст перетворюється по тому самому алгоритму, але при наступному сеансі цей алгоритм змінюється. При динамічному каскадному підході, на відміну попереднього, на кожному кроці використовуються різні алгоритми, які також міняються на різних сеансах обміну даними. При динамічному каскадному посиленні різновидами на кожному кроці використовуються різні різновиду одного й того ж алгоритму, але на наступних сеансах змінюється їх порядок.

Динамічний комбінований вид посилення пред'являє до шифратора високі вимоги щодо продуктивності та гнучкості. Як було сказано вище, ні програмне рішення, ні апаратне не задовольняють обом цим вимогам. Шифратори, реалізовані на уніфікованих обчислювачах продуктивніше програмних шифраторів, водночас є гнучкими, на відміну апаратних.

Найбільш поширеними алгоритмами шифрування є алгоритми блокового симетричного шифрування (БСШ). Більшість сучасних блокових алгоритмів працюють схожим чином: над вихідним текстом виконується якесь перетворення за участю ключа шифрування, яке повторюється певне число разів

(раундів). На основі даної схожості в можна сформувати узагальнену структуру процесора блокового симетричного шифрування на базі ПЛІС (рис. 1) [7].

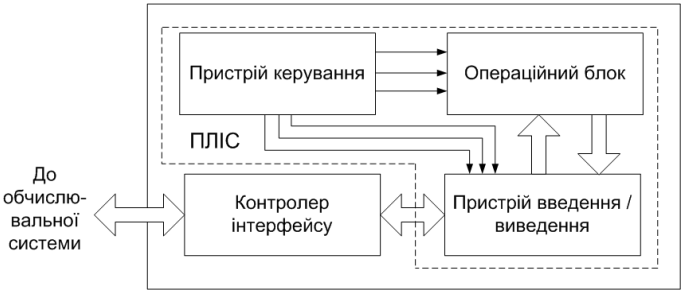


Рис. 1. Узагальнена структурна схема шифропроцесора

В цій схемі пристрій введення/виведення передає в операційний блок режими роботи, ключ, а також вхідний блок даних. В результаті обробки даних пристрій вводу/виводу приймає зашифрований блок даних. Роботою операційного блоку та обчислювальним процесом в цілому керує пристрій керування. Всі згадані модулі синтезуються в складі мікросхеми ПЛІС.

Завдяки згаданої вище подібності алгоритмів БСШ їх реалізація, так само як і реалізація методів посиленого шифрування може здійснюватися операційним блоком, що має структуру, наведену на рис. 2.

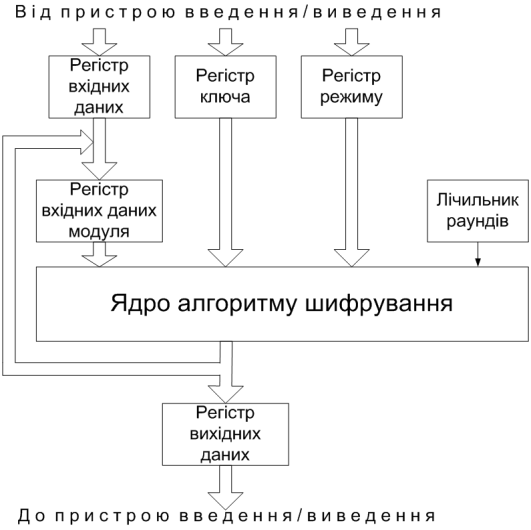


Рис. 2. Структурна схема операційного блоку

На вхід операційного блоку з пристрою введення/виведення поступають значення режиму роботи шифратора, ключа, а також вхідний блок даних. Далі ця інформація та вміст лічильника раундів, який контролюється пристроєм керування, поступає на вхід модуля ядра алгоритму шифрування, де виконується власне перетворення. Оброблений блок даних розміщується у регістр вихідних даних і передається в пристрій введення/виведення.

В термінах цифрової техніки ядра алгоритму шифрування є комбінаційною схемою, яка не містить тригерів, регістрів та інших елементів пам'яті. Отже, при його синтезі розробнику не доводиться вирішувати традиційно складні для розробників систем на ПЛІС питання тактування, синхронізації, часового планування тощо.

Оскільки в БСШ інформація обробляється блоками – фрагментами даних довжиною в кілька байтів, особливістю їх застосування для закриття каналів послідовної передачі даних, таких як RS-232, є той факт, що дані, які приймаються по послідовному каналу, необхідно зберегти в буферному запам'ятовуючому пристрої, а після обробки криптоалгоритмом знову перетворити в послідовну форму. Як наслідок, до тракту передачі інформації схемою шифрування вноситься затримка, яка залежить від заданого алгоритму, швидкодії шифруючого пристрою і обраної швидкості комунікаційного каналу.

Повна затримка, що виникає в результаті виконання процедури закриття інформації при передачі даних в один бік, включаючи операції зашифрування та розшифрування, у разі використання довільного алгоритму БСШ визначається за такою формулою [1]:

$$T_п = 2 \cdot (2 \cdot (N_б \cdot (N_п + N_с) \cdot T_с) + T_ш),$$

де $N_б$ – кількість байтів у блоці для заданого алгоритму БСШ; $N_п$ – кількість корисних (інформаційних) бітів у комунікаційному пакеті; $N_с$ – кількість службових бітів у комунікаційному пакеті (стартовий, стоповий, біт парності); $T_с$ – період тактової частоти, обернено пропорційний обраній швидкості передачі; $T_ш$ – час зашифрування/розшифрування (однаковий у випадку БСШ).

При використанні протоколу RS-232 з параметрами: вісім інформаційних бітів, однин стартовий, один стоповий, без контролю парності, швидкість передачі 9600 біт/сек та алгоритму шифрування ГОСТ 28147-89 (розмір блоку 8 байтів) величина повної затримки при передачі інформації в один бік дорівнює:

$$T_п = 2 \cdot (2 \cdot (8 \cdot 10 \cdot 1/9600) + T_ш) = 2 \cdot (0{,}0167 + T_ш).$$

Отже, навіть якщо час шифрування буде зневажливо малим, невід'ємна затримка в комунікаційному каналі для заданої швидкості і обраного алгоритму складатиме не менше 33 мс. Застосування алгоритму AES призведе до вдвічі більшої затримки, оскільки довжина блоку для нього дорівнює 16 байтам. Використання таких методів посиленого шифрування, як багаторазове та каскадне шифрування кратно збільшує час Тш. Відтак більш придатними для використання в каналах зв'язку з БПЛА є методи динамічної модифікації.

Висновки

Проведений в даному дослідженні аналіз свідчить про перспективність використання ПЛІС для закриття інформації в тракті обміну даних між базовою станцією та БПЛА. З розглянутих підходів до посилення шифрування більш прийнятним виявилися алгоритми динамічної модифікації, що базуються на зміні алгоритму шифрування в процесі обміну даними.

Список літератури

1. Давиденко А.Н. Анализ вопросов закрытия информационного канала связи с беспилотным летательным аппаратом / А.Н. Давиденко, С.Я. Гильгурт, А.С. Потенко, А.К. Евдина // Зб. наук. пр. ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. – Київ, 2014. – Вип. 71. – С. 70-76.
2. Nyangaresi V.O. Provably Secure Session Key Agreement Protocol for Unmanned Aerial Vehicles Packet Exchanges / V.O. Nyangaresi, A. Ibrahim, Z.A. Abduljabbar, M.A. Hussain, M.A. Al Sibahee, Z.A. Hussien, M.J.J. Ghrabat // Proceedings of the 2021 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET), Cape Town, South Africa, 9–10 December 2021. – P. 1–6.
3. Nyangaresi V.O. A Symmetric Key and Elliptic Curve Cryptography-Based Protocol for Message Encryption in Unmanned Aerial Vehicles / V.O. Nyangaresi, H.M. Jasim, K.A.-A. Mutlaq, Z.A. Abduljabbar, J. Ma, I.Q. Abduljaleel, D.G. Honi // Electronics, 2023. – vol. 12. – no. 17: 3688.
4. Hilgurt S.Ya. A Survey on Hardware Solutions for Signature-Based Security Systems / S.Ya. Hilgurt // Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2021): Proceedings of the 1st International Workshop, Ternopil, Ukraine, 16 – 18 Nov. 2021. – Ternopil: Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, 2021. – P. 6-23.
5. Gazi P. Cascade Encryption Revisited / P. Gazi, U.M. Maurer // ASIACRYPT 2009, LNCS 5912, 2009. – P. 37-51.
6. Maurer U.M. Cascade ciphers: The importance of being first. / U.M. Maurer, J.L. Massey // Journal of Cryptology, vol. 6, № 1, 1993. – P. 55–61.
7. Гіранова А.К. Підхід до розробки реконфігуровних процесорів, що реалізують симетричні алгоритми закриття інформації / А.К. Гіранова // Сучасні комп'ютерні системи та мережі розробка та використання: матеріали 5-ї Міжнародної науково-технічної конференції ACSN-2011 – Львів: НВФ «Українські технології», 2011. – С. 183-184.

УДК 656.71:621.396.7-021.321(043.2)

Є.Є. Карпов
(Національний авіаційний університет, Україна)
О.П. Мартинова, к.т.н., доцент
(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)
Ю.В. Зуєв
(Україна)

Зменшення ризиків уразливості каналів передачі даних системи моніторингу спецавтотранспорту в аеропорту

Пропонується впровадження технології LoRaWAN для підвищення безпеки та надійності передачі даних в системі моніторингу геолокації та параметрів спеціального автотранспорту на території аеропорту. Завдяки впровадженню технології LoRaWAN забезпечується оперативний збір даних з датчиків та їх передача на сервер, що дозволяє підвищити рівень безпеки польотів.

Вступ.

Проблеми залежності системи моніторингу датчиків в аеропортах від сторонніх каналів зв'язку є досить гострими та актуальними. А саме:

- Залежність від сторонніх каналів підвищує ризик кібератак, перешкод та інших збоїв, що може призвести до перебоїв в роботі системи моніторингу.
- Використання сторонніми каналами зв'язку зазвичай пов'язане зі значними витратами.
- Можливі обмеження пропускної здатності сторонніх каналів, що може негативно вплинути на оперативність передачі даних.
- Затримки в передачі даних можуть призвести до неточностей в отримуваних даних та ускладнити прийняття оперативних рішень.

Всі ці проблеми негативно впливають на безпеку польотів. Як зазначається в п. 2.5.1. [1] – найвищим пріоритетом авіаційної діяльності є безпека польотів.

Виходячи з цих проблем обрано об'єкт дослідження – процеси передачі даних комп’ютер-інтегрованої системи моніторингу в межах аеропорту.

Предметом дослідження є вдосконалення підсистеми радіозв’язку системи моніторингу з метою усунення проблем негативного впливу в каналах сторонніх організацій.

З метою оптимізації пропускної здатності радіомережі та забезпечення конфіденційності передачі даних було проведено математичне моделювання. Отримані результати необхідні для розробки та тестування макетного зразку системи моніторингу, що дозволить створити більш ефективну та захищену передачу даних між датчиками та системою обробки даних.

Дослідження спрямоване на підвищення рівня безпеки та надійності системи моніторингу спецавтотранспорту в межах аеропорту за допомогою впровадження технології радіомережі LoRaWAN. Завдяки використанню

LoRaWAN забезпечено своєчасний збір даних з датчиків та швидку передачу на сервер для обробки, що підвищує рівень безпеки польотів.

Методологія дослідження заснована на використанні математичного моделювання для аналізу характеристик радіомережі з подальшим тестуванням прототипу макетного зразка системи.

У роботі [2], на основі проведеного детального аналізу та досліджень, виявлено, що радіомережа системи моніторингу спецавтотранспорту побудована на модулях GPRS, які використовують канали операторів стільникового зв'язку для передачі даних з датчиків до системи зберігання та обробки даних.

Вибір протоколу передачі даних.

У результаті проведеного аналізу [3] зроблено висновок, що найбільш якісним та ефективним протоколом для передачі геоданих є протокол LoRaWAN.

Розрахунки розміру пакету даних.

Досліджено дані, які необхідні для моніторингу спецавтотранспорту [3]. На основі отриманих результатів дослідження сформовано пакет даних для передачі до системи обробки (Табл.1). У ході програмування системи пакет даних може бути доповнений іншими даними з датчиків.

Таблиця 1

Уточнений пакет даних.

Назва параметрів	Тип даних	Розмір, байт
Номер пристрою (ID node)	integer	4
Координати локації (довгота)	float	4
Координати локації (широта)	float	4
Швидкість	float	4
Погіршення точності GPS	float	4
Кількість супутників	integer	4
Дата	long	4
Компас	float	4
Стан двигуна (увімкнений/вимкнений)	byte	1
Зовнішня температура	integer	4
Атмосферний тиск	integer	4
Вологість	integer	4
Напруга акумулятору	float	4
Всього (Payload Length), байт		49

Розрахунки максимальної відстані від приймача до передавача.

На основі проведеного аналізу [3] виявлено, що в Україні дозволено використовувати тільки два неліцензованих діапазони частот для *LoRaWAN*, а саме 868,0–868,6 МГц та 2400–2483,5 МГц. Зроблено розрахунки часу передачі пакету даних та максимальної відстані між приймачем та передавачем для двох радіомодулів: *SX1272* та *SX1280*. Беручи до уваги те, що між базовою станцією (шлюзом) та нодою (система збору даних з датчиків та передачі їх до шлюзу)

має бути не більш ніж 500 м, а час передачі даних повинен бути мінімальний, проаналізовано отримані дані та виявлено:

- Для радіомодуля *SX1272* (частота 868 МГц) найкращий час передачі пакету даних є 26,14 мс при *SF* = 6 та *Bandwidth* = 500 кГц.
- Для радіомодуля *SX1280* (частота 2400 МГц) найкращий час передачі пакету даних є 8,0591 мс при *SF* = 6 та *Bandwidth* = 812 кГц.

Радіомодуль *SX1280* має кращі показники по часу передачі даних та забезпечує достатнє покриття. Для створення макетного зразку обрано радіомодуль *Ebyte E28-2G4M20S* на базі чіпу *SX1280*.

Розроблена принципова схема системи моніторингу [2] та дороблена в [3].

