

Міністерство освіти і науки України  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інститут новітніх технологій та лідерства

**МАТЕРІАЛИ**  
**XVII науково-технічної конференції студентів, аспірантів,**  
**докторантів та молодих учених**

**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**Київ 2020**

**Інноваційні технології:** Матеріали наук.-техн. конф. студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених / за заг. ред. Горінова П. В., Бабікової К. О., Мельничук Л. М. ; ІНТЛ НАУ (м. Київ, 25-26 листоп. 2020 р.). Київ, 2020. 422 с.

Матеріали науково-технічної конференції містять короткий зміст результатів науково-дослідних робіт студентів, аспірантів, докторантів, науково-педагогічних працівників та наукових співробітників закладів вищої освіти, наукових установ та організацій: Вінницького національного технічного університету; Донбаської державної машинобудівної академії; Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря НАН України; Національного авіаційного університету; НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»; Харківського національного університету радіоелектроніки; Державного підприємства «Івченко-Прогрес».

Розраховано на усіх зацікавлених проблемами автоматизації та управління, авіаційних радіоелектронних систем, енергетики та двигунобудування, інформаційної безпеки та технологій, механіки та машинознавства, транспортних технологій, екології та хімічних технологій.

Відповідальність за грамотність, автентичність цитат, правильність фактів і посилань несуть автори матеріалів.

## ЗМІСТ

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ

<b>Воляр Б. М.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ТАСІТРОНІВ В СХЕМАХ З ІНДУКТИВНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ.....	10
<b>Гармаш Т. О., Гаєнко І. Д.</b> РОБОТИ-МАНІПУЛЯТОРИ ЯК ЗАСІБ МОНИТОРИНГУ.....	17
<b>Толстой С. А.</b> КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ НА ВІТЧИЗНЯНИХ АВІАБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	20

### АЕРОНАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ

<b>Choshko V. I.</b> MODERN APPROACH TO OVERCOME THE DISADVANTAGES OF EXISTED AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS.....	26
--	----

### ЕКОЛОГІЯ

<b>Бондаренко А. О., Гетьман А. О.</b> СУЧАСНИЙ СТАН ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗФОСФАТНИХ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ В УКРАЇНІ ТА ЕКОЛОГІЧНА СВІДОМІСТЬ НАСЕЛЕННЯ.....	30
<b>Бурло Є. В.</b> АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЧЕРКАЩИНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	37
<b>Пахомов А. А., Мірошник К. В., Саган Р. П.</b> МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЗАХИСТУ ЛЮДИНИ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПОВІТРЯ.....	42
<b>Сігнаєвський М. К., Кажан К. І.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКУ ТРЕТЬОЇ СТОРОНИ В УМОВАХ РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ.....	47
<b>Туревич А. О.</b> ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	52
...	
<b>Neshcheret M. O.</b> PECULIARITIES OF ROAD RECONSTRUCTION IMPACT ON THE ENVIRONMENT.....	56
<b>Тумчешын М. А.</b> PRESERVATION OF BIOTA OF LAKE ECOSYSTEMS OF THE METROPOLIS ON THE EXAMPLE OF LAKE VERA (KYIV) .....	58

<b>Tremasova P. S.</b> WAYS TO PRESERVE THE NATURAL ENVIRONMENT IN THE VILLAGE OF KACHALY (KYIV REGION).....	62
--	----

## ЕНЕРГЕТИКА ТА ДВИГУНОБУДУВАННЯ

<b>Балалаєв А. В.</b> ВПЛИВ КУТА СТІЛОВИДНОСТІ НА АЕРОДИНАМІЧНУ НАВАНТАЖЕНІСТЬ ВЕНТИЛЯТОРА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА.....	65
--	----

<b>Денисюк О. В.</b> ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ГВИНТІВ.	67
--	----

<b>Мельченко А. О.</b> ОЧИЩЕННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ОСЬОВИХ КОМПРЕСОРИВ.....	72
---	----

<b>Римаренко Є. О.</b> ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ.....	77
--	----

<b>Хижняк М. В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ОСЬОВОГО КОМПРЕСОРА З ДВОРЯДНИМ РОБОЧИМ КОЛЕСОМ БЕЗ ОПТИМІЗАЦІЇ.....	83
--	----

<b>Batiuk A. O.</b> INFLUENCING FACTORS ON THE RELIABILITY OF THE BLADES AND THEIR COOLING .....	87
--	----

<b>Bezsmertna A. V.</b> IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE COMPRESSOR GTU.....	91
--	----

<b>Pihura I. Yu.</b> CORROSION FATIGUE OF THE BLADES.....	94
--	----

## ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА

<b>Ковальчук А. В., Новіков К. А., Полторацький А. Д.</b> АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ НЕЗВІДНИХ ПОЛІНОМІВ ЛІНІЙНОЇ СКЛАДНОСТІ.....	97
--	----

<b>Салієва О. В.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗАГРОЗ НА РІВЕНЬ ЗАХИЩЕНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ЗА КОГНІТИВНОЮ МОДЕЛЛЮ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ.....	103
--	-----

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<b>Байдак В. Є., Мазурова О. О.</b> КОМБІНОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-СИСТЕМИ ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРОННИХ ІГОР.....	105
--	-----

<b>Дворова О. А.</b> ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ШКОЛІ.....	109
--	-----

<b>Закабула О. Ю.</b> ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЕЛІВ НЕВЕЛИКИХ МІСТ ПИТНОЮ ВОДОЮ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИПАДКАХ..	112
<b>Лейба Я. А.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕМОВЛЯТ.....	116
<b>Михневич Т. К., Мазурова О. О.</b> РОЗШИРЕННЯ НЕТЕМПОРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДАНИХ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТЕМПОРАЛЬНОСТІ УРЕЛЯЦІЙНИХ СУБД .....	119
<b>Набока А. О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ACID ТРАНЗАКЦІЙ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ.....	124
<b>Пітюкова М. О.</b> ПРО ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ПОБУДОВИ МАРШРУТІВ З УРАХУВАННЯМ ПЕРЕВАГ І ОБМЕЖЕНЬ КОРИСТУВАЧА.....	129
<b>Соловей Л. М.</b> ВЕБ-СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ІНФЕКЦІОНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ РИБ.....	132
<b>Хрипунов І. М., Широкопетлева М. С.</b> ВИКОРИСТАННЯ СМАРТ-ДЕВАЙСУ В ПРОГРАМНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В МЕЖАХ МІСТА.....	136
<b>Khrystova A. R.</b> REACTIVE LIBRARY FOR ANDROID PROGRAMMING RXJAVA.OBSERVER DESIGN PATTERN.....	139
<b>МЕХАНІКА ТА МАШИНОЗНАВСТВО</b>	
<b>Гловин М. А., Костецький І. В., Харченко В. В.</b> ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ФРЕТИНГОСТІЙКИХ ПОВЕРХОНЬ.....	144
<b>Zhyvitskyi M. V.</b> BASIC CONSTRUCTION MATERIALS APPLICABLE IN MODERN AIRCRAFT INDUSTRY.....	148
<b>ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<b>Аврамчук В. В., Гелетчук В. В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ.....	151
<b>Азбукін Д. О., Маляренко Д. Л.</b> ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ АВІАЦІЙНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	155
<b>Базановська С. Є., Мухіна К. Т.</b> ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ .....	161

<b>Безденежних К. В.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ДОСЯГНЕННЯ СТРАТЕГІЧНОЇ МЕТИ АВІАКОМПАНІЇ «ТНТ».....	165
<b>Болдирева М. О.</b> ЧОМУ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ Є МАЙБУТНІМ СКЛАДІВ.....	171
<b>Гармаш Т. О., Гаєнко І. Д.</b> АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ БПЛА.....	176
<b>Горідько М. Ю., Шевченко Ю. В., Горідько Р. В.</b> АНАЛІЗ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ.....	181
<b>Горідько М. Ю., Шевченко Ю. В., Горідько Р. В.</b> ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ТУРИЗМУ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ.....	183
<b>Гулієва Н. С.</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АВІАПІДПРИЄМСТВА.....	186
<b>Гуменюк Д. О., Мединський Д. В.</b> КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕРМІНОВИХ ВАНТАЖІВ.....	189
<b>Дерев'янюк К. В.</b> АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЕКОСИСТЕМИ АЕРОПОРТІВ.....	196
<b>Євменцев Д. О.</b> МЕТОДИ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	199
<b>Задорожна А. А., Маляренко Д. Л.</b> ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ В ЛОГІСТИЦІ.....	202
<b>Кочмарівська П. М.</b> ВПЛИВ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРОЦЕС ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В АЕРОПОРТУ.....	211
<b>Кравченко М. В., Мединський Д. В.</b> МЕРЕЖА АЕРОДРОМІВ БАЗУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	216
<b>Лиман П. А., Мединський Д. В.</b> ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСТАВКИ ТЕРМІНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	225
<b>Ляшок І. С., Белічко Д. А.</b> ПРЕТЕНЗІЙНА РОБОТА ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ АВІАПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	234
<b>Макеев А. О.</b> ГІПЕРЛУПІ – ТРАНСПОРТ МАЙБУТНЬОГО.....	237

<b>Малярєнко Д. Л., Мединський Д. В.</b> АЕРОПОРТ ЯК СКЛАДНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ.....	241
<b>Мединський Д. В., Малярєнко Д. Л.</b> ТЕХНОЛОГІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ.....	244
<b>Нор А. М.</b> ПРОБЛЕМИ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОТИ М/А «ДНІПРОПЕТРОВСЬК».....	252
<b>Речижкова Т. В., Мединський Д. В.</b> ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПРЕС-ДОСТАВКИ ТЕРМІНОВИХ ВАНТАЖІВ.....	254
<b>Сельванович Д. О.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ПАНДЕМІЇ.....	258
<b>Сташкевич Ю. В.</b> ПРОБЛЕМИ ПІДПРИЄМСТВ В СИСТЕМІ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ.....	263
<b>Степаненко Д. Ю., Мединський Д. В.</b> МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ.....	267
<b>Стрельцов М. С., Яблонський М. О.</b> ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	273
<b>Федотова Д. В., Шевченко Ю. В.</b> ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В АЕРОПОРТУ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ COVID-19.....	276
<b>Чугуєв Є. В., Шпак О. В.</b> ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ СКЛАДІВ ПРИ АЕРОПОРТАХ.....	279
<b>Ayrapetyan A. G., Medynskiy D. V.</b> RESEARCH OF THE QUANTITATIVE INDICATORS OF THE FLIGHT SAFETY.....	283
<b>Ayrapetyan A. G., Shevchenko Y. V.</b> IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON THE GLOBAL ECONOMY AND ON THE WORLD PRODUCTION OF PASSENGER AIRCRAFT.....	287
<b>Ayrapetyan A. G., Shevchenko Y. V.</b> THE AGE OF UKRAINIAN AIRLINES FLEET.....	291
<b>Barna A. F., Medynskiy D. V.</b> JUSTIFICATION OF THE INFORMATION BASE OF THE OPTIMIZATION MODEL OF FAILURE OPERATIONS AT THE AIRPORT.....	295
<b>Bortnik Y. V., Dohonova K.O., Shevchenko Y. V.</b> IMPACT OF AUTONOMOUS VEHICLES ON WORKPLACES.....	301