Зроблено макетні зразки підсистеми зняття показників з датчиками (нода), підсистеми радіозв'язку та підсистеми передачі даних до підсистеми збору даних (шлюз) (Рис.1).

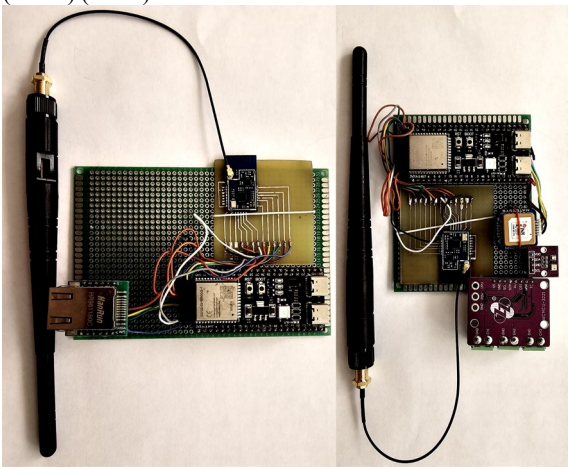


Рис. 1. Макетний зразок шлюзу (зліва) та ноди (справа)

В процесі створення макетного зразку виявлено, що модуль *Ebyte E28-2G4M20S* вже постачається з чипом *SX1281* (Рис. 2), тому в макетному зразку в модулі *Ebyte E28-2G4M20S* зроблено заміну чипу на *SX1280*.

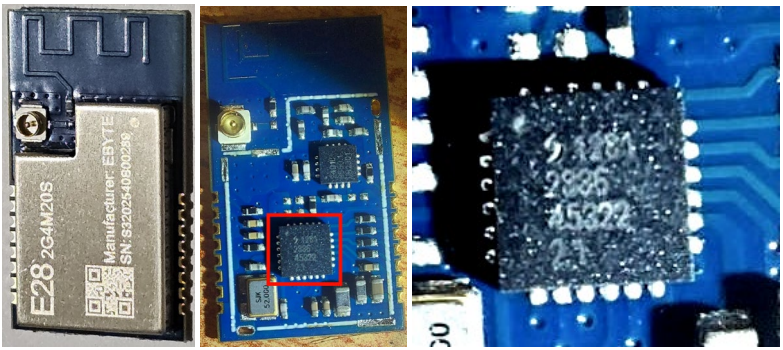


Рис. 2. Радіомодуль *Ebyte E28-2G4M20S* (виявлено чіп *SX1281*)

Для дотримання норм законодавства України було виконано вимір потужності радіомодуля. В результаті дослідження потужності радіомодуля *Ebyte E28-2G4M20S* в макетному зразку за допомогою приладу «*Rohde & Schwarz NRP-Z11*» (Рис. 3) в режимі постійного передавання даних було отримано такі дані (Рис. 4): *Transmit power* = 20,72 *dBm* (117,4 *mW*). Це більше, ніж треба по нормам України (радіомодуль 20 *dB* + антена 6 *dB*). Тому, для зменшення сумарної потужності передавача до меж норми замінено антену з 6 *dB* на 5 *dB*.

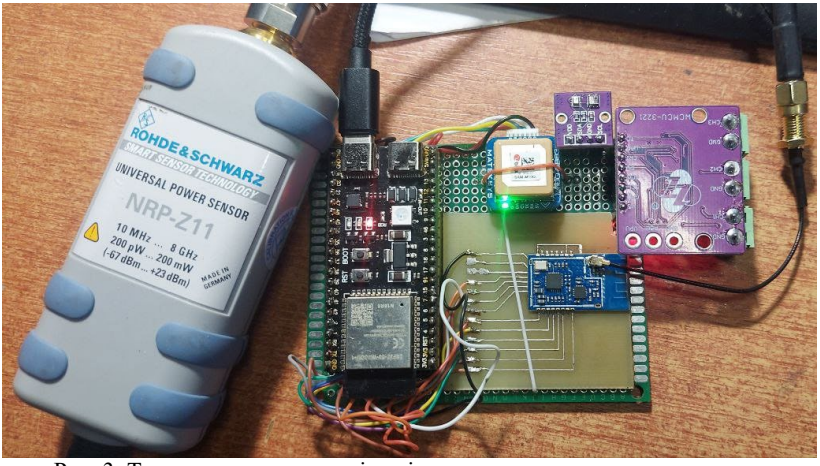


Рис. 3. Тестування потужності радіомодуля макетного зразок ноди за допомогою приладу «*Rohde & Schwarz NRP-Z11*»

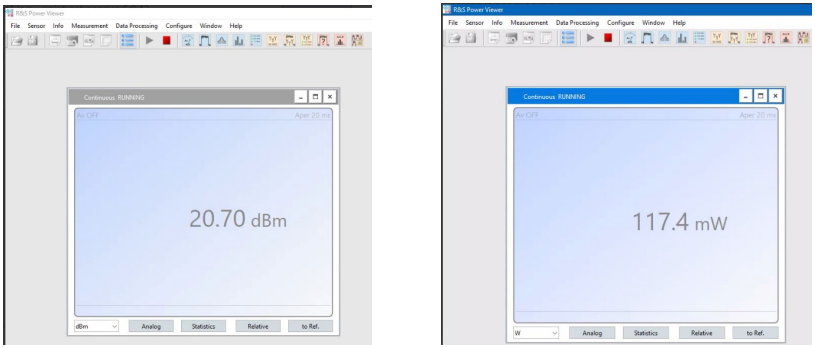


Рис. 4. Результати тестування потужності радіомодуля макетного зразок ноди за допомогою приладу «*Rohde & Schwarz NRP-Z11*»

На теперішній час виконується програмування мікроконтролерів, встановлення та налагодження середи системи збору, обробки та відображення даних з метою подальшого тестування системи моніторингу.

Система моніторингу на базі технології LoRaWAN, що досліджується, вирішує низку проблем, характерних для наступних рішень:

- Завдяки використанню власної мережі LoRaWAN мінімізуються ризики, пов'язані з кібератаками та перешкодами, що є невід'ємною частиною зовнішніх каналів зв'язку. Це гарантує безперебійну роботу системи та захист конфіденційних даних.
- Відмова від сторонніх каналів зв'язку дозволяє суттєво скоротити витрати.
- LoRaWAN забезпечує високу пропускну здатність та мінімальні затримки передачі даних, що дозволяє отримувати актуальну інформацію в режимі реального часу і швидко реагувати на зміни.
- Стабільна робота системи та мінімальні затримки передачі даних забезпечують високу точність отримуваних даних, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень.

Висновки.

У ході моделювання розраховано параметри радіомережі, сформовано пакет даних та створено перший експериментальний зразок ноди та шлюзу. До ноди під’єднані датчики GPS, та інші. Перевірено, що нода передає дані через шлюз до серверу.

На основі проведених досліджень зроблено висновок, що мережу операторів стільникового зв’язку можна замінити радіомережею *LoRaWAN*, що призведе до зменшення ризиків уразливості каналів передачі даних системи моніторингу. Подальші дослідження пов’язані з необхідністю дослідити експериментально дальність зв’язку радіомережі та стабільність роботи.

Виявлено, що радіомодулі *Ebyte E28-2G4M20S* постачаються з чіпом *SX1281* та мають завищену потужність.

Проаналізовано нові модулі та було виявлено, що нещодавно з’явилась ще одна модель модулів на базі *SX1280*, але з потужністю 27 dB, яку можна

програмно регулювати, а саме *LoRa1280F27-TCXO* від «*NiceRF Wireless Technology Co., Ltd.*». У подальших дослідженнях цим модулем можна замінити *Ebyte E28-2G4M20S*.

Завдяки своїм властивостям, технологія LoRaWAN дозволяє суттєво підвищити ефективність роботи аеропортів. Її застосування охоплює такі сфери, як: моніторинг руху об'єктів на аеродромі, контроль за логістичними процесами, збір метеоданих для оптимізації польотів та забезпечення безпеки злітно-посадкових смуг шляхом своєчасного виявлення сторонніх об'єктів (тварин, людей, техніки), автоматизація та контроль освітлення злітно-посадкових смуг та інше.

Список літератури

1. Верховна Рада Україїни. Положення про систему управління безпекою польотів на авіаційному транспорті. URL : https://ips.ligazakon.net/document/REG8075?an=18 (дата звернення: 16.09.2024).

2. Є.Є.Карпов, О.В.Вовна Підвищення безпеки та надійності комп'ютерно-інтегрованої системи моніторингу в межах аеропорту на базі радіомережі LoRaWAN. Комп’ютерні системи та мережні технології : Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції. 2024. С. 76—78. URL : http://csnt.nau.edu.ua/files/2024/sbirnyk2024.pdf (дата звернення: 16.09.2024).

3. Є.Є.Карпов, О.В.Вовна Проблеми збору даних для моніторингу технічних характеристик і локації спеціалізованого автотранспорту аеропорту. Проблеми інформатизації та управління, 2(78)’2024. С. 18—29.

УДК 004.93’1:629.735

Ю.В. Лукаш
(Науіональний Авіаціний Університет, Україна)

Застосування SIFT алгоритму для самонаведення БПЛА на специфічні об‘єкти

Розглянуто різні функції автономного управління БПЛА, які зараз активно розвиваються. Запропоновано верхньорівневий опис системи по взаємодії дрона-розвідника з дронами ураження для полегшення етапу захоплення специфічних цілей. Проведено опробування роботи SIFT алгоритму для успішного знаходження об‘єкту пошуку за характерними ознаками.

Поширення автономних функцій у БПЛА

На сьогодні спостерігається стрімкий розвиток технологій пов‘язаних з БПЛА. Зокрема це зумовлено війною, де БПЛА різного типу використовуються для широкого спектру задач. Зараз в Україні розроблюються, проходять тестування та удосконалюються БПЛА від всіх провідних виробників світу. Вже зараз в тій чи іншій формі є розробки, які додають дронам різних форм автономності.

Давно відомі функції – політ по місії за заданими координатами GPS. Це використовується для розвідувальних операцій, може використовуватися для логістичних операцій.

В умовах складних умов експлуатації GPS сигнал може бути недоступний на певних територіях, тому для автономної навігації використовують алгоритми штучного інтелекту та комп‘ютерного зору для вирішення задач геолокації за оптичним каналом. Співставляючи кадри з відео на БПЛА з попередньо загруженою аерофотозйомкою району роботи та метаданих з координатами прив‘язаних до цих кадрів. В разі успішного співставлення отримані координати можуть замінювати або доповнювати дані з GPS датчика.

Навігація за альтернативними каналами використовувалася давно – наприклад у військовій техніці, в ракетах застосовувалиця навігція по карті висот, рельєфу. Також існує інерціальна система. Вони мають свої недоліки, похибки, проте в комплексі мають своє ефективне застосування.

Наступним розвитку набувають підходи донаведення на ціль, метою яких є автономна робота літального апарату в умовах роботи перешкод та неможливості оператора керувати апаратом на фінальній дистанції. Для цього використовують різні алгоритми трекінгу цілі. Якщо це напівавтоматичний режим – тоді для запуску трекера оператор БПЛА має захопити та вказати ціль, а вже після цього алгоритм автономно сам скерує дрон в необхідне місце.

Для того, щоб напівавтоматичний режим зробити повністю автоматичним потрібно реалізувати підхід, коли захоплення цілі також буде робити компьютер-компаньон. Для вирішення цієї задачі на перший етап в деяких розробках додають object detection алгоритм. Одним популярним з таких алгоритмів є YOLO модель. В роботі [2] проводилась оцінка швидкодії роботи

такого алгоритму на одноплатних комп‘ютерах і видно, що це нешвидкий та вибагливий алгоритм. Також object detection алгоритми потребують попереднього навчання на певні типи об‘ктів, які він зможе визначати. Процес якісного навчання є дуже ресурсозатратним і проводиться на спеціалізованому обладнанні з потужними графічними процесорами. Таке рішення для задачі захоплення цілі накладає обмеження, що БПЛА зможе захоплювати цілі певного типу, це може бути досить поширений тип – БМП чи гармата. Проте це не дозволяє захопити специфічні цілі – конкретну будівлю, специфічно замаскований комплекс РЕР чи ППО. Також вимогливість алгоритмів з розпізнавання о‘бєктів до продуктивності комп‘ютера-компаньона суттєво піднімає ціну на такі рішення. Використання Jetson Nano для задач з самознищенням зачасту не є виправданим.

Взаємодія дрона-розвідника та дронів-камікадзе

В роботі пропонується підхід, який вирішує задачу захоплення цілі дешевим дроном камікадзе шляхом передачі йому декількох зображень специфічної цілі з більш якісного дрона-розвідника та вказання району розміщення такої цілі.

Для пошуку та захоплення цілі дроном-камікадзе пропонується використовувати SIFT (scale-invariant feature transform) алгоритм. Його суттєвими перевагами є стійкість до зміни масштабу та кутів огляду. Це дозволяє розраховувати на вдалу роботу такого алгоритму навіть якщо ціль вже перемістилася, або БПЛА бачить її під іншим кутом.

Саме такий підхід роботи системи дронів може бути ефективним для виявлення та автономного оперативного ураження цілей, на які складно завчасно навчити моделі нейромереж по розпізнаванню об‘єктів.

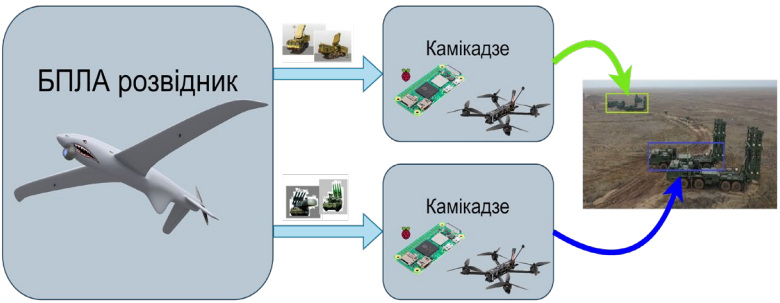


Рис. 1. Взаємодія дрона-розвідника та дронів-камікадзе.

В рамках роботи проводилося моделювання такої взаємодії та оцінка якості роботи алгоритму SIFT для пошуку заданих об‘єктів на більш великих кадрах. Результати пошуку показали хороший результат успішного знаходження. Зображення з різних ракурсів також позитивно впливають на результативність, хоч і пропорційно збільшують час роботи алгоритмів. На

(Рис.2) показано успішне спрацювання алгоритму на зображення навіть невисокої якості.