<b>Dohonova K. O., Bortnik Y. V.</b> BLOCKCHAIN IN LOGISTICS.....	303
<b>Domanitska E. V., Medynskyi D. V.</b> FLIGHT ANF TRAFFICACCIDENTS AT THE AIRPORT TO SOLVE THEM.....	305
<b>Dovha A. A.</b> THE EVALUATION OF THE QUALITY OF THE SERVICES PROVIDED BY THE CARGO TERMINAL.....	311
<b>Dovha A. A., Simonenko V. S.</b> OPTIMIZATION OF THE AIRCRAFT FLEET OF THE AIRLINE.....	314
<b>Dubskiy D. D., Trachuk B. V.</b> MODERN PROBLEMS IN AVIATION AND INNOVATIVE WAYS .....	319
<b>Godovskaya M.A., Medynskyi D.V.</b> USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AGRICULTURE.....	323
<b>Hlushchenko N. V., Shevchenko Y. V.</b> FEATURES OF THE FREIGHTS INTERNATIONAL DELIVERY ORGANIZATION IN THE CONDITIONS OF DIGITAL ECONOMY.....	330
<b>Ivannikova V. Yu., Korynevska T. B.</b> INVESTIGATION OF COVID-19 INFLUENCE ON THE AIRLINE INDUSTRY.....	336
<b>Matlinh Y. O., Medynskyi D. V.</b> FORECASTING METHODS ON AIR TRANSPORT.....	340
<b>Matlinh Y. O., Medynskyi D. V.</b> THE USE OF AVIATION IN AGRICULTURE.....	344
<b>Morhunova D. Y.</b> IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AT THE AIRPORTS OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF THE WORLD PANDEMIC.....	350
<b>Mudryk V. V., Shevchenko Y. V.</b> LOGISTICS SUPPLY CHAIN MANAGEMENT OF ENTERPRISE.....	355
<b>Nesterov O. I.</b> CARGO TRANSPORTATION UNDER CLOSED BORDERS DURING QUARANTINE.....	360
<b>Sobko V. O., Bokoch R. A.</b> ORGANIZATION OF PLACEMENT OF GOODS IN THE WAREHOUSE.....	363
<b>Petruk A.V., Solonska O. O.</b> ANALYSIS OF THE SUBJECT AREA OF TRANSPORTATION MANAGEMENT AND OPTIONS FOR USING THE DECISION SUPPORT SYSTEM: ARCHITECTURE OF MULTI- ITEM INVENTORY MANAGEMENT SUPPORT SYSTEM.....	367



<b>Shevchenko O. A., Medynskyi D. V.</b> TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF MAINTENANCE IN AIRCRAFT.....	372
<b>Solonska O.O., Petruk A.V.</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF THE EXISTING AND THE PROPOSED AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM OF MATERIAL RESOURCES OF A TYPICAL FREIGHT FORWARDING COMPANY.....	378
<b>Turchyna K. A., Medynskyi D. V.</b> MODELSTHAT TAKE INTOACCOUNT THE MAINFACTORS OF FORECASTINGIN AIR TRANSPORT.....	382
<b>Tychonova V.O., Medynskyi D.V.</b> STATEMENT OF THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF PRODUCTION MANAGEMENT IN CASE OF ACCUMULATION OF DELAYED AIRCRAFT.....	387
<b>Zatelepa A.O., Medynskyi D.V.</b> TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF GROUND SERVICE BY AIR TRANSPORTATION.....	394
<b>Zelynskyi A. S., Medynskyi D. V.</b> AIRPORT SPECIAL TRANSPORT SERVICE.....	401

#### **ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

<b>Бойченко С. В., Калмикова Н. Г.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОБЛІКУ ЕМІСІЇ КОМПОНЕНТІВ БЕНЗИНІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА МІНІМІЗАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	407
<b>Клешня С. В., Пертко О. П., Мельникова С. Л.</b> СИНТЕЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІЗАТОРА ПРОЦЕСУ ГІДРОГЕНІЗАЦІЇ CO <sub>2</sub> ДО ДИМЕТИЛОВОГО ЕТЕРУ.....	411
<b>Степасюк Б. В., Гаєвська Т. А., Ляшенко В. О.</b> ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛІТИЧНА ПЕРЕРОБКА 1,1,2-ТРИХЛОРЕТАНУ З ОДЕРЖАННЯМ ЦІННИХ МОНОМЕРІВ.....	417
<b>Секційні засідання.....</b>	422

УДК 621.373.4

**Б. М. Воляр**

*студент факультету електроніки,  
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТАСІТРОНІВ В СХЕМАХ З ІНДУКТИВНИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ**

**Вступ.** Багато електрофізичних, в тому числі плазмових, електрохімічних та електротехнологічних процесів, а також деяких медичних процедур, засновані на використанні високої електричної напруги ( $U$ ) [1-7]. Напруга може бути постійною, змінною або імпульсною [1-7]. Величина  $U$  залежить від застосування і може становити від одиниць до сотень кіловольт. Широкий діапазон застосувань високої напруги вимагає наявності генераторів для широких діапазонів потужностей ( $P$ ) і часових параметрів (тривалості імпульсів  $\tau$  і періодів їх повторення  $T = 1 / F$ , де  $F$  - частота проходження імпульсів). На практиці потрібні імпульсні потужності  $P$  від 10 Вт до 1 ГВт при середній за період величині  $P_{cp}$  від ват до сотень кіловат. Такі ж величини  $P_{cp}$  можуть вимагатися при роботі навантаження на постійному струмі (ПС). Тривалість імпульсів може становити від часток наносекунд до режиму ПС. Оскільки один тип генератора не може забезпечити отримання високої напруги у всьому діапазоні можливих параметрів, використовуються різні методи генерації. Як правило, генератори високої напруги на основі ІНЕ простіше інших схем, тому такий підхід використовується в багатьох схемах бестрансформаторного живлення. Особливістю генераторів з ІНЕ є необхідність застосування ключового приладу ( $S$ ), який здатний не тільки включати струм накачування ІНЕ, але і вимикати його, і чим швидше, тим краще. При цьому прилад в вимкненому стані повинен витримувати без пробую високу напругу  $U_L$ .

На сьогодні є ряд електронних приладів, здатних багаторазово і в частотному режимі вимикати струм при наявності напруги на електродах. До таких приладів відносяться транзистори, замикаючі (двохопераційні)

тиристоры, електровакуумні комутатори (ЕВК) із замиканням електронного потоку і деякі типи газорозрядних (плазмових) комутаторів (ГРК) [1; 2; 4; 5]. Запропоновано різні підходи до керованого вимикання ГРК, один з перспективних заснований на сітковому керуванні, який схожий на сіткове керування в ЕВК. ГРК з сітковим керуванням був названий тасітрон. Сучасні тасітрони дозволяють вимикати струм до 1 кА при напрузі до 25 кВ і більше. Їх основне призначення – працювати спільно з ємнісними накопичувачами енергії, але цікавим є їх застосування і для генерації високої напруги спільно з ІНЕ без використання підвищувальних трансформаторів. Таке застосування тасітрону, як показали автори, вельми затребуване, але воно досліджено недостатньо. Його розвиток дозволив б розширити область використання цих ГРК, сприяв б збільшенню їх промислового випуску, і розробці нових конструкцій.

### **Принцип дії тасітрону**

Пошук шляхів до можливості за допомогою сітки не тільки управляти моментом запалювання розряду у високовольтних газорозрядних пристроях між катодом і анодом, але й переривати розряд привели до створення приладу нового типу, названого тасітроном. Конструкція тасітрону: катод (з підігрівом для отримання термоелектронної емісії або без підігріву з використанням іонно-електронної емісії) – керуюча сітка – анод. За своєю конструкцією та принципом дії тасітрон схожий на водневий тиратрон [7], але є одна відмінність – дрібноструктурна сітка. При подачі негативної напруги на сітку, в іонній оболонці поблизу неї створюється замикаючий бар'єр для електронів на їх шляху до анода. Недоліком такої сітки є її сильне нагрівання, тому конструкція сітки повинна добре розсіювати тепло. Тасітрон вмикається під час подачі позитивної напруги на сітку і ініціювання газового розряду в проміжку катод-сітка з подальшим переносом розряду на анод. Володіючи високою стабільністю моментів включення і виключення і малим часом де іонізації після розрядної плазми, тасітрон дозволяє комутувати імпульси тривалістю  $\tau=0,1-100$  мксек з частотою проходження імпульсів  $F$  до декількох сотень кілогерц.

### **Схема генерації високої напруги**

Для генерації високовольтних імпульсів була обрана схема тасітронного генератора високої напруги, яка представлена на рис. 1. На схемі навантаження  $R_n'$  підключено зліва до тасітрону  $S$ .