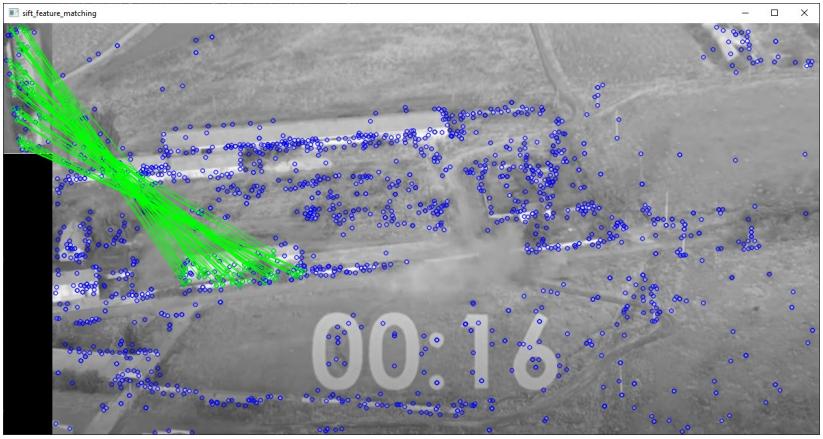


Рис. 2. Успішна робота знаходження розвернутого об‘єкту алгоритмом SIFT

Наступними кроками дослідження будуть запуск алгоритмів пошуку на відео, а не одиничних зображеннях. Для цього потрібно провести підготовчий етап по збору якісних тестових даних, враховуючи досить специфічну вимогу. Так як потрібне відеозображення з камери одного дрону, а також фотографії конкретного об‘єкту, що є на цьому відео, зроблене з різних ракурсів іншим дроном.

Висновки

В роботі розглянуті тенденції та актуальні напрями розробок по поєднанню алгоритмів штучного інтелекту, комп‘ютерного зору з БПЛА для досягнення їх автономності. Запропонована та описана схема взаємодії дрона-розвідника та дронів-камікадзе для вирішення задачі автономного захоплення цілі. Проведено моделювання та тестування співставлення зображень шуканих об‘єктів та кадрів потенційного пошуку алгоритмом SIFT.

Список літератури

1. Mohsan S. A. H. et al. Unmanned aerial vehicles (UAVs): practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics.* 2023. Vol. 16, Iss. 1. P. 109–137. DOI: 10.1007/s11370-022-00452-4.

2. Лукаш Ю.В. Аналіз продуктивності алгоритму детекції об’єктів YOLOv8n на мікрокомп’ютерах RaspberyPi TA NVidia Jetson Nano. *Проблеми інформатизації та управління.* 2024. Випуск 1(77), с. 61-67 DOI: 10.18372/2073-4751.77.18658

3. Gao, J., Sun, Z. An Improved ASIFT Image Feature Matching Algorithm Based on POS Information. *Sensors*. 2022. Vol 22 (20), art. no. 7749. DOI: 10.3390/s22207749

УДК 623.746-519:004(043.2)

М.А. Сіренко, М.К. Печурін, д.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)

Оптимізація енерговитрат прийом-передавального обладнання БПЛА для підвищення ступеня захищеності комплексу

Запропонована модель оптимізації енерговитрат інтегрованої системи малопотужних БПЛА для підвищення ймовірності якісного виконання функцій комплексом. Результати моделювання демонструють характер залежності сумарної потужності обладнання від властивостей середовища

В умовах сучасного застосування БПЛА критичним фактором є їх здатність залишатися непоміченими під час виконання поставлених завдань. Одним з основних чинників, що впливає на ступінь захищеності системи, є контроль рівня радіовипромінювання, що генерується прийом-передавальним обладнанням для забезпечення зв'язку між вузлами комплексу. Особливого значення це набуває під час розробки інформаційних технологій штучного інтелекту інтегрованих нейрокомп'ютерних систем, що встановлюються на борту надлегких безпілотних літальних апаратів, де існують значні обмеження щодо допустимого рівня енерговитрат обладнання, яке забезпечує інтеграцію вузлів системи [1]. Значний відсоток енерговитрат припадає саме на прийом-передавальне обладнання комплексу БПЛА, яке використовується для забезпечення функціонування телекомунікаційної інфраструктури [2].

Варто зазначити, що незалежно від використаної інформаційно-телекомунікаційної технології, переваги від інтеграції компонентів та забезпечення швидкого обміну даними в межах системи можуть бути нівельовані через зростання ймовірності демаскування комплексу внаслідок зростання інтенсивності електромагнітного випромінювання прийом-передавального обладнання [3].

У доповіді представлено модель для оцінки величини загальних енерговитрат прийом-передавального обладнання нейрокомп'ютерної системи, архітектура якої подібна до мережі Хопфілда, де передбачено можливість наявності аномалії у вигляді відсутності прямих зв'язків між окремими вузлами системи. Це, у свою чергу, дає змогу підвищити ефективність виконання завдань комплексом БПЛА завдяки зростанню рівня інтеграції системи, водночас знижуючи ризик демаскування за рахунок зменшення інтенсивності радіовипромінювання прийом-передавальним обладнанням.

Метод навчання нейронної мережі реалізує стандартну функцію навчання, враховуючи той факт, що енерговитрати на підтримку зв'язку прийом-передавальним обладнанням нейрокомп'ютерної системи виникають лише за умови наявності прямої точка-точка комунікації між парою вузлів [4]. Запровадивши припущення щодо характеру затухання сигналу в комунікаційному середовищі та характеру залежності загальних енерговитрат від потужності прийом-передавального обладнання елементів

нейрокомп'ютерної системи, вдалося розробити спрощену нормативну модель в межах задач блокового лінійного програмування [5].

Вихідними даними для визначення параметрів моделі є інформація про поточне розташування кожного з m елементів нейронної мережі, встановлених на борту взаємодіючих БПЛА, компоненти якої розташовані в тривимірному просторі.

Синтезована модель налаштована на такі критерії ефективності:

- мінімізацію ймовірності виявлення трафіку зовнішніми засобами радіорозвідки, що може призвести до зменшення ефективності комплексу БПЛА;

- максимізація ступеня інтегрованості системи, забезпечуючи максимальну ймовірність успішного виконання завдань комплексом БПЛА шляхом збереження інтегрованості та необхідного міжкомпонентного обміну даними.

Тобто маємо векторний критерій:

- [Ймовірність виявлення мережевого трафіку інтегрованої системи БПЛА] → *min*;

- [Рівень інтегрованості системи] → *max*.

Для зняття невизначеності у критеріях використано спосіб виділення головного критерію та врахування інших в обмеженнях.

Головним параметром, який опосередковано визначає кількісні значення першого із зазначених критеріїв є потужність прийом-передавального обладнання комплексу.

Розроблена модель формалізує пошук мінімального значення сумарної потужності прийом-передавального обладнання при збереженні необхідного ступеня інтегрованості системи.

Функція мети має наступний вигляд:

$$P_{\Sigma} = C * P,$$

де C - вектор-рядок, розмірністю $(1 * m)$;

$P = (P_1, P_2, P_3 \ \dots \ P_m)^T$ - вектор-стовпчик, розмірністю $(m \ * \ 1)$.

Обмеження які накладаються на модель:

$$P \geq 0,$$

$$A * P \geq L(k),$$

де $L(k)$ - вектор-стовпчик, розмірністю $(m^2 * 1)$;

A - блочно-діагональна матриця, розмірністю $(m^2 * m)$;

k - константа, яка визначає характеристики комунікаційного середовища.

Дослідження моделі було здійснено за допомогою інструментарію *Python* та наступних модулів: *numpy*, *pulp*, *random*, *constants*, *scipy*, *matplotlib* та інших.

Рисунок демонструє характер залежності мінімально необхідної загальної потужності прийом-передавального обладнання БПЛА від властивості (параметр k) комунікаційного середовища.

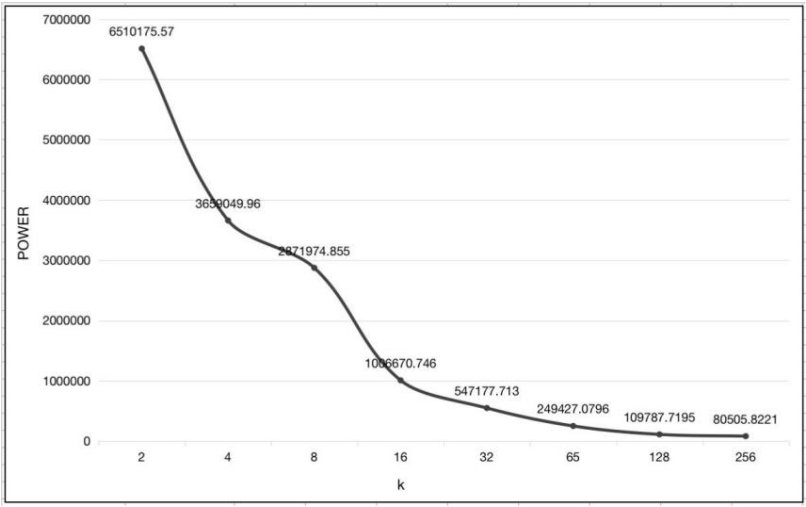


Рис. 1. Залежність сумарної потужності обладнання від властивості комунікаційного середовища

Висновок

Запропонована в роботі модель розрахунку мінімально-допустимого значення загальної потужності прийом-передавального обладнання БПЛА дозволяє мінімізувати ймовірність виявлення комплексу зовнішніми засобами радіорозвідки при збереженні задовільного рівня інтегрованості системи.

Список літератури

1. Pechurin M.K., Boyarinova Yu.Ye., Kondratova L.P., Voronin M.G., Sirenko M.A. (2022). Models of the topologies for the weak-emitting telecommunication system of interacting UAVs. Problems of Informatization and Management, 4(72), 48-54.

2. Abubakar AI., Ahmad I., Omeke KG., Ozturk M., Ozturk C., Abdel-Salam AM., Mollel MS., Abbasi QH., Hussain S., Imran MA. (2023). A Survey on Energy Optimization Techniques in UAV-Based Cellular Networks: From Conventional to Machine Learning Approaches. Drones, 7(3), 214.

3. Na Y., Li Y., Chen D., Yao Y., Li T., Liu H., Wang K. (2023). Optimal Energy Consumption Path Planning for Unmanned Aerial Vehicles Based on Improved Particle Swarm Optimization. Sustainability, 15(16), 12101.

4. Zhang Z., Zhou Y., Zhang Y., Qian B. (2024). Strong Electromagnetic Interference and Protection in UAVs. Electronics, 13(2), 393.

5. Dlask T. (2023). Block-coordinate descent and local consistencies in linear programming. Constraints, 28, 69-70.

УДК 004.738

Є.О. Сокирка, І.О. Кукулевський
(Національний авіаційний університет, Україна)

Аналіз сучасних стандартів і рекомендованих практик щодо забезпечення безпеки платіжних систем для послуг або продажу квитків в терміналах аеропортів

У роботі проаналізовано сучасні стандарти та практики безпеки платіжних систем в аеропортах, зосереджуючись на основних загрозах (фішинг, атаки на POS-термінали) та ефективних методах захисту (PCI DSS, багатофакторна автентифікація, шифрування). Також розглянуто важливість впровадження технологій блокчейн і штучного інтелекту.

Безпека платіжних систем у терміналах аеропортів є критично важливим питанням, оскільки атаки на ці системи можуть призвести до серйозних фінансових втрат, компрометації персональних даних користувачів і зниження рівня довіри до інфраструктури аеропорту. Для зниження цих ризиків необхідно дотримуватися міжнародних стандартів і застосовувати передові методи захисту, зокрема шифрування даних, багатофакторну автентифікацію і постійний моніторинг.

Одним із головних стандартів, що регулює безпеку платіжних операцій, є PCI DSS (Payment Card Industry Data Security Standard). Він визначає вимоги щодо зберігання, обробки та передачі даних платіжних карток і охоплює такі аспекти:

- Шифрування даних у процесі їх передачі та зберігання.
- Використання захищених систем автентифікації.
- Регулярний моніторинг систем та виявлення потенційних загроз.
- Сегментація мережі для мінімізації ризиків несанкціонованого доступу до даних.

Також варто відзначити стандарт ISO/IEC 27001, який регламентує побудову систем управління інформаційною безпекою (ISMS). Цей стандарт допомагає організаціям впроваджувати систематичні заходи для забезпечення безпеки даних та захисту інформаційної інфраструктури від потенційних загроз.

Шифрування є основним інструментом для забезпечення конфіденційності фінансових транзакцій. Найпоширенішими алгоритмами є AES (Advanced Encryption Standard) і RSA (Rivest–Shamir–Adleman), які забезпечують захист даних під час їх передачі між платіжним терміналом та платіжними процесорами. AES використовується для симетричного шифрування, а RSA — для асиметричного, що дозволяє захищати дані від стороннього доступу навіть у випадку перехоплення інформації.

Застосування багатофакторної автентифікації (MFA) є ще однією важливою практикою для захисту платіжних систем. Вона включає в себе кілька етапів перевірки особи користувача: введення пароля, підтвердження через SMS або мобільний додаток, а також використання біометричних даних. Це дозволяє значно знизити ризик компрометації облікових записів та

несанкціонованого доступу до системи.

Моніторинг і виявлення аномалій є важливою складовою захисту платіжних систем. Системи моніторингу на основі штучного інтелекту та машинного навчання дозволяють виявляти підозрілу активність, таку як незвичні транзакції або аномалії в процесі передачі даних. Це допомагає вчасно реагувати на потенційні загрози та запобігати кібератакам.

Попри існування стандартів, сучасні платіжні системи залишаються вразливими до таких типів атак, як фішинг, атаки на термінали, зловмисне програмне забезпечення та соціальна інженерія. Важливою проблемою є безперервний розвиток нових технік кібератак, що вимагає від компаній постійного вдосконалення систем безпеки.

Фішинг-атаки є одним із найпоширеніших і найнебезпечніших методів кіберзлочинців для компрометації платіжних систем в аеропортах. Зловмисники використовують соціальну інженерію для обману користувачів, щоб змусити їх розкрити конфіденційну інформацію, таку як дані платіжних карток, паролі або інші ідентифікаційні дані. Фішинг зазвичай здійснюється через електронну пошту, де користувач отримує повідомлення, що імітує справжню службу (наприклад, банк або платіжний термінал). Лист містить посилання на фальшивий вебсайт, що виглядає автентично, але насправді призначений для збору конфіденційних даних користувача.

Фішингові атаки можуть призвести до таких наслідків:

- Викрадення платіжних реквізитів або персональних даних.
- Неавторизоване використання фінансових ресурсів.
- Компрометація систем захисту терміналів аеропортів, що може викликати серйозні фінансові втрати і порушення роботи.

POS-термінали (Point-of-Sale) в аеропортах є основними інтерфейсами для фінансових операцій, тому вони стають частими мішенями для кібератак. Атаки на ці термінали можуть призвести до крадіжки даних платіжних карток, підробки транзакцій, або навіть впливу на операційну роботу аеропорту. Серед найбільш поширених атак на POS-термінали можна виділити такі:

- Зловмисники можуть впровадити шкідливий код у POS-термінали, що дозволяє перехоплювати платіжні дані під час транзакцій. Один із прикладів такого шкідливого ПЗ — RAM-scraping malware, яке витягує дані кредитних карток з пам'яті терміналу під час обробки.
- Зловмисники можуть фізично маніпулювати POS-терміналами, встановлюючи спеціальні пристрої для збору інформації про кредитні картки (так звані скіммери), або отримувати доступ до внутрішньої інфраструктури терміналу для несанкціонованих транзакцій.
- POS-термінали можуть бути підключені до загальної мережі аеропорту або інтернету, що робить їх вразливими до атак через мережеві уразливості, такі як man-in-the-middle (атака, при якій зловмисник перехоплює і змінює дані між двома сторонами, що комунікують).

Атаки на POS-термінали мають серйозні наслідки:

– Крадіжка платіжних даних може призвести до фінансових втрат для клієнтів та компаній, що обслуговують термінали.
– Викрадені дані можуть бути продані на чорному ринку або використані для здійснення шахрайських транзакцій.
– Атаки можуть викликати збої в обслуговуванні клієнтів, затримки у продажу квитків і призвести до репутаційних втрат для аеропорту.

Для мінімізації ризиків компрометації платіжних систем у терміналах аеропортів рекомендується дотримуватися таких практик:

– Постійний моніторинг і тестування систем безпеки дозволяють виявляти та усувати вразливості до того, як ними зможуть скористуватись зловмисники.
– Технології розподіленого реєстру можуть забезпечити прозорість і надійність транзакцій, що робить атаки на систему менш імовірними.
– AI та машинне навчання можуть допомогти виявляти аномалії в транзакціях і передбачати потенційні загрози на основі історичних даних.

Висновки

Забезпечення безпеки платіжних систем в аеропортах є важливою складовою загальної кібербезпеки авіаційної галузі. Стандарти, такі як PCI DSS, разом із сучасними методами шифрування та багатофакторною автентифікацією, допомагають мінімізувати ризики, пов'язані з кібератаками. Проте виклики, такі як фішинг та атаки на POS-термінали, вимагають постійного вдосконалення систем захисту. Впровадження новітніх технологій, як-от блокчейн і штучний інтелект, є перспективними для підвищення рівня безпеки та запобігання компрометації даних. Удосконалення механізмів моніторингу та аналізу аномалій дозволить підвищити стійкість систем до кібератак, забезпечуючи надійність платіжних операцій у терміналах аеропортів.

Список літератури

1. PCI DSS v4.0 Quick Reference Guide. URL: https://docs-prv.pcisecuritystandards.org/PCI%20DSS/Supporting%20Document/PCI_DSS-QRG-v4_0.pdf (дата звернення: 11.09.2024).
2. ISO/IEC 27001:2013. Information technology – Security techniques – Information security management systems. URL: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:27001:ed-2:v1:en (дата звернення: 11.09.2024).
3. Payment security: An in-depth, actionable guide for businesses. URL: https://stripe.com/resources/more/payment-security (дата звернення: 15.09.2024).

УДК 004.056

М.О. Рябий, к.т.н., Ю.М. Гончарук, В.В. Радін
(Національний Авіаційний Університет, Україна)

Аналіз сучасних стандартів і рекомендованих практик щодо захисту даних в комунікаційній сфері

Розгляд важливості захисту даних у телекомунікаційній сфері, аналіз міжнародних та українських стандартів, а також загальних практик забезпечення безпеки. Особлива увага приділяється новим викликам, пов'язаним із впровадженням 5G та IoT.

Захист даних в комунікаційній сфері є критичним аспектом сучасних інформаційних технологій, оскільки забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності інформації є основою для надійного функціонування телекомунікаційних систем. Зростання обсягів переданих даних та розвиток нових технологій, таких як 5G, інтернет речей (IoT) та хмарні сервіси, створюють нові виклики для забезпечення безпеки даних.

Навіть незначні збої в роботі телекомунікаційних компаній можуть призвести до серйозних наслідків. Наприклад, злам компанії Київстар у 2023 році призвело до тимчасової втрати зв'язку для мільйонів абонентів, що спричинило не тільки незручності, але й фінансові втрати для бізнесу та приватних осіб [1]. Цікавим був випадок зламу інтернет провайдера Corbina в 2023 році. В результаті атаки хакери отримали доступ до баз даних клієнтів (csv та excel документів), що містили особисту інформацію, історію платежів та інші конфіденційні дані [2].

Ці та інші приклади демонструють, наскільки важливим є захист даних в телекомунікаційній сфері. Втрата або витік даних може призвести до серйозних фінансових втрат, порушення конфіденційності та навіть загрози національній безпеці, саме тому Україна вдало імплементувала міжнародні стандарти захисту інформації, що визнані та актуальні в передових цифрових країнах світу, а також розробила власні стандарти захисту даних. Зокрема до міжнародних стандартів, прийнятих в Україні відносяться:

- Міжнародний стандарт ISO/IEC 27001 визначає вимоги до систем управління інформаційною безпекою (СУІБ) [3]. Він включає рекомендації щодо забезпечення конфіденційності, цілісності та доступності інформаційних активів, що є ключовими для телекомунікаційних компаній. Впровадження ISO/IEC 27001 дозволяє систематизувати процеси безпеки та мінімізувати ризики витоку або втрати даних.
- Стандарт 3GPP TS 33.501, розроблений 3rd Generation Partnership Project (3GPP), визначає вимоги до безпеки мереж 5G. Він охоплює такі аспекти, як автентифікація, захист сигналізації та користувацьких даних, управління ключами безпеки та забезпечення конфіденційності даних абонентів [4].
- Загальний регламент захисту даних (GDPR) регулює обробку персональних даних у Європейському Союзі та має прямий вплив на телекомунікаційні компанії, що працюють з європейськими користувачами [5].

Він встановлює суворі вимоги щодо збору, зберігання та передачі персональних даних, а також передбачає штрафи за порушення вимог.

Українське правове регулювання питань захисту даних проводиться на основі Закону України "Про захист персональних даних", який встановлює основні принципи та вимоги до обробки персональних даних [6]. Цей закон регулює обробку персональних даних в Україні, виключаючи обробку для особистих, домашніх, журналістських або творчих потреб. Він встановлює вимоги до збору, обробки, зберігання, передачі та захисту персональних даних, гарантуючи права суб'єктів даних на інформацію про обробку їхніх даних та забороняє обробку чутливих даних без згоди. Закон також визначає обов'язки володільців та розпорядників даних, встановлює процедури реєстрації баз даних та умови міжнародної передачі даних, забезпечуючи відповідність міжнародним стандартам, що були згадані раніше і загальним законодавством.

Рівнем нижче, паралельно зі стандартами - в компаніях існують загальні практики з захисту даних, що є еволюційно сформованими правилами, дотримання яких покриває більшість загроз. До таких практик відноситься Шифрування даних що є однією з основних практик захисту даних в телекомунікаційних мережах. Використання протоколів TLS, IPsec, а також шифрування на рівні радіоінтерфейсу (наприклад, в мережах 5G) забезпечує захист даних як під час передачі, так і при зберіганні. Це унеможливлює несанкціонований доступ до інформації навіть у разі перехоплення трафіку. Також варто дотримуватися правил виявлення та запобігання загрозам (IDS/IPS), які дозволяють виявляти підозрілі активності та запобігати атакам на мережеву інфраструктуру. Це включає моніторинг аномалій трафіку, поведінковий аналіз та використання машинного навчання для прогнозування можливих атак.

Важливо зауважити, що зачасту слабкою ланкою інформаційних систем є не технології, а саме людський фактор. Тому важливою практикою є Захист кінцевих точок, такі як мобільні пристрої та IoT-пристрої, є найбільш вразливими до атак. Для їх захисту використовуються такі методи, як автентифікація користувачів, багатофакторна автентифікація (MFA), управління мобільними пристроями (MDM) та шифрування даних на пристрої.

Також варто згадати такі практики як: регулярне резервне копіювання даних, проведення аудиту інформаційної безпеки та тестування на проникнення, навчання персоналу з питань інформаційної безпеки, що підвищує їхню обізнаність та відповідальність.

Не зважаючи на високу стандартизацію, впровадження мереж 5G створює нові виклики для забезпечення безпеки даних. Це пов'язано з децентралізованою архітектурою мережі, розширеним використанням віртуалізації та підтримкою великої кількості підключених пристроїв. Удосконалення протоколів автентифікації та шифрування, а також використання штучного інтелекту для виявлення загроз є ключовими напрямками розвитку. Підключення мільярдів IoT-пристроїв до телекомунікаційних мереж створює нові загрози для безпеки даних. Низький рівень захисту, недостатні ресурси для реалізації складних криптографічних алгоритмів та вразливості в прошивці роблять IoT-пристрої привабливою мішенню для зловмисників. Розробка нових

методів легковагового шифрування та стандартизація протоколів безпеки для IoT є нагальною потребою.

Захист даних у телекомунікаційній сфері є багатогранною проблемою, що потребує комплексного підходу та впровадження сучасних стандартів і практик. Міжнародні стандарти, такі як ISO/IEC 27001 та 3GPP TS 33.501, забезпечують надійну основу для побудови безпечних мереж, але постійний розвиток технологій вимагає вдосконалення існуючих та створення нових методів захисту. Інтеграція штучного інтелекту, захист IoT-пристроїв та посилення контролю за обробкою персональних даних є ключовими напрямками для подальших досліджень і впровадження у галузі телекомунікацій.

Список літератури

1. «Київстар не працює. Що сталось?» [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.bbc.com/ukrainian/articles/cz92xrkklwro.

2. «Хакери зламали інтернет-провайдерів Znet і Cobrina: перші подробиці» [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://life.fakty.com.ua/ua/tekhnolohii/hakery-zlamaly-internet-provajderiv-znet-i-cobrina-pershi-podrobyczi/

3. ISO/IEC 27001:2013. Information technology — Security techniques — Information security management systems — Requirements.

4. 3GPP TS 33.501. Security architecture and procedures for 5G System.

5. General Data Protection Regulation (GDPR), EU 2016/679.

6. Закон України "Про захист персональних даних" https://www.president.gov.ua/documents/2297vi-11567

УДК 007.52:623.365(045)

Білецька Поліна Євгенівна, учениця 11 класу Комунального закладу «Харківський ліцей №141 Харківської міської»;
Харківське територіальне відділення МАН України.
Гурко Олександр Геннадійович, д.т.н., професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Роботехнічна система «Робот-сапер»

ООН назвала Україну найбільш замінованою країною у світі. За вісім років війни площа забруднення вибухонебезпечними предметами перевищила територію Чехії чи Литви[1]. За даними Міноборони України, загальна площа забруднених мінами, снарядами територій складає 174 тисячі квадратних кілометрів[2]. Велика кількість вибухонебезпечних предметів робить роботу рятувальників-піротехніків більш небезпечною, за даними ДСНС 20% від загальної кількості загиблих рятувальників - це піротехніки[3]. Мирне населення не є виключенням, із-за необережності та недотримання певних правил безпеки багато людей щотижня гинуть від цього.

Тому Україні терміново потрібні нові рішення та технологій які дозволять пришвидшити процес розмінування та зробити його більш ефективним.

Мета: підвищення швидкості та ефективності розмінування великих територій України та інших країн за рахунок створення недорогої та ефективної робототехнічної системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів.

Об'єкт роботи: процес автоматизованого а дистанційного знаходження та знешкодження наземних протипіхотних та протитанкових мін.

Предмет роботи: робот для розмінування території.

Завдання роботи:

- аналіз існуючих рішень щодо виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів для визначення їх переваг та недоліків;
- розробка структури роботизованої системи для виявлення та знешкодження вибухонебезпечних предметів, визначення її механічних особливостей;
- вибір технічних засобів для створення діючої моделі роботизованої системи;
- розробка та зборка діючої моделі запропонованої системи, розробка програмного забезпечення та підтвердження ефективності її роботи.

В роботі запропоновано конструкцію недорогої робототехнічної системи для виявлення а знешкодження вибухонебезпечних предметів. Експериментальні дослідження з розробленим діючим макетом показали ефективність запропонованих рішень.

Застосування результатів роботи сприятиме підвищенню безпеки та ефективності роботи рятівників-піротехніків.

Список літератури

1) П’ять актуальних запитань (і відповідей) про розмінування в Україні | Chas.News. *chas.news*. URL: https://chas.news/current/pyat-aktualnih-zapitan-i-vidpovidei-pro-rozminuvannya-v-ukraini.

2) Як виявляють і знешкоджують міни - BBC News Україна. *BBC News Україна*. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/vert-fut-39698204.

3) Протипіхотні міни: скільки жертв в Україні та світі. Слово і Діло. URL: https://www.slovoidilo.ua/2023/11/16/infografika/suspilstvo/protypixotni-miny-skilky-zhertv-ukrayini-ta-sviti.