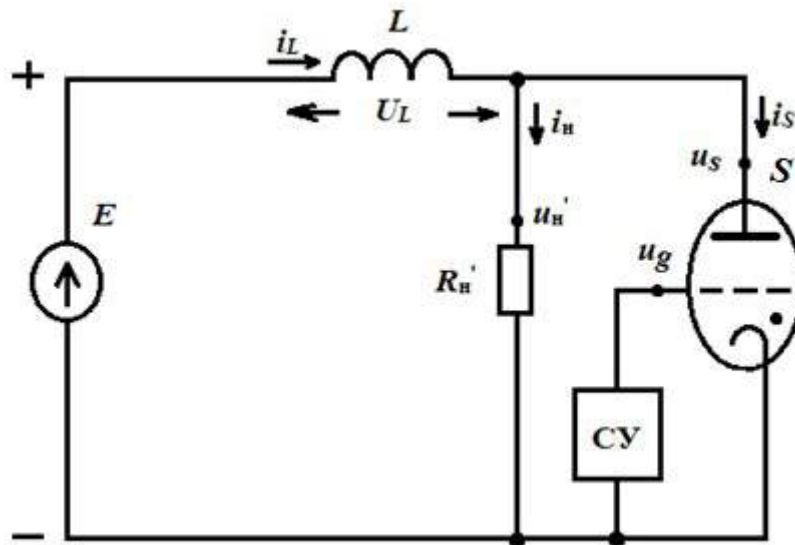


Рис.1. Схема генератора імпульсів високої напруги.  $R_n'$  – навантаження,  $E$  – джерело живлення,  $L$  – ІНЕ (індуктивний накопичувач енергії),  $S$  – тасітрон,  $CU$  – система управління тасітроном.

Навантаження тасітронного генератора використовується для накачування струмом ІНЕ ( $L$ ) і працює в імпульсному режимі, перебуваючи в провідному стані в період з моменту подачі позитивної напруги на сітку  $t_0$  до моменту  $t_3$  закінчення після розрядного деіонізаційного процесу відновлення електричної міцності анодного проміжку тасітронного генератора. Електрична міцність визначається максимальною анодною напругою, яка витримує тасітрон без мимовільного переходу в провідний стан.

У період  $[t_0, t_1]$  формується розряд між катодом і анодом тасітронного генератора і він переходить в нормальний провідний стан. Час формування розряду – близько 0,1 мкс. У періоди  $[t_2, t_3, t_4 \text{ або } t_5]$  відбувається деіонізація плазми в тасітроні і відновлюється його електрична міцність. Час відновлення – близько 0,5-2 мкс. Причому в період  $[t_2, t_3]$  концентрація після розрядної плазми залишається досить великою, зберігається майже нормальна провідність тасітронного генератора і триває зарядка

ІНЕ, потім провідність різко спадає. У зазначені період потужність теплового навантаження на тасітрон  $p_s$  - максимальна, див. нижню діаграму на рис. 2.

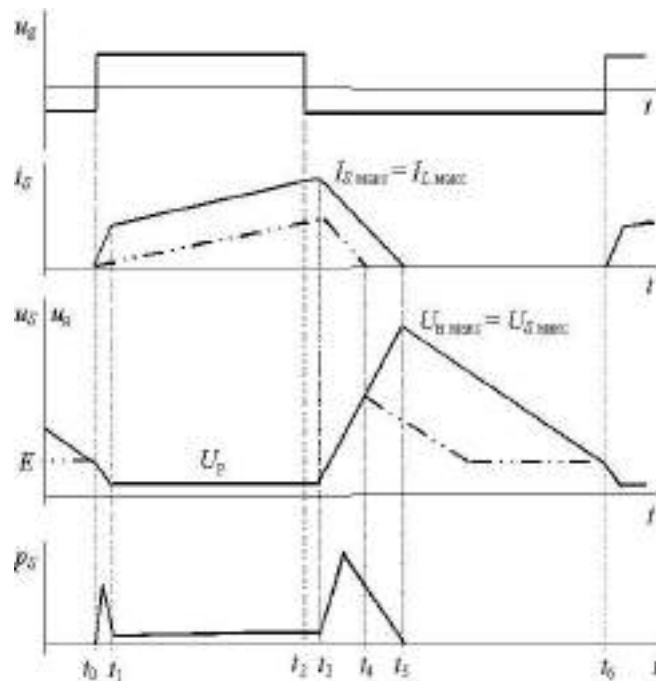


Рис. 2. Часова діаграма роботи генератора. Для наочності часовий масштаб подій розтягнутий на стадіях включення і виключення тасітрону.

У період нормальної (тобто максимальної) провідності тасітрону  $[t_1, t_3]$  падіння напруги  $U_{s,1}$  на ньому близько 50-100 В і слабо залежить від струму. Це дозволяє замінити тасітрони еквівалентним генератором зустрічної напруги  $U_{s,1}$  при розрахунку електричного кола під час зарядки ІНЕ. Тривалість позитивної частини керуючого імпульсу на сітку  $U_g$  можна скоротити, але до величини не менше часу формування (на практиці - до декількох мікросекунд), і перейти до двоімпульсного управління (короткий відпираючий імпульс і довгий замикаючий). Це знижує теплове навантаження на сітку. Тривалість накачування ІНЕ визначається заданими параметрами схеми і режимом роботи генератора, тасітрони допускають накачування тривалістю десятки-сотні мікросекунд при достатньому охолодженні сітки.

У період накачування ІНЕ його струм визначається наступною формулою, якщо знехтувати внутрішнім опором джерела, ІНЕ і динамічним опором тасітрону і полягати, що опір навантаження  $R_n'$  дуже великий, а його струм дуже малий:

$$i_L = (E - U_{s,1})(t - t_1)/L + i_{0,1},$$

де  $i_{0,1}$  – залишковий струм в ІНЕ перед включенням тасітрону. При отриманні даної формули ми використовували відомий закон самоіндукції

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}$$

і, відповідно,  $di_L = \frac{1}{L} \int u_L dt$  з наступним інтегруванням.

При роботі схеми в режимі генератора імпульсної напруги з навантаженням  $R_n'$  мінімальне значення  $i_{0,1} = E/R_n'$ , а максимальне визначається ступенем розряду ІНЕ в період  $[t_5, t_6]$ , коли тасітрон вимкнений. Має місце лінійний заряд ІНЕ. Енергія  $W$  накачки ІНЕ:

$$W = 0.5L(i_{L,3})^2,$$

де  $i_{L,3}$  – струм ІНЕ в момент закінчення періоду накачки  $t_3$ .

### Генерація імпульсів високої напруги

Діаграми на рис. 2 також представляють динаміку генерації імпульсу високої напруги в період розрядки ІНЕ з різним запасом енергії. Оскільки тасітрон  $S$  і навантаження  $R_n'$  з'єднані паралельно, вони знаходяться під однаковою напругою ( $u_s = u_n'$ ). Після подачі в момент  $t_2$  негативної напруги на сітку тасітрону починається процес деіонізації після розрядної плазми і виключення струму  $i_s$ . Провідність тасітрону починає знижуватися, відповідно, знижується струм  $i_s$  і зростає струм через навантаження  $R_n'$ , формуючи передній фронт імпульсу напруги. На практиці тривалість фронту становить кілька мікросекунд, на її величину впливає не тільки процес деіонізації після розрядної плазми в тасітроні, але і паразитні ємності, і втрати енергії в схемі. Поточна величина напруги на навантаженні визначається виразом:

$$u_n' = (i_L - i_s)R_n'$$

і досягає максимального значення  $U_{n,макс}$  в моменти  $t_4$  або  $t_5$ . Якщо знехтувати втратами енергії в тасітроні в період деіонізації, отримуємо формулу для оцінки амплітуди імпульсу напруги

$$U_{n,макс} = i_{L,3}R_n' = U_{s,макс}.$$

Потім починається експонентний спад напруги на навантаженні і формується задній фронт імпульсу напруги. Цей процес описується рівнянням

$$u_L + Ri_L = L(di_L/dt) + Ri_L = E,$$

де  $R$  – опір всього ланцюга, включаючи опір навантаження  $R_n'$ , активний опір ІНЕ і внутрішній опір джерела первинного живлення. Звідси, якщо знехтувати втратами енергії в тасітроні в період деіонізації, отримуємо формулу для поточної напруги на задньому фронті імпульсу на навантаженні

$$u_n' = E + i_{L.3} R \exp[-R(t-t_3)/L].$$

Суцільними лініями на рис. 2 показані діаграми для випадку, коли ІНЕ в повному обсязі розряджається в період  $[t_5, t_6]$ , а штрих-пунктирною лінією показані діаграми для випадку, коли ІНЕ повністю розряджається в період  $[t_4, t_6]$ .

Видно, що неповний розряд ІНЕ дозволяє отримувати більшу амплітуду імпульсів при інших рівних умовах. Такий розряд ІНЕ має місце при роботі в частотному режимі з короткою тривалістю вимкненого стану тасітрону. Більш того, в цьому випадку можна отримувати на навантаженні майже прямокутні імпульси напруги. Очевидно, що чим більше відношення  $R/L$ , тим менше розряджається ІНЕ під час генерації імпульсу напруги.

### **Висновки**

Розглянуто особливості генерації високої напруги для різних застосувань з використанням індуктивного накопичувача енергії та тасітрону як газорозрядного приладу-комутатора, що періодично підключає індуктивний накопичувач до джерела струму накачування. Висока напруга генерується за рахунок ефекту самоіндукції при відключенні індукційного накопичувача від джерела живлення. При цьому можна виключити використання в схемі генератора високовольтного трансформатора. Величина напруги, що генерується може становити десятки кіловольт. Вихід на потужність генератора на тасітроні може досягати десятків кіловат.

Застосування тасітрону спрощує електричну схему генератора, так як один такий комутатор може замінити кілька десятків напівпровідникових приладів, що включаються послідовно. Також підвищується енергетична ефективність, знижуються маса і габарити генератора в порівнянні з генераторами на електровакуумних комутаторах (електронних лампах).

#### **Список використаних джерел:**

1. Месяц Г. А. Импульсная энергетика и электроника. М.: Наука; 2004.
2. Олейник В. П. Терапевтические аппараты и системы: учебное пособие. Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т “Харьк. авиац. ин-т”; 2002.
3. Пилинский В. В. Источники вторичного электропитания с бестрансформаторным входом для электронной аппаратуры: учебное пособие. Киев: КПИ; 1985.
4. Браун М. Источники питания. Расчёт и конструирование. К.: МК-Пресс; 2005.
5. Гейтенко Е. Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет: учебное пособие. М.: СОЛОН-ПРЕСС; 2008.
6. Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применения. М.: Изд. дом Додэка XXI; 2001.
7. Бочков В. Д., Королев Ю. Д. Импульсные газоразрядные коммутирующие приборы. *Энциклопедия низкотемпературной плазмы*. Вводный том. М.: Наука; 2000. Кн. IV. С. 446-459.