UDC 519.2

V.V. Borysenko, V.L. Vlasenko, I.L. Ivanov, PhD, M.O. Bondarenko, PhD
(Cherkasy, Ukraine)

Lanchester's model of armed confrontation on the plane with the inclusion of UAVs

The project focuses on using AI to model combat scenarios involving UAVs and robotic systems. AI algorithms optimize strategies in real-time, adapting to battlefield conditions like troop positioning and threats. Mathematical models and machine learning algorithms are created and enhance decision-making, improving efficiency and minimizing losses.

The relevance of Lanchester-type models is evident from regular publications in military periodicals, highlighting their effectiveness for operational forecasting during hostilities [1][4]. These models, part of broader mathematical systems, are essential for quick assessments of force ratios and predicting outcomes of planned actions. Analytical modeling is primarily used for such tasks, incorporating dynamic coefficients based on available intelligence about the enemy [2]. The process is modeled by a system of differential equations, with the enemy's likely actions considered in simplified scenarios [3]. Lanchester's deterministic model for heterogeneous troops forms the basis of such analysis ([4]. p.10):

$$\frac{dB_i}{dt} = -\sum_j \alpha_{ji} R_j(t) \qquad (1.1)$$

$$\frac{dR_j}{dt} = -\sum_i \alpha_{ij} B_i(t) \qquad (1.2)$$

We will consider the case of three types of armed forces, where the indices *i, j* can take the values 1, 2, 3, and the damage matrix [*ij*] is square. It is well-known that in this model, the functions B_i and R_j can take on non-integer values. To describe the phenomenon of Poisson disposal, let $X_i(\lambda_i)$ and $Y_j(\mu_j)$ be independent random variables distributed according to the Poisson law. Assuming now that B_i and R_j are integers, we consider the equation in the form:

$$B_i(t+\Delta t) = B_i(t) - X_i(\Delta t \frac{B_i(t)}{B(t)} \sum_{i=1}^{3} \alpha_{ij} R_j(t)) \qquad (1.3)$$

$$R_j(t+\Delta t) = R_j(t) - Y_j(\Delta t \frac{R_j(t)}{R(t)} \sum_{i=1}^{3} \alpha_{ji} B_i(t)) \qquad (1.4)$$

Since $\Delta t > 0$ is small, the Poisson variables X_i and Y_j are similarly insignificant, which means that they are expected to take on zero values. The matrix $[\alpha_{ij}]$ used is:

$$[\alpha_{ij}] = \begin{bmatrix} 1;\ 3;\ 0{,}5; \\ 0{,}2;\ 1;\ 2; \\ 2;\ 1;\ 0{,}5 \end{bmatrix}. \qquad (1.5)$$

This matrix reflects a rock-paper-scissors dynamic, which is quite typical for the types of forces: each type of force has its own strengths and weaknesses: typically for infantry, tanks, and anti-tank units [5].

We examine Lanchester models for heterogeneous troops using Poisson disposal, focusing on the best and worst battle scenarios in terms of time and casualties. The best-case scenario for the blue side (Figs. 2 and 3) shows short battles with minimal troop losses:

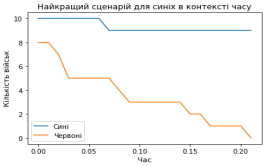


Fig. 2

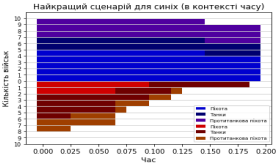


Fig. 3

while the red side's best scenario (Figs. 4 and 5) demonstrates similar trends.

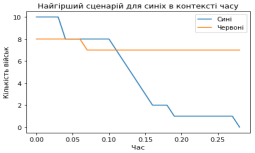


Fig. 4

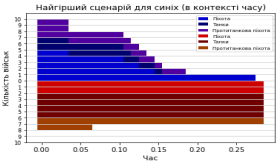


Fig. 5

In terms of minimizing losses, the blue side's best-case scenario (Figs. 6 and 7) involves prolonged combat with stable troop numbers.



Fig. 6

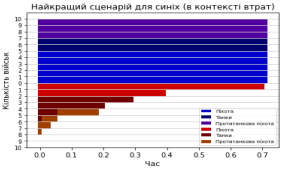


Fig. 7

For the red side, this trend is reflected in Figs. 8 and 9. In battles focused on time, infantry losses are quicker, while in casualty-driven scenarios, anti-tank infantry losses dominate.

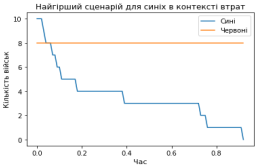


Fig. 8

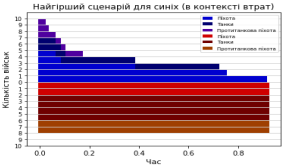


Fig. 9

The quantile scenario, representing an average battle outcome, is depicted in Figs. 10 and 11, showing equal chances for both sides.

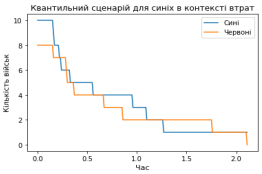


Fig. 10

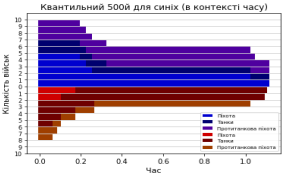


Fig. 11

A battle fraction analysis (Fig. 12) provides insights into combat duration dynamics, which are crucial for military strategy.

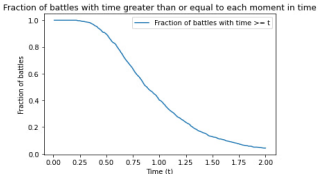


Fig. 12

Lastly, a heatmap (Fig. 13) illustrates troop dynamics over time, supported by average values (Fig. 14).

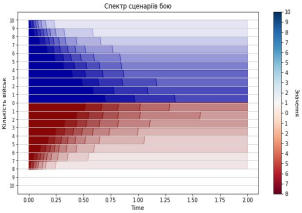


Fig. 13

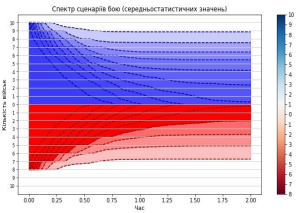


Fig. 14

We construct a Lanchester space model that considers not only the temporal dynamics but also the location and movement of forces. The Euclidean distance metric is used for troop movement in a 400 by 400 grid, ensuring rapid movement to the center. The direction of movement for blue and red forces is represented by D_B and D_R respectively, where $B_{i(x;y)}$ and $R_{j(x;y)}$ are the positions of blue and red units, and N is the field size:

$$D_B = \left\lceil \frac{\frac{N}{2} - B_{i(x;y)}}{\sqrt{\left(\frac{N}{2} - B_{i(x;y)}\right)^2 + \left(\frac{N}{2} - R_{j(x;y)}\right)^2}} \right\rceil \quad (1.6)$$

$$D_R = \left\lceil \frac{\frac{N}{2} - R_{j(x;y)}}{\sqrt{\left(\frac{N}{2} - B_{i(x;y)}\right)^2 + \left(\frac{N}{2} - R_{j(x;y)}\right)^2}} \right\rceil \quad (1.7)$$

Movement is modeled as a two-dimensional random walk, with random displacements incorporating uncertainties. The final movement vector V_f is defined as:

$$V_f = (1 - p) * V_m + p \cdot R \quad (1.8)$$

where p represents the probability of random movement, and R is a uniform distribution vector for movement in any direction. Elimination of combat units is determined by calculating the probability for each unit to be destroyed based on the surrounding conditions. The risk posed by a blue unit at coordinates (x, y) and belonging to troop type $i \in \{1,2,3\}$ to a red unit at coordinates (x, y) of type $j \in \{1,2,3\}$ is given by the formula:

$$P_j = \frac{\alpha_{i,j}\Delta t}{N_{Red_{r_{attack}}}(x,y)F(\bar{x},\bar{y})},$$

In the second case, we will consider two types of air forces, namely reconnaissance drones and kamikaze drones, by taking into consideration their interaction and impact on combat. First and foremost, we will create a model for reconnaissance drones, which provide a coefficient of information before and during combat. They gather information about ground forces, which allows kamikaze drones to inflict more damage later. Therefore, the formula for calculating the amount of information I that a reconnaissance drone collects during a certain time Δt is based on the theory of Poisson event flow and probability distributions (2.10):

$$I(t+\Delta t) = \frac{e^{\Delta t\lambda_d k}(\Delta t\lambda_d k)^k}{k!} \qquad (1.10)$$

From now on, we will concentrate on kamikaze drones, which are unmanned aerial vehicles designed to attack targets in order to inflict maximum damage. Such drones are commonly used to deliver the maximum possible strike at a single point in time. Therefore, their number decreases in proportion to the attacks they carry out, and they cannot accumulate information or maintain their numbers. Based on these assumptions, equations can be created:

$$B_d(t+\Delta t) = B_d(t) - X_d(\Delta t\frac{B_r(t)}{B(t)}\sum_{i=1}^{3}\beta_{ij}R_j(t)) + \frac{e^{\Delta t\lambda_d k}(\Delta t\lambda_d k)^k}{k!} \qquad (1.11)$$

$$R_d(t+\Delta t) = R_d(t) - Y_d(\Delta t\frac{R_r(t)}{R(t)}\sum_{i=1}^{3}\beta_{ji}B_i(t)) + \frac{e^{\Delta t\lambda_d k}(\Delta t\lambda_d k)^k}{k!} \qquad (1.12)$$

Conclusions: We investigated changes in combat using the Lanchester model with Poisson disposal, focusing on troop dynamics over time. The study addressed heterogeneous troops, Poisson disposals, and applied Monte Carlo methods to solve differential equations. We utilized Python to simulate combat flow, predict outcomes, and generate detailed graphs, allowing for year-long predictions in small increments. Methods such as modeling, analysis, and systematization were employed to develop a mathematical Lanchester model for force dynamics. Additionally, programs for automated histograms, statistical models, and visual troop positioning were created. The model effectively represents combat dynamics and confirms that troop numbers and positioning significantly influence outcomes. Spatio-temporal simulations verified that location plays a critical role in attrition-based conflict modeling.

References

1. Fursenko O.K., Chernovol N.M.. Lanchester models of combat operations, Kharkiv, 2020, pp. 85-88.
2. V.I. Grabchak, V.M. Suprun, A.O. Vakal, V.M. Petrenko. Generalization of the analytical model of combat for heterogeneous opposing groups, Sumy, 2008, pp. 10-12.
3. Xiangyong Chen, Yuanwei Jing, Chunji Li, Mingwei Li. Warfare command stratagem analysis for winning based on Lanchester attrition models // Journal of Science and Systems Engineering.
4. NATO manual of operations

URL:https://www.sto.nato.int/publications/STO%20Meeting%20Proceedings/STO-MP-MSG-111/MP-MSG-111-06.pdf.

5. Batzilis D, Jaffe S, Levitt S, List JA, Picel J. Behavior in Strategic Settings: Evidence from a Million Rock-Paper-Scissors Games. Games. 2019; 10(2):18.

URL: https://doi.org/10.3390/g10020018

6. Dokmanic, I., Parhizkar, R., Ranieri, J., & Vetterli, M. (2015). Euclidean Distance Matrices: Essential theory, algorithms, and applications. IEEE Signal Processing Magazine, 32(6), 12-30

URL: https://doi.org/10.1109/MSP.2015.2398954

7. Sun, Y., Polyanskiy, Y., & Uysal-Biyikoglu, E. (2017). Remote estimation of the Wiener process over a channel with random delay. In 2017 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT) (pp. 321-325). Aachen, Germany.

URL: https://doi.org/10.48550/arXiv.1701.06734

8. Fauske, M. (2017). Using a genetic algorithm to solve the troops-to-tasks problem in military operations planning. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*

URL: http://dx.doi.org/10.1177/1548512917711310

УДК 629.735.018.7.015.3.025.1

Н.М. Криворучко, Т.Л. Костюк.
(Опорний заклад «Вовчицький ліцей імені В.Ф. Мицика Лубенської міської ради Лубенського району Полтавської області», Полтавське територіальне відділення МАН України. Україна)

Дослідження конструктивних характеристик гелікоптерів MI-24 та UH-60 Black Hawk

Науковий проєкт присвячений дослідженню експлуатаційних можливостей авіаційної техніки, яка є на озброєнні в Україні сьогодні. У роботі проаналізовано основні конструктивні характеристики бойових гелікоптерів MI-24 та UH-60 Black Hawk. Розкрито специфіку технологічних рішень у конструкції моделей, що забезпечують стандарти багатофункціонального використання гелікоптерів для виконання різноманітних бойових завдань. Створено порівняльну характеристику двох моделей гелікоптерів.

Гелікоптери Мі-24 («Крокодил») та UH-60 Black Hawk («Чорний яструб») – це бойові машини XXI століття, які понад 50 років є значущими у військових силах своїх країн. Сьогодні українські військові мають на озброєнні такі гелікоптери. Кожен із вище зазначених літальних апаратів має свої переваги та недоліки в залежності від конкретних умов виконання поставлених завдань.

Мета – дослідити особливості конструкції моделей гелікоптерів MI-24 а UH-60 Black Hawk, що забезпечують стандарти багатофункціонального використання гелікоптерів для виконання різноманітних бойових завдань.

Об'єктом дослідження є гелікоптери MI-24 та UH-60 Black Hawk.

Предмет дослідження – особливості технологічних рішень у конструкції моделей гелікоптерів, що забезпечують їх багатофункціональність понад 50 років.

Основні результати роботи: створено порівняльну характеристику двох моделей гелікоптерів за такими параметрами: 1) розміри та місткість, вантажопідйомність, 2) двигуни та їх продуктивність; 3) озброєння, наявність систем захисту літального апарата, безпека екіпажу в умовах бойових дій.

Дослідження сприятиме кращому розумінню сильних і слабких сторін обох моделей гелікоптерів та їхніх можливостей у контексті сучасної війни. Роботу можна використовувати на уроках фізики, «Захисту України», на факультативах, заняттях гуртків. Результати аналізу також можуть бути корисними для військових стратегів, розробників авіації та фахівців у сфері оборони.

Список літератури

1. Водчиць О.Г., Єгоров С.Н., Павільч В.М. Загальні відомості про військову авіаційну техніку та бортові авіаційні комплекси: навч. посіб. Вінниця: Консоль, 2008.– 128 с.

2. Загальна тактика. Ч. 1 [текст] : навч. посіб. / С.Т. Полторак, М.Д. Ткаченко, О.В. Лисенко В.П. Варакута та ін. – Харків. : ХУПС, 2012. 288 с.