**Науковий керівник: А. І. Кузьмичев, д.т.н.**  
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського



**Т. О. Гармаш, І. Є. Гаєнко**  
*студенти Аерокосмічного факультету,  
Національний авіаційний університет*

## **РОБОТИ-МАНІПУЛЯТОРИ ЯК ЗАСІБ МОНІТОРИНГУ**

Робототехніка, в наш час, стає все досить важливішою сферою розвитку. На багатьох підприємствах замість людей вже працюють роботи. Також, роботи знайшли своє застосування для підводних досліджень, операцій з порятунку. Завдяки роботам вивчається космос. В наш час, завдання робототехніки – це створення і застосування роботів для звільнення людини від робіт, пов'язаних з небезпеками для здоров'я або з важкою фізичною працею, а також від простих монотонних операцій, що не вимагають високої кваліфікації.

Маніпулятори мають переваги у виконанні операцій перед людиною у тому, що їх швидкість та точність виконання робіт значно швидше, також вони стійкі до виконання однотипних операцій. Вони призначені для виконання різних рухів і деяких інтелектуальних функцій, що властиві людині [1, с. 42].

З розвитком робототехніки було визначено три основних різновиди роботів. Це такі, як: з жорсткою програмою дій; маніпулятори, що керуються оператором; роботи зі штучним інтелектом (інтегральні роботи). Керування може здійснюватися віддалено за участю оператора або без участі оператора за заданою заздалегідь програмою. Усі способи керування роботом-маніпулятором основані на теорії автоматичного керування (ТАК). Їх існує велика множина, проте їх узагальнення складає труднощі, оскільки кожного дня вирішуються, як правило, принципово різні завдання: оператор працює в умовах, що неможливо передбачити завчасно, вирішуються завдання, пов'язані з побудовою системи керування (СК).

Задля виконання роботами-маніпуляторами завдань з моніторингу необхідним є розроблення системи керування, яка надасть можливість виконувати дію з позиціонування руху ланок маніпулятора.

Таким чином, до системи керування входить набір засобів для збору інформації про об'єкт керування та впливів, що контролюють його поведінку, які систематизовані між собою задля отримання необхідних та бажаних результатів. Узагальнена структурна схема САК роботом-маніпулятором наведена на рис. 1.

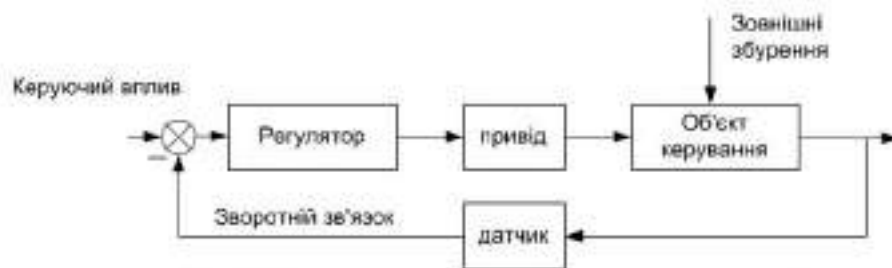


Рис. 1. Узагальнена структурна схема системи керування

Так, якщо розглядати робот-маніпулятор з точки зору керування, то він є електромеханічною системою, яка містить багатоланкові механічні механізми та конструкції, з необхідним типом приводу, а також пристроєм керування, що можна перепрограмувати.

При виконанні дій з моделювання САК приводу робота-маніпулятора необхідно враховувати вхідні параметри, оскільки саме їх корегування дозволить створити ефективну. Задля отримання параметрів пристроїв корегування важливим є завдання зі створення імітаційної моделі САК (рис. 2) [2, с. 52].

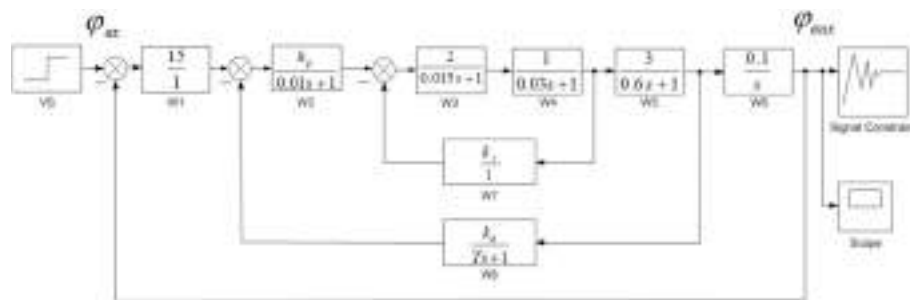


Рис. 2. Імітаційна модель САК приводом робота-маніпулятора

Аналіз первинного моделювання запропонованої САК (рис. 3.) дозволяє зробити висновки про необхідність оптимізації параметрів. Вона буде проводитись за технологією NCD (рис. 4.). [3, с. 81].

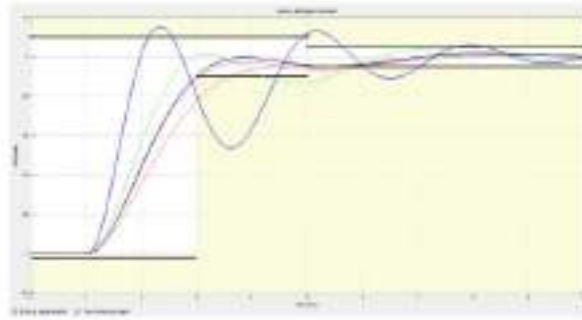
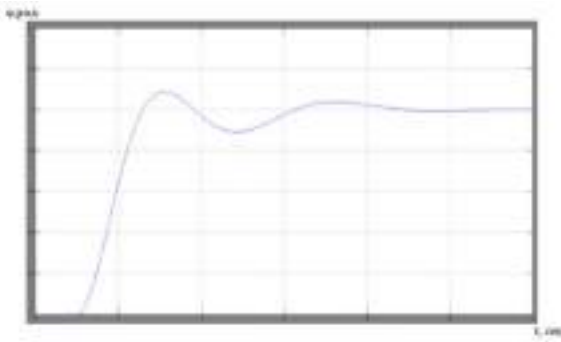


Рис. 3. Моделювання нескорегованої САК

Рис. 4. Оптимізація параметрів

Таким чином, проведена оптимізація пристроїв корегування та їх використання для повторного моделювання дає можливість отримати якісний перехідний процес (рис. 5).

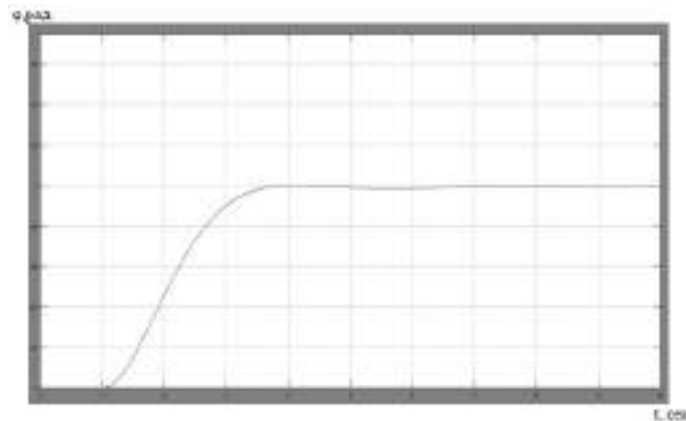


Рис. 5. Перехідний процес скорегованої системи

Тобто проведені дії з оптимізації пристроїв корегування САК приводом робота-маніпулятора дозволяють отримати якісні перехідні процеси. Тим самим підвищується точність позиціонування робота-маніпулятора, що вкрай важливе для дій з моніторингу. Оскільки точність виконання маніпулятором дій буде вища.

**Науковий керівник: Д. О. Шевчук**, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет

**С. А. Толстой**

*викладач спеціальних дисциплін, голова циклової комісії,  
Державний вищий навчальний заклад «Київський авіаційний технікум»*

**КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА  
АВТОМАТИЗАЦІЇ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ НА ВІТЧИЗНЯНИХ  
АВІАБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Авіаційна промисловість України була і залишається однією зі стратегічних галузей вітчизняного машинобудування. Будучи наукомісткою, авіація акумулює в собі безліч напрямків розвитку людства, використовує надсучасні досягнення світової науки і техніки, надає конкурентоздатні престижні робочі місця, виробляє прогресивну продукцію. Як у радянські часи, так і після розпаду СРСР в Україні основними виробниками продукції авіаційного напрямку є декілька великих (за масштабами виробництва і території, чисельністю працюючих тощо) підприємств, а саме: ДП «АНТОНОВ», Харківське державне авіаційне виробниче підприємство (ХДАВП), ПАТ «Мотор Січ».

Вказані підприємства, маючи розвинену інфраструктуру, власні аеродроми, досить налагоджену структуру управління, достатній кадровий потенціал, характеризуються спільною рисою, яка полягає у низькому техніко-технологічному рівні виробництва. Основною причиною такої ситуації є – абсолютно логічно з точки зору загальноукраїнської тенденції – наднизьке, а подекуди фактично нульове фінансування галузі в цілому і її учасників, зокрема. Фактично вказані підприємства, а рівно і інші, менш масштабні вітчизняні підприємства і організації авіаційного спрямування, наразі проводять свою діяльність за рахунок самофінансування. Це могло б дозволити займати більш вигідну позицію на ринку за рахунок чіткого орієнтування на його потреби у межах власних стратегічних програм, але унеможлиблює виконання глобальних проектів і часто ставить під загрозу розвиток компанії як

такий, ставлячи пріоритетним напрямком роботи саме підтримання поточної діяльності.

Самоокупність впроваджуваних на підприємстві технологій досягається шляхом успішного продажу відповідної продукції, створеної з використанням цих технологій. Традиційно в авіаційній галузі серед усіх видів виробництв найбільшою трудомісткістю характеризується складальне (агрегатне і остаточне). Саме воно є одним із фінальних і найбільш відповідальним етапом виробництва авіаційних конструкцій. Рівень технічного і організаційного вдосконалення складального виробництва, трудомісткість якого для сучасного літака складає 40...50% від трудомісткості виготовлення літального апарату (далі – ЛА) в цілому, в значній мірі визначає його технологічну собівартість [1].

Складальне виробництво вимагає і надсучасного оснащення, адже саме таке дозволить задовольнити традиційно високі вимоги щодо якості і точності, які – за замовчуванням – були забезпечені для кожного компонента авіаційної конструкції на етапі його створення, будь то деталь чи складальна одиниця. Найбільш потужними (виключно у порівнянні із іншими вітчизняними підприємствами) складальними можливостями володіє ДП «АНТОНОВ». Легендарна *фірма* – а саме так називають її серед найбільш прогресивних і досвідчених робітників підприємства – володіє багаторічним досвідом створення конкурентоздатних літаків, має світове визнання, власну сертифіковану авіакомпанію, а також збережений, в цілому, кадровий потенціал.

Якщо у 1960-1980-х рр. дослідне і серійне виробництво ДП «АНТОНОВ» (а тоді – АНТК ім. О.К.Антонова і КиАПО, згодом – завод «Авіант») мали потужну матеріально-технічну базу, оновлення якої відбувалося централізовано і повномасштабно, то сьогодні вже об'єднана фірма знаходиться у катастрофічному стані по цьому питанню. Так, по деяких видах виробництв, у томи числі і агрегатно-складальному, вік засобів технологічного оснащення (далі – ЗТО) досягає 50-ти і більше років. Досить скромні намагання керівництва закупити нове обладнання у 1990-х рр. і в подальшому, аж до

сьогодення, обмежувалося заміною (модернізацією, купівлею) ряду механообробних верстатів і декількох десятків одиниць ручного механізованого інструменту.

Автор мав можливість працювати на ДП «АНТОНОВ» у другій половині 2000-х рр. на посаді технолога механоскладального цеху. Виконуючи професійні обов'язки інженера-технолога, неодноразово доводилося бути свідком неможливості впровадження нових технологій, замовлень нових ЗТО, бачити застаріле, але працююче обладнання, по цілому ряду виробництв. Що до складального, то рівень технологій у ньому стримувався виключно застарілими ЗТО, яке передбачало недопустимий для сучасного підприємства обсяг ручної праці і часте вимушене зниження вимог до якості та точності, що найнегативнішим чином, зрозуміло, віддзеркалювалося на кінцевій продукції – планері літака.

Автору також пощастило брати участь у перемовинах щодо оновлення парку ЗТО складального виробництва розглядуваної фірми, але домовленості між учасниками цих перемовин обмежувалися лише протоколами про взаєморозуміння і співпрацю, проектами договорів, контрактів, резолюціями і рядом приємних, але нерезультативних відряджень до потенційних постачальників. Якщо у останніх були тверді наміри щодо виконання повного комплексу робіт із проектування, виготовлення, постачання, встановлення, пуско-запуску і навчання персоналу, то, як виявилось, ДП «АНТОНОВ» не готове було ані морально, ані технічно (фактично – фінансово) довести ці роботи до підписання «бойових» документів.

Досить довгий час, перед ганебним і катастрофічним входженням до ДК «УКРОБОРОНПРОМ» [2], авіація перебувала під головуванням Міністерства промислової політики України. Великі надії покладені зараз на новоутворене Міністерство з питань стратегічних галузей промисловості України, до сфери діяльності котрого тепер належатимуть профільні підприємства авіаційної промисловості, про що говориться у самому міністерстві і чого вимагають численні відкриті листи від імені трудових

колективів означених підприємств. Вертаючись до ДП «АНТОНОВ»: продовження політики зміни керівництва дестабілізує обстановку в цілому та вже призвела до фактичного зупинення серійного виробництва. Ура-патріотичні заяви чиновників у сукупності з безвідповідальністю остаточно показали неспроможність і небажання держави підтримувати авіаційну галузь. І це настільки вже кричущий факт, що соромно говорити про зворотнє.

Програма технічного переоснащення авіаційного підприємства в умовах капіталістичного світу повинна розроблюватися виключно спеціалістами самого підприємства, обов'язково із суміжними *галузевими* партнерами, але без втручання призначених високооплачуваних експертів із урядових кабінетів, які у своїй більшості не мають, на жаль, навіть елементарних знань із розглядуваних питань. Ряд державних цільових *комплексних* науково-технічних програм розвитку авіаційної промисловості України на період до 2010 р., згодом – до 2020 р., тепер – Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки [3] мають на меті розв'язання проблем, яке потребує державної підтримки та використання програмно-цільового методу. Кожний з цих документів містить, зокрема, конкретний перелік таких проблем і шляхи їх вирішення, але до практичного застосування – читаймо фінансування – справа доходить вкрай рідко.

Технічне переоснащення провідних підприємств вітчизняної авіаційної галузі полягає у *комплексній роботі* щодо забезпечення високого рівня механізації і автоматизації виконуваних робіт із застосуванням сучасних ЗТО, за державної підтримки. Тільки такий підхід дозволить оновити техніко-технологічний потенціал, забезпечити робочі місця сучасними інструментами і обладнанням, що автоматично забезпечить виконання вимог конструкторської документації та призведе до підвищення статусу авіатора, як на рівні виробничих робочих, так і інженерного складу. Роботи зі штучної закупівлі тих чи інших ЗТО на місцевому внутрішньовиробничому рівні (для конкретного досвідченого чи не дуже робочого або дільниці чи навіть цеху) призведе, звісно, до вирішення певних проблем на локальному рівні, але знову ж таки –

комплексно – результат буде нульовим, навіть при наявності достатнього фінансування цих поодиноких процесів.

Співпрацювати з Україною як з авіаційною державою мають бажання провідні фірми-продуценти сучасних ЗТО, про що свідчить і досить активна участь українських авіапідприємств на міжнародних форумах і авіасалонах, і підтримання програм імпортозаміщення, і продовження перемовин із ними, але такі відносини не можуть базуватися на обмеженому або, ще гірше, нестабільному фінансуванні. Стратеги-автори цільових програм із розвитку авіаційної промисловості повинні чітко ставити пріоритети підтримання галузі, пропонувати алгоритм дій, який би гарантовано призводив до отримання результатів. Задача чиновників в так – підтримати професіоналів. А результати повинні бути виражені конкретними одиницями авіаційної продукції – літаках, двигунах, комплектуючих, які б мали високу конкурентоздатність на ринку. І підтвердження можливості її отримання повинно відбуватися, зокрема, на виробництвах, куди можна запросити бізнес-партнера (замовника), точно знаючи, що побачене ним задовольнить його очікування, а не шокує радянськими пневмодрелями, агітаційними плакатами та відсутністю елементарного ремонту.

При цьому, інвестори, як вже повноправні на сьогодні учасники процесу створення авіаційної техніки, вкладатимуть додаткові (після державних) кошти в розвиток відповідних технологій, і цей процес може стати безперервним, адже буде забезпечена зацікавленість всіх сторін. А відтоді – і успішність продажів авіаційної техніки, і повернення позицій на ринку, і поява ресурсів для розвитку.

#### **Список використаних джерел:**

1. Пекарш А. И., Тарасов Ю. М., Кривов А. Г., Громашев Г. А. и др. Современные технологии агрегатно-сборочного производства летательных аппаратов. М.: Аграф-пресс, 2006.



2. Деякі питання державного підприємства «Антонов»: постанова Кабінету Міністрів України від 31.03.2015 № 269. / Верховна Рада України.  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/269-2015-%D0%BF#Text>

3. Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку авіаційної промисловості на 2021-2030 роки: розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.11.2020 № 1412-р. / Верховна Рада України.  
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1412-2020-%D1%80#Text>

УДК 681.516.7 (043.2)

**V. I. Choshko**

*Student of Faculty of Air Navigation, Electronics and Telecommunications,  
National Aviation University*

## **MODERN APPROACH TO OVERCOME THE DISADVANTAGES OF EXISTED AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS**

An aircraft control system is a complex of technical devices that provide control of an aircraft. By control we mean the process of changing the parameters of aircraft motion in the desired direction to achieve a given goal. The control process is based on information about control tasks (a given goal) and the current state of the system. In accordance with these, the control process includes the following main stages:

- obtaining the necessary information about management tasks;
- obtaining information about the current state of the control object;
- analysis of the information received and the development of a decision (control action);
- implementation of the adopted decision [1, c. 3].

An automatic control system, as a rule, consists of two main elements - a control object (plant) and a control device (controller), therefore there are many different classifications with different approaches, e.g., by the purpose of control, by the type of information in the control device or by the type of description of system variables. I would like to dwell in more detail on the classification of methods of control.

The method of control is called the basic principle that determines the methods and place of obtaining information used for aircraft flight control.

There are three main control methods: autonomous control, telecontrol and homing.

Autonomous control (AC) is the flight control of an aircraft using instruments located on board, in the absence of energy contact with the control point and the target. The effectiveness of this method can be estimated as a first approximation by the mean square error of achieving the flight goal

$$\sigma_{AC} = \sqrt{\sigma_{ST}^2 + \sigma_{CS}^2},$$

where  $\sigma_{ST}$  – mean square error of the start,  $\sigma_{CS}$  – mean square error of the control system [2, c. 4].

The start error includes errors in determining the coordinates of the target or trajectory parameters, errors in the direction of launch, errors in the initial orientation of measuring devices, etc. The error of the control system consists of instrumental, methodological and dynamic errors. When flying over long distances, the component  $\sigma$  can reach significant values and this is a serious disadvantage of AC systems. On the other hand, advantages are simplicity, absolute secrecy of the work, practically unlimited range of action.

Telecontrol is a remote control of any objects by means of signals generated at the control center. With regard to aircraft control, this means that during the entire flight or in any of its sections at the control point, the aircraft and the control goal are continuously monitored and their current coordinates are determined. Based on these observations, the required trajectory of the aircraft is calculated and, if the latter deviates from this trajectory, then the corresponding control commands are generated, which are transmitted to the aircraft by radio communication link and are implemented by the onboard part of the control system. In this case, start errors are fully compensated, and control accuracy is determined only by errors in control systems. The tracking errors of modern telecontrol systems are several meters. But it also has some cons: system complexity, relatively low noise immunity due to the presence of surveillance and communication facilities, limited range associated with the capabilities of surveillance facilities.

Homing is a method of controlling the aircraft motion, in which control signals are generated on board of the aircraft under the influence of energy emitted or reflected by a target. The homing device, sensing signals from the target, measures the coordinates of the aircraft relative to the target and generates control commands in accordance with the aircraft's deviation from the currently required trajectory. The main advantage of homing is its high accuracy. Nevertheless, its disadvantages are relative complexity (in comparison with AC) and insufficient noise immunity.