3. Аеродинаміка літальних апаратів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Літаки і вертольоти» спец. 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.:П. В. Лук'янов. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 188 с.

4. Міжнародна торгівля / Ю. Г. Козак та ін. 5-те вид., перероб. та допов. Київ : Центр учб. літ., 2015. 272 с.

5. Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» URL: https://khai.edu/ua/ (дата звернення: 09.09.2024).

6. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. URL: http://www.univ.kiev.ua/ (дата звернення: 05.09.2024).

УДК 620.17:624.04:001.5

Подакіна Вероніка Максимівна, 9 клас,
(Перша міська гімназія Черкаської міської ради
Черкаської області, Україна)

Збільшення міцності елементів інженерних конструкцій через застосування біонічної концепції

У сучасному інженерному світі, де вимоги до конструкцій та матеріалів стають все більш складними, а поєднання міцності та ефективності цих конструкцій стає ключовим фактором успіху [1]. Тема міцності конструкцій і біоніки відкриває захоплюючу область досліджень, де природа виступає як наставник для інженерів.

У цій науковій роботі досліджується взаємодія між природними структурами та інженерними рішеннями в питаннях міцності, і покликана висвітлити, як природа, своєю еволюційною мудрістю, може надихати на створення інноваційних та ефективних конструкцій. Ця тема заслуговує на особливу увагу не лише через потужний потенціал для розвитку нових технологій, але й через можливість поринути в світ біологічної краси та досконалості, яка може стати джерелом знань та натхнення для інженерних ідей майбутнього.

Актуальність теми дослідження визначається наростаючою потребою в розробці більш міцних та ефективних конструкцій у сучасному інженерному середовищі. Застосування принципів біоніки у процесі проєктування дозволить інженерам використовувати природні рішення, що створювалися еволюційно, в процесі взаємодії з оточуючим середовищем. Цей підхід стає невід'ємною частиною інноваційних технологій, де біоніка служить джерелом ідей та натхненням для створення технічних рішень, спроможних оптимізувати міцність та ефективність конструкцій у різноманітних областях інженерії.

Мета дослідження – запропонувати варіант інженерної біонічної конструкції, яка може замінити базову антропогенну конструкцію, чим зменшить матеріальні та енергетичні затрати на виготовлення цієї конструкції не зменшуючи її міцнісних показників.

Міцність конструкцій – це здатність конструктивних елементів (як у будівництві, так і в машинобудуванні) витримувати навантаження, не втрачаючи своїх функціональних характеристик та зберігаючи цілісність або здатність матеріалу конструкції та його елементів чинити опір зовнішнім силам без прояву пластичних деформацій та руйнувань [2]. Основні аспекти, що враховуються при оцінці міцності, включають розрахунок на статичне та динамічне навантаження, вплив зовнішніх факторів (температура, вологість, корозія) та довговічність матеріалів. Важливою складовою є також безпека конструкцій, яка забезпечується через дотримання норм та стандартів.

Біоніка – це галузь науки, що займається вивченням живих організмів та їх систем з метою створення аналогічних технічних систем та механізмів. Біоніка використовує принципи, знайдені в природі, для розв'язання різних

інженерних завдань [3]. Наприклад, форма тіла акули надихнула на створення більш аеродинамічних форм у авіабудуванні, а будова кісток птахів – на розробку легких, але міцних конструкцій. Біоніка об'єднує знання з біології, інженерії, фізики та інших наук, спрямовуючи їх на створення інноваційних технологічних рішень [4].

Поняття термінів "міцність конструкцій" та "біоніка" істотно впливають на розвиток сучасних технологій та інженерії. З одного боку, забезпечення міцності та надійності конструкцій є критичним для безпеки і довговічності. З іншого боку, біоніка відкриває нові горизонти в розробці інноваційних рішень, використовуючи ідеї та принципи, запозичені від природи. Об'єднання цих двох понять веде до створення більш ефективних, економічних і екологічних рішень у різних галузях інженерії.

Практичне застосування законів природи і безпосереднє їх знання дозволяє створювати фунціональні, безпечні, енергозберігаючі, легкі і водночас надзвичайно міцні розумні конструкції в інженерії.

В експериментальній частині роботи ми провели оцінювання та порівняння міцнісних характеристик інженерних антропогенних конструкцій та біонічних конструкцій, розроблених, як альтернатива розглянутим конструкціям, з подальшим визначенням ефективності використання біонічних принципів у проєктуванні інженерних міцнісних конструкцій.

Об'єктом дослідження виступав пластиковий кронштейн навантаження стандартної конструкції, рис.3.1.

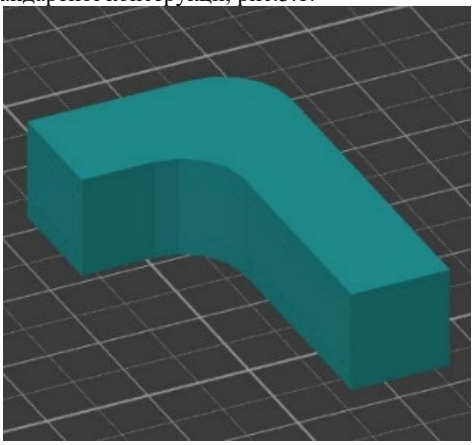


Рис. 1. 3D модель досліджуваного об‘єкту
(Джерело: виконано автором, 22.12.2023)

В якості експериментального зразка виступав пластиковий кронштейн навантаження з ребром жорсткості, робоче креслення якого представлено на рис.3.2.

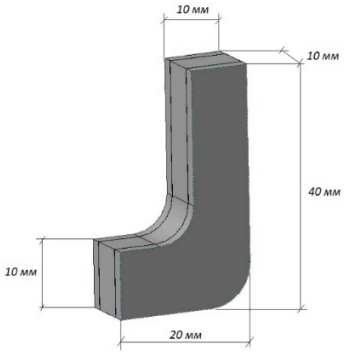


Рис. 2. Робоче креслення кронштейну навантаження

(Джерело: виконано автором, 22.12.2023)



Рисунок 3. Проєкти обраної біонічної конструкції кронштейну для кріплення
(Джерело: виконано автором в програмі Designer Copilot, 27.12.2023)



Рисунок 4. Зовнішній вигляд надрукованих на 3D принтері біонічні конструкцій кронштейна кріплення. (Джерело: отримано автором, 29.12.2023)

Таблиця 3.1.

Порівняння результатів випробовування надрукованих на 3D принтері (матеріал – пластик ABS) антропогенної інженерної та біонічної конструкцій кронштейна кріплення на міцність

(Джерело: виконано автором, 22.12.2023)

Характеристика конструкції	***Антропогенна інженерна конструкція***	***Біонічна конструкція***			***Максимальний виграш біонічної конструкції в порівнянні з антропогенною***
		Зразок 1	*Зразок 2*	*Зразок 3*	
Маса, г	10,4	8,1	7,8	7,2	3,2 (30,7%)
Очікуване максимально допустиме навантаження, кг	100	122	80	65	22 (22%)
Коефіцієнт безпеки	1,5	2,5	2,3	2,7	1,2 (80%)
Втомна міцність, МПа	42	44,12	32,4	24,64	2,12 (5%)

Висновки

Проведено всебічний аналіз впливу біонічних ідей на сучасну інженерію, детально розглянуті теоретичні аспекти забезпечення міцності конструкцій та виконане експериментальне порівняння міцності інженерних антропогенних та біонічних конструкцій.

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що біоніка як дисципліна грає ключову роль у розвитку інноваційних інженерних рішень, оскільки вивчення та імітація природних структур та механізмів відкриває нові можливості для розробки більш ефективних, легких та міцних конструкцій.

Теоретичні знання про міцність, отримані з досліджень у галузі інженерії та біоніки, важливі для розуміння та вдосконалення конструкцій. При цьому, природні аналоги часто виявляються більш міцними та ефективними у використанні матеріалів, що може стати базою для створення інженерних біонічних конструкцій.

Результатами дослідження ми підтвердили той факт, що біонічні конструкції перевершують антропогенні у всіх параметрах, починаючи вагою і закінчуючи надійністю та міцністю.

Список літератури

1. Чеботар І. М., Макаренко В. Д. Інженерна оцінка безпечного ресурсу металевих конструкцій агропереробного виробництва: монографія. Київ: Ліра-К, 2017. 116 с.
2. Шваб'юк В. І. Опір матеріалів: навч. посіб. Київ: Знання, 2009. 380 с.
3. Мигаль С. П., Дида І. А., Казанцева Т. Є. Біоніка в дизайні просторово-предметного середовища: навч. посіб. Львів: Львівська політехніка, 2022. 228 с.
4. Шутка І. *Біологічні секрети для техносвіт*: веб-сайт. URL: https://biggggidea.com/practices/bionica/ (дата звернення: 01.12.2023).

УДК 551.521.37:621.311.243(045)

Рюміна Ксенія, кандидат МАН СМФ ЛОМАНУМ,
(учениця 10-Б класу Багатопрофільного ліцею,
м. Сєвєродонецька Луганської області, Україна)
Тінькова Лідія Михайлівна, учитель фізики,
(учитель – методист гімназії № 4,
м. Сєвєродонецька Луганської області, Україна)

Використання сонячної енергії

Науково-дослідницьку роботу присвячено способам використання сонячної енергії. Представлено докази її застосування[Інтернет ресурси].

Актуальність роботи полягає в аналізі способів використання сонячної енергії, виготовлені пічок-сушарок двох видів, розсіювача світла.

Традиційні джерела енергії вичерпаються та їх використання супроводжуються забрудненням довкілля. Науковці звернули увагу на те, що сонячне світло являє собою альтернативне, невичерпне джерело енергії. При використанні енергії Сонця не забруднюється довкілля[Інтернет ресурси]. Під час написання роботи з'ясовано, що сонячна електростанція є найпоширенішим видом використання енергії Сонця, також сонячна енергія використовується в космічній галузі, побуті, наукових дослідженнях, приготування їжі.[



Щоб довести доцільність використання сонячних установок в своїй місцевості, проаналізпвано записи спостережень за погодою. Висновок - більш доцільно використовувати сонячні установки в східних та південних областях нашої країни.

Сонячна пічка, виготовлена жителями м. Сєвєродонецька під час війни із параболічної антени, надихнула мене на дану роботу. За основу печі взяли відпрацьовану параболічну антену та обклеїли фольгою. Фокус визначили за допомогою матеріалів, які легко загоряються. На рівні фокусу встановили підставку. 5 л води закипало за 20 хв.

Створено пічки-сушарки двох видів (параболічні та коробкову). Розраховано фокус параболічних приладів[1, ст.97].Проведено ряд експериментів. Доведено, о чим більша площа поверхні, тим більший ККД та теплова потужність[2,ст. 56].

Теплова потужність сонячних печей.

Піч	Площа, $м^2$	Середній ККД, %	Потужність, Вт при освітленості 850 $Вт/м^2$	Час кип'ятіння 1 літра води, хв.
параболічна	1,25	30	320	17
коробкова	0,25	40	85	64
параболічна	0.14	4	36	-
параболічна	0.3	8	80	-
коробкова	0.006	10	2	-

Пічки використовувалися для сушіння фруктів. Передано корисні сушені фрукти (горіхи, цукерки) воїнам ЗСУ через волонтерів.

Проводила контроль маси шматочків груші, яблука, банана за певний час. Прийшла до висновку, що чим менша густина речовини, тим швидше проходить процес сушіння.

Виготовлено розсіювач світла. Проведено ряд дослідів. Установлено, що краще розвиваються рослини пІл впливом розсіювального сонячного випромінювання.

Висновок. Результати дослідження можуть зацікавити людей, які залишилися під час війни без газу та електроенергії, а також мешканців віддалених районів.

Наші пропозиції:

Використовувати нові удосконалені технології, досвід інших країн. Налагодити виробництво сонячних пічок, пенелей для електростанцій в Україні.

Збільшити кількість здобувачів освіти спеціальностей даного напрямку у освітніх закладах. Рослини вирощувати під впливом розсіювального сонячного світла.

Список літератури

1. Гончаренко С.У. Фізика. 11 клас. Навчальний посібник для шкіл І-ІІІ ступенів. Видавництво «Освіта», 1994, с.97-101.- С.270.
2. Праховник А.В., Фірсов Л.Ф., Ішенков Є.М. та інші, посібник «Енергозбереження та пом'якшення змін клімату».
3. Мережа Інтернет: 1. Переваги та недоліки сонячної енергії. [https://socportal.info/ua/news/perevagi-ta-nedoliki-sonyachnoi-energii/-дата перегляду 23.09.23].

УДК 511.1. 374

А.В. Шульга, М.Ю. Русецький
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

Математика в житті шкільної молоді

Математика – не просто шкільний предмет, а фундаментальна наука, що лежить в основі багатьох інших наук та сфер життя. Вона є мовою науки і техніки, без якої неможливо уявити сучасний світ. Навіть, якщо людина не збирається пов'язувати своє життя з математикою, має лише «гуманітарні» зацікавлення, їй не обійтися без знань основ математики та логіки. Кожного дня людина вирішує багато алгебраїчних, геометричних або логічних завдань, не акцентуючи на цьому увагу. Математика розвиває мислення, навички людини з оптимізації своїх дій.

З основами логічних знань у житті ми перетинаємося у житті щодня, безліч разів: як при вирішенні, у що нам одягнутися, так і при прийнятті більш важливих рішень, від яких залежить наше існування. Задачі, які мають логічний зміст, значно поліпшують наші можливості у цьому напрямі.

З 1988 року у всіх шанувальників математики є неофіційне свято, що відзначається 14 березня о 1:59:26 – День числа «Пі» (.). Вперше це свято відзначили у науково-популярному музеї Експлораторіум у м. Сан-Франциско (США), за ініціативою фізика Ларрі Шоу. Згодом його почали відзначати й в інших країнах, а з 2019 року - 14 березня є вже офіційно визнаним Міжнародним днем математики.

В Україні до цієї дати проводять тиждень математики, присвячений святкуванню Міжнародного Дня числа Пі. В цьому році проведена низка заходів: олімпіади, квести, конкурси головоломок тощо. Студенти та викладачі фізико-математичного факультету Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» активно підтримали традиції та узяли участь у тижні математики. Зрозуміло, що заходи, присвячені тижню математики, дуже різноманітні, тому зупинимося лише на тих, де ми виступали в ролі модераторів та коучів.

10 березня на базі ліцею «Educator» фізико-математичним факультетом КПІ ім. Ігоря Сікорського разом із Інститутом математики АН України та Київською Малою академією наук, за, підтримкою громадської організації «Освіта 360» проходив інтерактивний захід для учнів 5-8 класів "Математичний калейдоскоп". Проводилися ігри, завдання, індивідуальні та командні змагання, спрямовані на розвиток логіки та креативності. Учасники заходу заохочувалися до поглиблення своїх знань з математики, розширювали уявлення про застосування математичних понять при вирішенні повсякденних проблем. В процесі активної гри учні працювали командами по 5-15 чоловік і виконували різноманітні завдання. корисних навичок. «Родзинкою» заходу слугувала станція «Його величність: Параметри». Під час тренінгу на цій станції «відвідувачі» самостійно

розв’язували саме задачі з параметрами як аналітичним, так і графічним методами, мали можливість виявити свої знання властивостей функції та особливості їх графіків.

На станції «Ігри на шахівниці» можна було не лише безпосередньо пограти в шахи, а й спробувати свої сили у розв’язуванні логічних, ймовірнісних та комбінаторних задач на шахівниці. Для наймолодших учасників пропонувалося судоку із шаховими фігурами та гру у замощення» шахівниць.

На станції «Грай та вигравай!» відвідувачі вправлялися у розробці Стратегії Переможців, тобто застосовували математичний метод аналізу даних, побудували ланцюжки ходів (рішень) для досягнення певної мети (НЕ програти!). Непросто при цьому врахувати ще й реакцію конкурентів, опозиції, а також - природні фактори (згадаємо сакральне: «так склалися зірки»). Із застосуванням камінців, мушлів, монеток учасники розробляли виграшні стратегії гравця, враховуючи цілі, методи та можливі відповідні кроки конкурентів. Зауважимо, що набуті у «Математичному калейдоскопі» знання учасники зможуть застосовувати до моделювання економічних ситуацій, прийняття рішень у повсякденному, а може й у політичному або соціологічному житті, при вирішення психологічних проблем, у біології, кібернетиці, сфері ІТ тощо.

У нашому житті доволі часто треба оперувати неповною, частково істинною інформацією, тому важливо вміти «побачити зерно істини в лушпинні». На станції «Зламай код» учасники вправлялися у знаходженні «ключа» до зашифрованих даних, тобто реалізували дію - «Crack the Code», користуючись неповними, фрагментарними даними. Сподіваємося, що така розвага спонукає учасників і надалі проявляти математичну ерудицію та кмітливість при розв’язувані життєвих завдань.









На станції «Відгадай-ка» учасники зустрічі вже відпочивали від складних обчислень, побудов або рівнянь, а просто «шукали» зашифроване ребусом, анаграмою або іншим шифром слово. Кожен з учасників, незалежно від віку та рівня математичних знань, мав можливість продемонструвати природню кмітливість, ерудицію та вміння мислити логічно. Під час змагання треба було швидко проводити обчислення. При розв'язуванні шарад слухачі активно обґрунтовували власні міркування.

На станції «Знайди істину» (логіка) школярі переконалися, що математика може бути цікавою, наочною та «майже» без формул! Під час пошуку істини учні активно висували власні гіпотези, доводили чи спростовували міркування. Проблема та методи її вирішення розглядалася під різними ракурсами, пропонувалися різні способи її розв'язування.

Незважаючи на те, що аудиторія була різною за віком і фахом: учні, студенти, вчителя, батьки, але всі із захопленням розв'язували завдання, висували версії та формували чергу на обговорення. Зауважимо, що учасники виявляли при спілкуванні доволі високі соціальні навички: ніхто не заважав доповідачу аргументувати відповіді, висловлювати свої думки. Більшість самостійно розв'язували задачі, формували гіпотези та надавали аргументи до власних міркувань, деякі учасники доповнювали відповіді один одного.

Протягом усього тижня математики учасники заходів розв'язували задачі логічного змісту з дітьми різних вікових категорій: від 8 - до 15-17 років. Вразило, що розв'язування логічних завдань, знаходження істинного рішення проблем завжди проходило активно та весело, адже мислення учнів значно відрізняється від мислення дорослих людей. Нам особисто сподобалося працювати зі школярами: вони дуже відкриті у спілкуванні, доброзичливі і вдячні.

Під час тижня математики постійно підкреслювався тезис про тісний зв'язок математики із нашим життям, про те, що математика є невід'ємною частиною нашого повсякденного побуту. Людина, яка дуже «далека» від математики все одно постійно її використовує, наприклад, рахує решту на касі в супермаркеті або оцінює величину знижки у супермаркеті (під час дії акції на товар). Також людина використовує основи математики при визначенні відстаней або в процесі вимірювань. Математика використовується під час будівництва мостів, хмарочосів, кораблів та будь-якого фізичного і нефізичного об'єкта. Якщо ж розглядати питання ширше,

математика є базою кожної з наук: важко сперечатися з тим, що вона є невід'ємною частиною науки. І звісно ж, математика – це не тільки одноманітна (нудна) наука, але й веселі ігри! Навіть у спорті є математика! Не вірите?! Ось декілька аналогій:

Бокс: підрахунок нанесених ударів, ймовірності виграшу, розробка стратегії для перемоги;

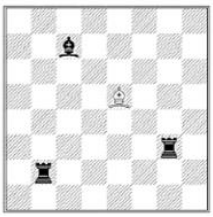
Хокей: підрахунок кількості пропущених шайб, ймовірності виграшу, балів команд при проведенні чемпіонату;

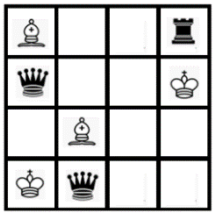
3) Гімнастика: статистика бездоганно виконаної зв'язки елементів, опис та представлення геометричних фігур, які необхідно знати та вміти уявити собі на килимі у вигляді невидимих ліній (що значно спрощує виконання вправ) підрахунок ймовірність помилки при виконанні складних елементів.

Легко-атлетичні змагання: оцінка часу на проходження необхідної дистанції, можливого розподілу призових місць, ймовірності виходу учасників у фінал.

Приклади застосування математики у спорті та повсякденному житті можна наводити і наводити…. Але досить цікавим і пов'язаним з проведеним тижнем математики є спортивна гра у шахи. Нам вдалося двічі провести заходи «Шах і Мат» у ліцеї «Наукова зміна» (при якому працює шаховий гурток). Учні ліцею знайомі із правилами гри, більшість грають у шахи, тому й завдання наших заходів були пов'язані з цією неймовірно цікавою, але досить складною грою. Здається, «До чого тут математика?», як вона може сприяти успішності у цій грі? Шахи, це, без сумніву, класична гра, і, на перший погляд, далека від математики. Але тільки «на перший погляд»...

По-перше, оскільки шахи – це стратегічна гра, кожен хід і його наслідки потрібно досить ретельно прораховувати, неодноразово корегуючи стратегію гри. Потрібно розуміти, що навіть найменша помилка або неправильно прорахований хід суперника може призвести до поразки, якої потім неможливо уникнути. У зв'язку із цим, треба прогнозувати власний хід в залежності від ходів суперника. Таким чином, у шахову гру «приходять» графи. Звісно, шахи розвивають логіку мислення, що є досить корисним у житті. Задачі на шахівниці можуть бути різноманітними. Наприклад, скільки різних ходів (включаючи «взяття фігур») може зробити білий слон при наступному положенні на шахівниці, або скількома способами можливо поставити «безглуздий мат», або скількома способами можна розташувати 8 миролюбних тур на шахівниці (вони не б'ють жодної фігури), яка ймовірність, що загублена фігура є слоном або білим пішаком тощо.







На фото можна

побачити, як дівчина розв'язує "судоку", пов'язане з грою в шахи. Також, як приклад зв'язку гри в шахи та математики, можна навести той факт, що постійно потрібно прораховувати приблизну цінність кожної фігури та те, який сенс жертвувати фігурою для майбутньої перемоги.

Наостанок можна зробити наступний висновок про роботу з учнями різних вікових категорій. Стосовно школярів 5-7 класу висновок буде коротким: "Якщо знайдеш з ними спільний зв'язок, вони будуть тебе слухати та довіряти, що суттєво полегшить роботу з ними...". Відносно дорослiших учнів (8-10 класи), то основна проблема у тому, що вони вважають себе досить дорослими, не бачать у ненабагато дорослішій за себе особі авторитет, його треба завоювати. Відносною проблемою при розв’язуванні завдань є також непосидючість учнів. Але й до таких учнів можна знайти відповідний підхід. Зазвичай, вони всі дуже розумні та мають талант як до математики, так і до логіки та пов'язаних з ними дисциплін.

Висновок: Під час тижня математики вдалося продемонструвати учасникам заходів, що математика є не лише шкільним предметом, а й важливим інструментом для пізнання світу та вирішення практичних задач. Вона може бути як серйозною, так і розважальною, але завжди – життєво важливою! В будь якому випадку, вивчаючи її основи, можна не тільки узнавати нове, але й розвивати навички, корисні у повсякденному житті.

УДК 511.1. 374

Т.В. Авдєєва
(Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна)
Л.М. Іллічева
(Національний авіаційний університет, Україна)

Локспорт і математика

Інтелектуальні ігри та змагання можуть стати не лише способом розваги, але й потужним інструментом для розвитку навичок, які будуть необхідні для відновлення та процвітання країни. Вони допомагають формувати уміння, які можуть бути застосовані у різних сферах життєдіяльності у реальному житті при розв'язування нестандартних завдань.

Ми живемо в період воєнного стану, зрозуміло, що зараз всі думки і прагнення українців спрямовані на якнайшвидшу перемогу України у цій війні і повернення до мирного життя. Можливо, хтось може сказати, що в такі часи про якість освіти, у тому числі і природничої, говорити не варто. Але ця думка є абсолютно хибною.

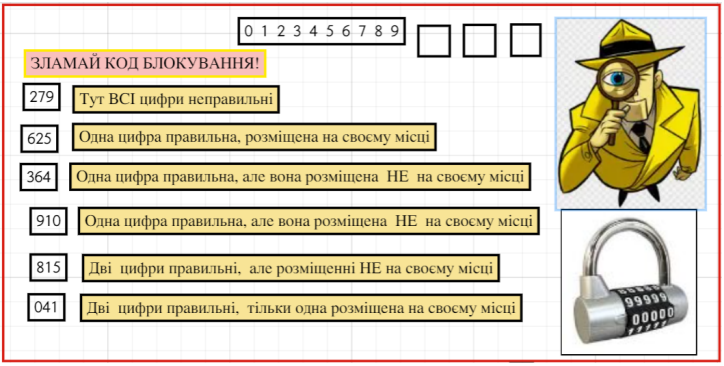
Після завершення війни молоді, вчорашнім школярам, треба буде включатися до відновлення країни та забезпечення її стабільного розвитку та процвітання. Зрозуміло, що математична підготовка є важливою складовою освіти. Математика та логіка є основоположними для багатьох технологічних інновацій. Розвивати мислення можна по різному, але це завжди аналіз даних, побудова логічних ланцюгів та обґрунтування своїх гіпотез.

Київська Мала академія наук (КМАН) допомагає виявляти та підтримувати обдарованих учнів, надаючи їм можливості для подальшого навчання та розвитку в галузі математики. КМАН активно готує учнів до участі в різноманітних олімпіадах і конкурсах, як на національному, так і на міжнародному рівнях. Це включає організацію тренінгів, вебінарів, семінарів і курсів для підготовки до змагань, роботи профільних шкіл та таборів.

Під час роботи літньої математичної школи, учасники мали можливість зайнятися інтелектуальним спортом, що розвиває увагу, мислення, сприяє розвитку креативного підходу до проблем і завдань – локспортом.

Локспорт (Locksport) – від спорту в якому учасники змагань намагаються зламати різні види блокування, підбирають коди активації за неповними даними. У наш час кодові замки використовуються повсякденно, це й коди доступу на телефоні або до банківської комірки; замки на валізах або поштових скриньках; сейфи для зберігання зброї тощо. Перш ніж безпосередньо перейти до відновлення або підбору шифру, потрібно провести теоретичні дослідження, проаналізувати всю доступну інформацію. Зауважимо, що, ця інформація є неповною, частково правдивою, тому учасникам потрібно вміти аналізувати інформацію, розділяти її на істині та хибні потоки.

Розглянемо такий приклад. Відомо, що у тризначному коді точно немає цифр числа 279; у числі 625 тільки одна цифра правильна, причому вона розміщена на своєму місці. Це може бути цифра 6 на першому місці, тоді у числі не буде цифр 2 та 5. Або може бути цифра 2 на другому місці, тоді відсутні цифри 6 та 5. Нарешті, це може бути цифра 5 на третьому місці (в цьому випадку будуть відсутні цифри 6 та 2). У числах 364 та 910 тільки по одній правильній цифри, але вони розташовані не на своїх місцях. У числі 815 є дві правильні цифри, але вони розташовані не на своїх місцях. У числі 041 дві цифри правильні, причому тільки одна з них розташована на своєму місці, а друга – ні. Стисло цю інформацію можна записати так:



З чого починати зламування коду? Починаємо з виписування всіх цифр, що використовують в десятковій системі числення:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

З цього переліку видаляємо всі цифри числа, а саме 2, 7, 9. У нас залишаються цифри

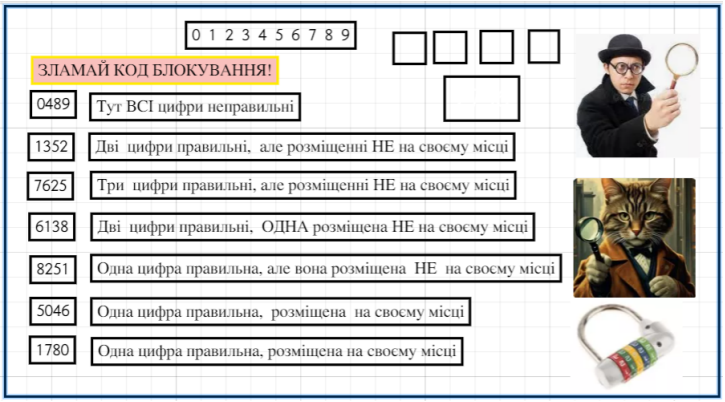
0, 1, 3, 4, 5, 6, 8.