The telecontrol and homing systems necessarily include the autonomous control technical means that implement the task of stabilizing the angular and linear coordinates of the aircraft relative to the trajectory set along the telecontrol and homing lines. In practice, in order to compensate of the deficiencies that inherent in separate control methods, combined methods are used [2, c. 5].

The choice of the control method depends on the general task of the flight, the given range, the purpose of the flight and the required accuracy.

Today, flying vehicles are used to perform extremely complex tasks, which involve the synthesis of the goal of aircraft functioning in flight, making decisions for action taking into account various factors of the state of the aircraft and the external environment, developing control and executing these decisions with high accuracy. These functions of modern aircraft can be implemented only by using a new class of control systems – intelligent.

An intelligent system is a set of hardware and software combined by an information process, working in conjunction with a person (a group of people) or autonomously, capable of synthesizing a goal based on the use of information and knowledge in the presence of motivation, working out a decision on action and finding rational ways to achieve it [3, c. 8].

The concept of a structure of intelligent control systems is based on four key principles:

- situation control;
- hierarchical principle of the structure;
- reasonable use of four intelligent technologies that are most developed to date (expert systems, fuzzy logic, neural networks, associative memory);

- adequate correspondence to the degree of intelligence (in small, large and the whole) uncertainty factors acting on the system.

It is important to note that the main feature that distinguishes the intelligent control system from the one built according to the "traditional" scheme is linked with the connection of mechanisms for storing and processing knowledge to realize the ability to perform the required functions under incompletely specified (or undefined) conditions with a random nature of external disturbances [4, с. 6]. Disturbances of this kind may include an unforeseen change in goals, operational characteristics of the system and control object, environmental parameters, etc. In addition, the composition of the system, if necessary, is supplemented with self-learning tools that provide generalization of the accumulated experience and, on this basis, the replenishment of knowledge, as well as forecast development of events.

Obviously, conducting large-scale research in the field of intelligent control in combination with the development of engineering methods of analysis and synthesis, as well as with the creation of automation tools for tuning and teaching intelligent systems will provide an opportunity to design a fundamentally new generation of technology designed for autonomous operation under conditions of incompleteness and uncertainty of incoming information in the presence of random environmental disturbances. Undoubtedly, it will solve a lot of existing problems in automatic control theory but also will create a lot of new ones.

#### **References:**

1. Воробьев В. В., Киселев А. М., Поляков В. В. Системы управления летательных аппаратов. Москва, 2008. 202 с.
2. Давыдов И. Е. Системы управления ЛА : Электронное учебное пособие / И. Е. Давыдов; М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. И. Е. Давыдов. Электрон. текстовые и граф. дан. Самара, 2013. 53 с.
3. Кэ Фан. Анализ и разработка интеллектуальной системы управления летательными аппаратами одного класса : дис. канд. : 05.13.01. Москва, 2005. 141 с.
4. Лохин В. М. Романов М. П. Интеллектуальные системы управления – перспективная платформа для создания техники нового поколения. *Российский технологический журнал*. 2014. №1. С. 1–24.

**Науковий керівник:** А. М. Кліпа, к.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет



УДК 540

**А. О. Бондаренко, А. О. Гетьман**  
*студентки Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій,  
Національний авіаційний університет*

## **СУЧАСНИЙ СТАН ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗФОСФАТНИХ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ В УКРАЇНІ ТА ЕКОЛОГІЧНА СВІДОМІСТЬ НАСЕЛЕННЯ**

Проблеми, пов'язані з використанням миючих засобів, що містять фосфати, вже давно призвели до настільки суттєвих негативних наслідків як для довкілля, так і для здоров'я населення, що у багатьох країнах на даний час вони заборонені. На сьогоднішній день в Україні концентрація фосфатів в стічних водах сягає майже 30 мг/л, при нормативі скиду в міську каналізаційну мережу 8.0 мг/л. При такій концентрації фосфатів у вхідних водах застарілі технології очищення не дозволяють досягти встановлених норм для скидних вод, що викликає евтрофікацію і загибель гідробіонтів. Особливо агресивними являються аніонні поверхнево-активні речовини (а-ПАР). Вони здатні викликати порушення імунітету, розвиток алергії, ураження мозку, печінки, нирок, легень. Наявність фосфатних добавок в порошках призводить до значного підсилення токсичних властивостей а-ПАР, так як ці добавки створюють умови для більш інтенсивного проникнення а-ПАР через шкіру. Вирішенням цієї проблеми є удосконалення систем очищення та обмеження використання, а краще повна заборона фосфоромісних миючих засобів.

Більшість споживачів за рахунок своєї необізнаності притримується тієї думки, що якщо певний товар користується попитом у населення та представлено на продаж, то він є безпечним для використання. Проте, слід розуміти, що жоден миючий засіб не вдається повністю змити з поверхні посуду чи виполоскати із волокон тканин. Таким чином, через шкіру та з

продуктами харчування «хімікати» потрапляють в організм людини та викликають порушення роботи печінки, нирок, скелетних м'язів, що проводить, в свою чергу, до тяжких отруень, порушення обмінних процесів та загострення хронічних захворювань, запалень слизових оболонок, затрудненого дихання, кашлю, приступів астми. Зважаючи на такі факти, необхідно ретельно підходити до питання вибору прального порошку та засобів догляду за будинком. Основний негативний вплив фосфатів у навколишньому середовищі проявляється в тому, що вони сприяють масовому розвитку водоростей у водоймах, в результаті чого вода стає непридатною для господарчо-побутового використання. Водорості, що розвиваються, забарвлюють воду у різні кольори. Тому цей процес і отримав назву "цвітіння водойм", що змінює запах, колір та присмак води. При відмиранні цих водоростей у водоймах розвиваються гнилісні процеси. Бактерії, що окислюють органічні сполуки водоростей, активно споживають кисень, тому у водоймах починає його бракувати. Такий процес має назву "евтрофікації водоймища" [1]. Це призводить до кисневого голодування і загибелі риби та іншої фауни у водоймах. Потрапляючи у водойми, фосфати є добривом для інтенсифікації росту синьо-зелених водоростей, тобто сприяють процесу евтрофікації (цвітіння водойми). Відомо, що кожен 1 грам фосфатних сполук з пральних порошоків викликає зростання 5-10 кілограмів синьо-зелених водоростей [3].

Механізм впливу на організм людини сполук фосфору – це взаємодія їх з ліпідно-білковими мембранами і проникнення через них у різні структурні елементи клітини, викликаючи тим самим тонкі, глибокі зміни в біохімічних та біофізичних процесах, а також порушення кислотно-лужної рівноваги клітин шкіри та, як наслідок, дерматологічні захворювання (алергічну реакцію).

Фосфати – це солі фосфорної кислоти. Основна мета таких сполук – зробити воду м'якшою та підвищити рівень її миючих властивостей. З цієї причини, більшість миючих засобів в нашій країні містять фосфатні сполуки – вони найдешевші, а тому дозволяють отримувати виробникам надприбутки від виробництва товару [5]. Світ вже давно відмовився від цих речовин. Маємо



надію, що і наша країна невдовзі відмовиться від миючих та пральних засобів з вмістом фосфатів та перейде все ж таки на безфосфатні.

Альтернатива фосфатам – фосфонати - це ефіри і солі фосфонових кислот. Вони відрізняються від фосфатів тим, що в фосфонатах є один Р-С зв'язок, а в фосфатах таких зв'язків немає. Проте, це ті самі сполуки фосфору, які стимулюють ріст водоростей у водоймах.

Наступний спосіб заміни фосфатів у порошках – цеоліти. В даний час безфосфатні порошки на базі цеолітів займають провідне місце в більш ніж 50 розвинених країнах світу. Однак, виявилось, що пральні порошки на базі цеолітів поряд з підвищеною екологічною безпекою мають суттєві гігієнічні недоліки: миюча здатність нижче нормативних вимог; низька виполіскувальність залишків порошку з тканин; високий вміст силікатів, що викликає знежирення шкіри; вміст більше 7% аніонних поверхнево-антивних речовин (ПАР) замість гігієнічної норми 2%; пошкодження тканин і їхнього забарвлення; наднормативний вміст пилу [4].

Ще наприкінці 20-го століття було встановлено негативну дію цих речовин і вилучено зі складу пральних порошків у країнах Європи.

Цивілізовані країни світу (а їх майже 40), де здоров'я генофонду є пріоритетною цінністю, давно вже відмовились від застосування фосфатних пральних порошків, які спеціалісти називають домашнім міні-Чорнобилем. Жахлива аналогія виникла через те, що ефект від них на організм людини подібний до іонізуючого випромінення [2]. Більшість держав по цілому світі вже давно перейшла повністю на безфосфатні засоби, як от, приміром, Японія, причому варто зауважити, що відбулося це аж у далекому 1986 році! На сьогодні ніде по країні не знайдете такої шкідливої побутової хімії. Деякі держави ввели заборону та обмеження по кількості шкідливих складників у продукції. До того ж, вони також обмежили насиченість ринку такою продукцією. Зокрема, у Бельгії понад 80% ринку складають вже виключно без фосфатні пральні засоби, в Данії – понад 54%, Фінляндії та Швеції – 40%, Франції – 30%, Англії та Іспанії – 25%, Греції та Португалії – 15%. В Америці

понад третина штатів заборонила до продажу побутову хімію на фосфатній основі. Не зважаючи на це, в Україні фосфатні порошки широко представлені на полицях у магазинах.

На основі даних про шкідливість фосфатних засобів, наведених вище, ми виконали еколого-маркетологічне дослідження торговельних мереж, таких як «АТБ», «Сільпо», «Екомаркет», «Аврора» на наявність безфосфатних миючих засобів, інформацію про них, а також про обізнаність населення з екологічними проблемами.

Ми обрали мережі магазинів, де є в продажі побутова хімія. Дані, які нам вдалось зібрати, не зовсім такі, як нам би хотілося побачити, вони представлені в табл. 1. В першу чергу, в жодній з мереж безфосфатні пральні засоби не були представлені на окремому стелажі, а також не було жодної інформації яка б вказувала, що цей порошок є безфосфатним, чи про те, яку шкоду для навколишнього середовища чи людини несуть фосфати.

Таблиця 1.

### Безфосфатні миючі засоби в торгових мережах України

“Екомаркет”				
№	Назва	Склад	Країна виробник	Призначення
1	Erles (порошок)	Менше як 5% аніонні ПАР; менше як 5% амфротерніпар; цеоліти; менше як 5% кисневмісні відбілювачі; менше як 5% мило; ензими; барвники; оптичні відбілювачі; ароматизатор; пом'яшувач тканин	Україна	Для дорослих
2	Gala (порошок)	5-15% аніонні ПАР; <5% катіонні ПАР; неіоногенні ПАР; фосфонати; полікарбоксилати; цеолітензими; ароматизуючі добавки	Україна	Для дорослих
“Сільпо”				
1	Sodasan (порошок)	> 30% органічне рослинне мило, > 15-30% карбонат натрію (сода), 5-15% силікатів, 5-15% Поліаспартат, 5-15% імінодісукцінат, <5% цитрат		Для дітей та для дорослих
2	Frosch (порошок-концентрат)	5-15% мила, неіоногеннітензиди, ензими	Німеченна	Для дорослих
3	Sansin (Гель для прання)	Вода, цитрат тринатрію дигідрат, кокос Glycereth, сульфат лауретнатрію, спирти, C12-	Угорщина	Для дорослих

		14, етоксильовані, кокоаткалію, гліцерин, фермент (протеаза (субтілізін)), органічний гліцерин, ксантанова гумка, духи, четвертинний, етоксильований гексаметилендіамін, консервант (сорбатнатрію, Каніт), органічна фруктова вода Vaccinium Macrocarpon (журавлина)		
4	Satin (порошок)	15-30% карбонат натрію, сульфат натрію, 5 - 15% перкарбонатнатрію, мило, цитрат натрію, <5% бікарбонатнатрію, неіоногенні ПАР, ТАЕД, силікатнатрію, діоксидкремнію, піногасник, ензими, трилон Б, ароматизатор	Україна	Дитячий
5	Gala (порошок)	5-15% аніонні ПАР; <5% катіонні ПАР; неіоногенні ПАР; фосфонати; полікарбоксилати; цеолітензими; ароматизуючі добавки	Україна	Для дорослих
6	Perwoll (гель)	5 - 15% аніонні ПАР, <5% неіоногенні ПАР, мило, ензими, Парфуми (аміліцінамаль, цитронеллол, лімонен, гексилцінамаль, цитронеллол), Консерванти (бензізотіазолін, метілізотіазолін)	Угорщина	Для дорослих
7	Alles GUT (порошок)	<5% - аніонні і неіоногенніповерхнево-активніречовини (ПАР), відбілюючі кисневі сполуки, оптичні відбілювачі <5%, регулятор піни, ензими, ароматизатор	Україна	Дитячий
		“АТБ”		
1	Gala (порошок)	5-15% аніонні ПАР; <5% катіонні ПАР; неіоногенні ПАР; фосфонати; полікарбоксилати; Цеолітензими; ароматизуючі добавки	Україна	Для дорослих
2	УтіПуті (порошок)	> 30% натрію карбонат, 5-15% аніонні ПАР, антиресорбенти, натрію сульфат, вібілювач на основікисню, запашник, цеоліт.	Україна	Дитячий
3	Sila (порошок)	>30%: натрію сульфат, 5-15% аніонні ПАР, натрію карбонат, натрію сілікат, цеоліт, >5% антиресорбент, оптичний відбілювач, віддушка.	Україна	Для дорослих
4	Кря-Кря (гель)	5-15% аніонні ПАР; менш 5% неіонногенні ПАР, амфотерні ПАР, цитрат натрію, хлоріднатрію, менш 5% сілетилендіамінтетраоцтової кислоти; ензими, запашник, консервант, оптичний відбілювач	Україна	Дитячий
5	Queso (гель)	Не містить боратов, етилендіамінтетраоцтової кислоти, відбілювачів, фосфатів	Польща	Дитячий
		“Аврора”		
1	Gala (порошок)	5-15% аніонні ПАР; <5% катіонні ПАР; неіоногенніПАР; фосфонати; полікарбоксилати; цеолітензими; ароматизуючі добавки	Україна	Для дорослих
2	SAMA Baby	<5% бікарбонатнатрію, <5% КМЦ, <5% мило ,	Україна	Дитячий

(гель)	<5% силікон, <5% тілон, 5-15% аніонні ПАР, вода, консервант, оптичний відбілювач, ароматизатор		
--------	--	--	--

Таким чином, ми встановили, що асортимент безфосфатних порошків на ринку України є не досить широким. Першість по кількості безфосфатних порошків отримала торгівельна мережа «Сільпо», на другому місці знаходиться «АТБ», третє місце між собою розділили «Єва» та «Аврора». Головною проблемою є те, що жителі не є обізнаними в шкоді фосфатів, а тому обґрунтовують свій вибір дешевизною, або ж яскравою упаковкою.

Також ми провели невеличке опитування населення, результати якого наведені в таблиці 2. Загальна кількість респондентів становила 35 осіб. Опитування показало, що маже половина респондентів не обирають безфосфатні засоби, насамперед, через низьку обізнаність про їх шкідливість.

Таким чином, можна зробити наступні висновки. Для поліпшення ситуації з охороною навколишнього середовища необхідно приведення національного законодавства у відповідність до вимог ЄС щодо миючих засобів на основі фосфатів, а також стимулювання бізнесу виробляти екологічно безпечні миючі засоби. Відповідний законопроект, який декілька разів подавали у Верховну Раду України, так і не був прийнятий.

Таблиця 2

### **Екологічна свідомість населення щодо безфосфатних миючих засобів**

Питання	Відповіді «так»
1. Чи знаєте ви про вплив фосфатів на довкілля і здоров'я?	68,57 %
2. Чи обираєте ви безфосфатні засоби при покупці?	62,85%
3. Чи вважаєте ви, що потрібно заборонити використання фосфатних миючих засобів, як це зробили багато європейських країн?	60%

З іншого боку, не проводиться достатня робота з інформування населення щодо шкідливості фосфатних миючих засобів для свідомого вибору альтернативних варіантів. Ця ситуація потребує невідкладного виправлення.

### **Список використаних джерел:**

1. Даценко Ю. С. Евтрофирование водохранилищ. Гидролого-гидрохимические аспекты. Москва: ГЕОС, 2007. 252 с.
2. Литвин Т. Небезпечна чистота. *Надзвичайна ситуація*. 2010. №2. С.35.
3. Беспалова Л. Е. Водна токсикологія: навчальний посібник / Л.Е.Беспалова, В.В.Оліфіренко, А.В.Рачковський Херсон: ВЦ «Колос», 2015. 131 с.
4. Обираємо безпечні миючі засоби в Україні. / Офіційний сайт міста Івано-Франківськ. URL: <http://mvk.if.ua/energef/27136>
5. Якими засобами прати? Безфосфатна хімія в Україні. / Компанія «Хмарка». URL: <https://hmarka.ua/uk/articles/yakymy-zasobamy-praty-bezfosfatna-himiya-v-ukraini/>

**Науковий керівник: Т. І. Білик**, к.б.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Є. В. Бурло**

*студентка Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій,  
Національний авіаційний університет*

## **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЧЕРКАЩИНИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИРІШЕННЯ**

Із розвитком промисловості, транспорту та сільського господарства, збільшенням масштабів використання природних ресурсів, які використовувались і, на жаль, використовуються сьогодні нерационально і неефективно, зростає антропогенний вплив на біосферу, що є основною причиною глобальної екологічної та економічної кризи, а також кліматичних змін [1].

Вплив діяльності людини на природне середовище надзвичайно різнобічний і відчувається на всіх рівнях біосфери. Критичний її стан, в першу чергу пов'язаний з такими формами антропогенного впливу, як знищення багатьох видів живих організмів, забруднення промисловими і побутовими відходами, пестицидами і іншими забруднюючими речовинами. Різного роду забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунту викликані викидами промислових, побутових та сільськогосподарських відходів і відзначаються токсичною дією на живі організми.

У місті Черкаси зростання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря обумовлено збільшенням викидів ПАТ "Азот"(рис.1), використання вугілля на ПАТ "Черкаське хімволокно" та збільшення випуску продукції на ПрАТ "Миронівська птахофабрика".

Маса викидів цих підприємств у 2012 році складала [2]:

- АТ "Черкаське хімволокно" - викид 29,3 тис.т., що складало 42 % від загальної маси викидів у атмосферу;
- ПАТ "Азот" - викид забруднюючих речовин в атмосферу 5,1 тис. т. (7 %);

- ПрАТ "Миронівська птахофабрика" з загальним викидом забруднюючих речовин в атмосферу 13,1 тис. т. (19%).



Рис. 1. ПАТ «Азот» - Черкаси

Забруднення річок та погіршення їхнього гідрологічного стану відбувається через недостатню роботу комунальних підприємств і є не менш важливою проблемою. Результатом інтенсивного використання водних ресурсів людиною є негативні кількісні та якісні зміни водних ресурсів регіону, що призвели до практичного зникнення великих річкових систем з гідрологічним режимом. Основними джерелами водопостачання в регіоні є Кременчуцьке водосховище, річки Гнилий Тикич, Рось, Тясмін та водозабори. Гостро стоїть проблема з побутовими відходами, вилученням і утилізацією пестицидів. Загальна кількість скинутих у водойми забруднених стічних вод у 2016 році збільшилась з 5,958 млн. м<sup>3</sup> до 7,318 млн. м<sup>3</sup> на 1,36 млн. м<sup>3</sup> (майже в півтора рази) [3].

Як і в попередні роки, основними джерелами забруднення водних об'єктів залишаються очисні споруди через те, що вони працюють неефективно і потребують реконструкції (Чигиринський, Кам'янський, Смілянський, Тальнівський, Уманський, Христинівський, Корсунь-Шевченківський, Чорнобаївський, Золотоніський водоканали), а в окремих районах ці споруди взагалі відсутні (Городищенський, Драбівський, Жашківський Корсунь-Шевченківський та Шполянський райони) та каналізаційні мережі виробничих

управління житлово-комунального господарства. Часто відсутні підприємства, що можуть не лише вивезти ці залишки, а й знищити їх. До того ж, держава має проводити політику в плані зміни екологічного законодавства, комплексно вирішувати питання. На сьогодні дуже гостро стоїть питання споживання прісної води.