Тепер аналізуємо умови із двома правильними цифрами: 815 та 041. Спільна цифра у числах – це 1. Вона точно є у коді, причому цифра не може бути на другої позиції. З четвертої умови (одна цифра в числі 910 правильна), отримуємо, що код не містить цифри 9 та 0. Тому остання умова (дві цифри числа 041 правильні) дозволяє знайти другу цифру коду: це число 4. Третя умова (число 364 містить одну правильну цифру, що розміщена не на своєму місці) гарантує, що код не містить цифри 3 та 6, причому 4 знаходиться не на останньому місці. З аналізу другої умови (одна цифра числа 625 правильна та розміщена на своєму місці) ми отримаємо, що третя цифра коду це 5, причому вона займає останню позицію, тобто **5. Тепер об'єднуємо всі потоки інформації: одиниця не може бути на другому місці, тому вона на першому місці: 1*5. Для цифри 4 залишається друга позиці. Таким чином, шуканий код: 145.

Цей алгоритм дозволяє за фрагментами інформації відновити весь код. Інколи таке відновлення неоднозначне. Тоді треба досліджувати декілька

випадків, але це все одне менше ніж перебір тисячі варіантів для тризначного коду або десяти тисяч варіантів у випадку чотирьохзначного коду.

Повторимо заданий алгоритм для наступної інформації:



Ми отримаємо код доступу 2736.

Участь у шкільних або позашкільних інтелектуальних змаганнях сприяє постійному самовдосконаленню і розвитку нових навичок здобувачів освіти, що корисно для майбутнього кар'єрного росту та особистісного розвитку людини. Регулярні тренування логіки і участь у різноманітних змаганнях сприяють розвитку самодисципліни, організованості та відповідальності, покращують комунікаційні навички та розвивають вміння аргументувати свої ідеї.

Загалом, сучасна освіта повинна бути орієнтована на всебічний розвиток навичок, які будуть необхідні для ефективного відновлення і розвитку країни після війни. Цей процес вимагатиме комплексного підходу і активної участі молоді в усіх сферах суспільного життя.

Список літератури

1. О.І. Кушлик-Дивульська. Наукові аспекти позашкільного дозвілля з математики. / О.І. Кушлик-Дивульська, Т.В. Авдєєва // Вісник науки та освіти. Серія «Педагогіка». № 12(18) 2023. URL: https://doi.org/10.52058/2786-6165-2023-12(18)-559-571

2. Т. В. Авдєєва. Зимова математична школа. Позашкільне дозвілля / Т. В. Авдєєва, О. І. Кушлик-Дивульська, Л. М. Іллічева // Зб. наук. праць «Актуальні питання природничо-математичної освіти». – Суми, 2023 − № 2(22). – С. 46-57. DOI 10.5281/zenodo.10214263
https://fizmat.sspu.edu.ua/images/NAUKA/APPMO/appmo_222_2023_478df.pdf

УДК 511.1. 374

А.В. Шульга, М.Ю. Русецький
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна)

Математика в житті шкільної молоді

Математика – не просто шкільний предмет, а фундаментальна наука, що лежить в основі багатьох інших наук та сфер життя. Вона є мовою науки і техніки, без якої неможливо уявити сучасний світ. Навіть, якщо людина не збирається пов'язувати своє життя з математикою, має лише «гуманітарні» зацікавлення, їй не обійтися без знань основ математики та логіки. Кожного дня людина вирішує багато алгебраїчних, геометричних або логічних завдань, не акцентуючи на цьому увагу. Математика розвиває мислення, навички людини з оптимізації своїх дій.

З основами логічних знань у житті ми перетинаємося у житті щодня, безліч разів: як при вирішенні, у що нам одягнутися, так і при прийнятті більш важливих рішень, від яких залежить наше існування. Задачі, які мають логічний зміст, значно поліпшують наші можливості у цьому напрямі.

З 1988 року у всіх шанувальників математики є неофіційне свято, що відзначається 14 березня о 1:59:26 – День числа «Пі» (.). Вперше це свято відзначили у науково-популярному музеї Експлораторіум у м. Сан-Франциско (США), за ініціативою фізика Ларрі Шоу. Згодом його почали відзначати й в інших країнах, а з 2019 року - 14 березня є вже офіційно визнаним Міжнародним днем математики.

В Україні до цієї дати проводять тиждень математики, присвячений святкуванню Міжнародного Дня числа Пі. В цьому році проведена низка заходів: олімпіади, квести, конкурси головоломок тощо. Студенти та викладачі фізико-математичного факультету Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» активно підтримали традиції та узяли участь у тижні математики. Зрозуміло, що заходи, присвячені тижню математики, дуже різноманітні, тому зупинимося лише на тих, де ми виступали в ролі модераторів та коучів.

10 березня на базі ліцею «Educator» фізико-математичним факультетом КПІ ім. Ігоря Сікорського разом із Інститутом математики АН України та Київською Малою академією наук, за, підтримкою громадської організації «Освіта 360» проходив інтерактивний захід для учнів 5-8 класів "Математичний калейдоскоп". Проводилися ігри, завдання, індивідуальні та командні змагання, спрямовані на розвиток логіки та креативності. Учасники заходу заохочувалися до поглиблення своїх знань з математики, розширювали уявлення про застосування математичних понять при вирішенні повсякденних проблем. В процесі активної гри учні працювали командами по 5-15 чоловік і виконували різноманітні завдання. корисних навичок. «Родзинкою» заходу слугувала станція «Його величність: Параметри». Під час тренінгу на цій станції «відвідувачі» самостійно

розв’язували саме задачі з параметрами як аналітичним, так і графічним методами, мали можливість виявити свої знання властивостей функції та особливості їх графіків.

На станції «Ігри на шахівниці» можна було не лише безпосередньо пограти в шахи, а й спробувати свої сили у розв’язуванні логічних, ймовірнісних та комбінаторних задач на шахівниці. Для наймолодших учасників пропонувалося судоку із шаховими фігурами та гру у замощення» шахівниць.

На станції «Грай та вигравай!» відвідувачі вправлялися у розробці Стратегії Переможців, тобто застосовували математичний метод аналізу даних, побудували ланцюжки ходів (рішень) для досягнення певної мети (НЕ програти!). Непросто при цьому врахувати ще й реакцію конкурентів, опозиції, а також - природні фактори (згадаємо сакральне: «так склалися зірки»). Із застосуванням камінців, мушлів, монеток учасники розробляли виграшні стратегії гравця, враховуючи цілі, методи та можливі відповідні кроки конкурентів. Зауважимо, що набуті у «Математичному калейдоскопі» знання учасники зможуть застосовувати до моделювання економічних ситуацій, прийняття рішень у повсякденному, а може й у політичному або соціологічному житті, при вирішення психологічних проблем, у біології, кібернетиці, сфері ІТ тощо.

У нашому житті доволі часто треба оперувати неповною, частково істинною інформацією, тому важливо вміти «побачити зерно істини в лушпинні». На станції «Зламай код» учасники вправлялися у знаходженні «ключа» до зашифрованих даних, тобто реалізували дію - «Crack the Code», користуючись неповними, фрагментарними даними. Сподіваємося, що така розвага спонукає учасників і надалі проявляти математичну ерудицію та кмітливість при розв’язувані життєвих завдань.









На станції «Відгадай-ка» учасники зустрічі вже відпочивали від складних обчислень, побудов або рівнянь, а просто «шукали» зашифроване ребусом, анаграмою або іншим шифром слово. Кожен з учасників, незалежно від віку та рівня математичних знань, мав можливість продемонструвати природню кмітливість, ерудицію та вміння мислити логічно. Під час змагання треба було швидко проводити обчислення. При розв'язуванні шарад слухачі активно обґрунтовували власні міркування.

На станції «Знайди істину» (логіка) школярі переконалися, що математика може бути цікавою, наочною та «майже» без формул! Під час пошуку істини учні активно висували власні гіпотези, доводили чи спростовували міркування. Проблема та методи її вирішення розглядалася під різними ракурсами, пропонувалися різні способи її розв'язування.

Незважаючи на те, що аудиторія була різною за віком і фахом: учні, студенти, вчителя, батьки, але всі із захопленням розв'язували завдання, висували версії та формували чергу на обговорення. Зауважимо, що учасники виявляли при спілкуванні доволі високі соціальні навички: ніхто не заважав доповідачу аргументувати відповіді, висловлювати свої думки. Більшість самостійно розв'язували задачі, формували гіпотези та надавали аргументи до власних міркувань, деякі учасники доповнювали відповіді один одного.

Протягом усього тижня математики учасники заходів розв'язували задачі логічного змісту з дітьми різних вікових категорій: від 8 - до 15-17 років. Вразило, що розв'язування логічних завдань, знаходження істинного рішення проблем завжди проходило активно та весело, адже мислення учнів значно відрізняється від мислення дорослих людей. Нам особисто сподобалося працювати зі школярами: вони дуже відкриті у спілкуванні, доброзичливі і вдячні.

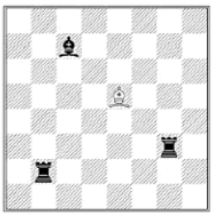
Під час тижня математики постійно підкреслювався тезис про тісний зв'язок математики із нашим життям, про те, що математика є невід'ємною частиною нашого повсякденного побуту. Людина, яка дуже «далека» від математики все одно постійно її використовує, наприклад, рахує решту на касі в супермаркеті або оцінює величину знижки у супермаркеті (під час дії акції на товар). Також людина використовує основи математики при визначенні відстаней або в процесі вимірювань. Математика використовується під час будівництва мостів, хмарочосів, кораблів та будь-якого фізичного і нефізичного об'єкта. Якщо ж розглядати питання ширше,

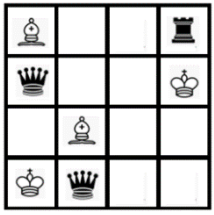
математика є базою кожної з наук: важко сперечатися з тим, що вона є невід'ємною частиною науки. І звісно ж, математика – це не тільки одноманітна (нудна) наука, але й веселі ігри! Навіть у спорті є математика! Не вірите?! Ось декілька аналогій:
Бокс: підрахунок нанесених ударів, ймовірності виграшу, розробка стратегії для перемоги;
Хокей: підрахунок кількості пропущених шайб, ймовірності виграшу, балів команд при проведенні чемпіонату;

3) Гімнастика: статистика бездоганно виконаної зв'язки елементів, опис та представлення геометричних фігур, які необхідно знати та вміти уявити собі на килимі у вигляді невидимих ліній (що значно спрощує виконання вправ) підрахунок ймовірність помилки при виконанні складних елементів.
Легко-атлетичні змагання: оцінка часу на проходження необхідної дистанції, можливого розподілу призових місць, ймовірності виходу учасників у фінал.

Приклади застосування математики у спорті та повсякденному житті можна наводити і наводити…. Але досить цікавим і пов'язаним з проведеним тижнем математики є спортивна гра у шахи. Нам вдалося двічі провести заходи «Шах і Мат» у ліцеї «Наукова зміна» (при якому працює шаховий гурток). Учні ліцею знайомі із правилами гри, більшість грають у шахи, тому й завдання наших заходів були пов'язані з цією неймовірно цікавою, але досить складною грою**.** Здається, «До чого тут математика?», як вона може сприяти успішності у цій грі? Шахи, це, без сумніву, класична гра, і, на перший погляд, далека від математики. Але тільки «на перший погляд»...

По-перше, оскільки шахи – це стратегічна гра, кожен хід і його наслідки потрібно досить ретельно прораховувати, неодноразово корегуючи стратегію гри. Потрібно розуміти, що навіть найменша помилка або неправильно прорахований хід суперника може призвести до поразки, якої потім неможливо уникнути. У зв'язку із цим, треба прогнозувати власний хід в залежності від ходів суперника. Таким чином, у шахову гру «приходять» графи. Звісно, шахи розвивають логіку мислення, що є досить корисним у житті. Задачі на шахівниці можуть бути різноманітними. Наприклад, скільки різних ходів (включаючи «взяття фігур») може зробити білий слон при наступному положенні на шахівниці, або скількома способами можливо поставити «безглуздий мат», або скількома способами можна розташувати 8 миролюбних тур на шахівниці (вони не б'ють жодної фігури), яка ймовірність, що загублена фігура є слоном або білим пішаком тощо.







На фото можна побачити, як дівчина розв'язує "судоку", пов'язане з грою в шахи. Також, як приклад зв'язку гри в шахи та математики, можна навести той факт, що постійно потрібно прораховувати приблизну цінність кожної фігури та те, який сенс жертвувати фігурою для майбутньої перемоги.

Наостанок можна зробити наступний висновок про роботу з учнями різних вікових категорій. Стосовно школярів 5-7 класу висновок буде коротким: "Якщо знайдеш з ними спільний зв'язок, вони будуть тебе слухати та довіряти, що суттєво полегшить роботу з ними...". Відносно дорослiших учнів (8-10 класи), то основна проблема у тому, що вони вважають себе досить дорослими, не бачать у ненабагато дорослішій за себе особі авторитет, його треба завоювати. Відносною проблемою при розв’язуванні завдань є також непосидючість учнів. Але й до таких учнів можна знайти відповідний підхід. Зазвичай, вони всі дуже розумні та мають талант як до математики, так і до логіки та пов'язаних з ними дисциплін.

Висновок: Під час тижня математики вдалося продемонструвати учасникам заходів, що математика є не лише шкільним предметом, а й важливим інструментом для пізнання світу та вирішення практичних задач. Вона може бути як серйозною, так і розважальною, але завжди – життєво важливою! В будь якому випадку, вивчаючи її основи, можна не тільки узнавати нове, але й розвивати навички, корисні у повсякденному житті.

Congress Secretariat
National Aviation University
1, Liubomyra Huzara ave.
Kyiv, 03058, Ukraine

Tel: +380 44 406-71-56
Fax: +380 44 406-79-21
e-mail: congress@nau.edu.ua
www.congress.nau.edu.ua