Такі забруднювачі, як нафтопродукти, сульфати, хлориди, залізо, нітрати, а також мідь, цинк та хлор, скидаються у поверхневі води регіону, викликаючи замори риб та інших гідробіонтів (рис. 2). Це відбулося через зменшення скиду стандартних чистих та необроблених та забруднених стічних вод. Скиди забруднюючих речовин у поверхневі водойми порівняно з 2011 роком зменшились на 18 тон. Протягом 2012 року на санітарно-хімічні показники були перевірені зразки питної води зі свердловин та колодязів, з них 48,8% зразків не відповідали гігієнічним вимогам [4].



Рис. 2. Загибель риби внаслідок отруєння

Для збереження наших річок та водосховищ від забруднення та для їх поступового відновлення необхідно підвищити ефективність водоохоронних заходів, спрямованих на зменшення надходження брудних промислових та побутових стоків у джерела води - організація безвідходного виробництва, створення закритих циклів використання води, рекультивація.

Ще одною не менш важливою проблемою для жителів Черкащини є наслідки пожеж, які вибухають на стихійних звалищ (рис.3). Смог досягає будинків громадян і покриває навколишні квартали. Рятувальники повинні



майже щодня боротися з вогнем. Люди запевняють: стихійне звалище горить вже кілька років. У Черкасах небезпечними відходами забруднені землі площею 740 кв.км [4]. Серед виявлених небезпечних відходів переважну більшість складала люмінесцентні лампи, непридатна косметика, батареї, відпрацьовані оливи та пластик. Місто стикається з екологічною катастрофою. Земля, на якій знаходиться сміттєзвалище, належить компаніям ЗАТ "Хімпобудсервіс" та "Черкаське хімічне волокно".

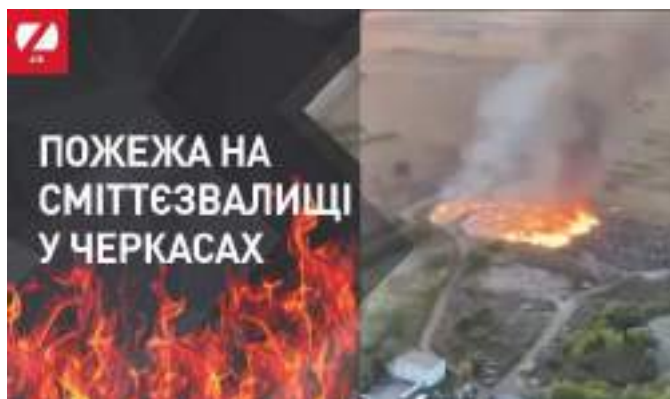


Рис. 3. Горить звалище на Черкащині

Значної екологічної шкоди земельним ресурсам Черкащини завдає забрудненість ґрунтів викидами промисловості та хімізації в сільському господарстві. Небезпека забруднення ґрунтів визначається не тільки вмістом важких металів, але й класом небезпеки окремих токсикантів. До першого класу шкідливості відносяться миш'як, кадмій, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор; до другого класу – бор, кобальт, нікель, мідь, молібден, хром; до третього – барій, ванадій, марганець, вольфрам. Їх вміст у ґрунтах може оцінюватися як за валовими, так і рухомими формами елементів. Багато з них можуть призводити до захворюваності людей. Так, у складі сільськогосподарських угідь зосереджено 520,7 тис. га або 40 % особливо цінні землі, в тому числі рілля – 514,6 тис. га (43,8 %) від обстеженої площі [1].

Нераціональна система землекористування призвела до тяжких екологічних наслідків, а саме наявності таких проявів деградації земель як ерозія, техногенне забруднення, вторинне осолонцювання, підтоплення та зсуви ґрунтів.

Не меншої шкоди завдає забруднення ґрунтів хімічними засобами захисту рослин. Зменшення обсягів використання пестицидів в останні роки хоча і сприяло зниженню забруднення ґрунтів та сільськогосподарської продукції отрутохімікатами, але ситуації суттєво не змінило. Це обумовлено тим, що залишкова кількість пестицидів знаходиться в ґрунті тривалий час. Чим більше пестицидне навантаження на ґрунти, тим вища їх шкідливість для населення. Загальна площа земель, втрачених протягом 2012 року внаслідок переформування берегів Кременчуцького водосховища в межах Черкаської області, склала 0,39 га, з них 0,36 га на території державного лісового фонду, 0,02 га – багаторічні насадження, 0,01 га – чагарники [1].

Охорона земель і відтворення родючості ґрунтів – складна проблема, вирішення якої потребує коштів та відповідних рішень законодавчого характеру. Окремі агротехнічні заходи не завжди можуть забезпечити захист ґрунтів від антропогенних впливів та їх ефективну рекультивацію.

Отже, проаналізувавши екологічну ситуацію на Черкащині, можемо зробити висновок, що для вирішення екологічних проблем області потрібна реалізація програм розвитку, які базувалися б на нових соціально-політичних засадах, глибоких екологічних знаннях та високому рівні екологічної свідомості громадян.

#### **Список використаних джерел:**

1. Экокатастрофой в Черкассах может обернуться незаконная свалка опасных отходов. URL: <https://from-ua.com/news/391216-ekokatastrofoi-v-cherkassah-mozhet-obernutsya-nezakonnaya-svalka-opasnih-othodov.html>
2. На Черкащине согласовали проект свалки URL: <http://topnews.ck.ua/society/2015/12/19/43141.html>
3. На мусорной свалке возле Черкасс произошел сильный пожар. URL: <https://112.ua/obshchestvo/na-musornoy-svalke-vozle-cherkass-proizoshel-silnyy-pozhar-387024.html>
4. Майже 58 тисяч тонн забруднюючих речовин минулоріч потрапили в атмосферу Черкащини. URL: <https://www.vikka.ua/novini/majzhe-58-tisyach-tonn-zabrudnyuyuchix-rechovin-minulorich-potrapili-v-atmosferu-cherkashhini/>

*Науковий керівник: Т. І. Білик, к.б.н., доцент,  
Національний авіаційний університет*

**А. А. Пахомов, К. В. Мірошник, Р. П. Саган**  
*студенти Факультету електроніки,  
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

## **МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЗАХИСТУ ЛЮДИНИ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПОВІТРЯ**

Хоча людство і заглянуло у наносвіт у 1902 р., коли німецькі вчені Річард Зігмонді та Генрі Зідентопф створили ультрамікроскоп, але спостереження наночастинок у вигляді світних точок (подібно до зірок на небі) мало що давало для розуміння їхньої природи [1]. Декілька десятиліть єдиним вікном у наносвіт був електронний мікроскоп, винайдений у 1931 р. німецьким фізиком Ернстом Руска [2]. Перший електронний мікроскоп, побудований спільно з інженером Максом Кноллем, збільшував лише у 400 разів, але з часом збільшення зросло до  $10^7$  і це дало змогу побачити органічні та неорганічні наночастинки розміром від одиниць до сотень нанометрів та простежити за їх взаємодією з довкіллям та впливом на організм людини.

Існує декілька основних забруднювачів повітря, природного та штучного походження, які становлять небезпеку для здоров'я людини. Це отруйні гази, використовувані як хімічна зброя під час військових дій та терористичних атак (табун, зарин, зоман та інші), продукти згоряння вуглеводневого палива, тютюну та сухого листя (наприклад, бензопірен та оксид вуглецю), органічні та неорганічні наночастинки (наприклад, віруси та пил).

Останнім часом з'являється все більше повідомлень про те, що найбільшу небезпеку для здоров'я людини становлять частинки розміром приблизно 100 нм. Ці частинки досить легко потрапляють в легені і викликають запалення.

Така дія неорганічних наночастинок схожа з дією органічних частинок, наприклад, вірусу SARS-Cov-2, які теж мають розмір приблизно 100 нм.

Розгляньмо можливі шляхи захисту людини від цих частинок. Перший шлях пов'язаний з розкладанням небезпечних органічних сполук на безпечні, а

другий – з механічною дією на частинки, результатом якої має стати повне або часткове їх видалення з повітряного оточення людини.

Молекули РНК, з яких складається вірус SARS-Cov-2, мають максимум поглинання на довжині хвилі 260 нм. Для знищення вірусів використовують бактерицидні лампи, в яких пари ртуті випромінюють на довжинах хвиль 185 та 254 нм. Випромінювання з довжиною хвилі 185 нм небезпечно для шкіри, тому у побутових бактерицидних лампах воно поглинається склом колби.

Наявність ртуті в бактерицидних та люмінесцентних лампах теж є небезпечним фактором, тому, починаючи з 2020 р., люмінесцентні лампи з холодним катодом та деякі види компактних люмінесцентних ламп підпадають під заборону Мінаматської конвенції по ртуті [3]. З часом заборона пошириться і на бактерицидні лампи, але поки що їм немає гідної заміни.

Перспективним джерелом бактерицидного ультрафіолету є світлодіоди з нітриду алюмінію AlN, які генерують випромінювання у діапазоні 260–270 нм. Станом на 2020 р. ці світлодіоди мають ККД 2 %, потужність менше 100 мВт і вартість понад \$100 [4]. Якщо вдасться покращити параметри цих світлодіодів, вони можуть стати заміниками бактерицидних ламп.

Очікується, що AlN-світлодіоди будуть використані для розкладання таких небезпечних сполук, як діоксини та поліхлоровані дифеніли, які з'являються у повітрі внаслідок пожеж на хімічних підприємствах з виробництва гербіцидів, фарб, машинних мастил та поліхлорвінілової електричної ізоляції проводів та кабелів, а також при спалюванні сміття.

AlN-світлодіоди можуть бути використані для інактивації вірусу SARS-Cov-2. Дослідження, проведені з бактерицидними лампами, показують, що випромінювання з довжиною хвилі 254 нм знищує віруси за дози опромінення 1–1,5 Дж/см<sup>2</sup> [5].

Частинки пилу, диму та віруси розміром порядку 100 нм зависають у повітрі на декілька десятків годин. Вітер, протяг, конвекційний потік повітря можуть перенести ці частинки на значну відстань, але їх негативна дія на людину зменшується внаслідок зменшення їх концентрації у повітрі.

Наприклад, за концентрації вірусу менше  $100 \text{ м}^{-3}$  ймовірність заразитися стає досить малою.

Якщо припустити точковий характер забруднювача повітря (кухонної плити, багаття, інфекційного хворого) і розлітання наночастинок у півсферу, то концентрація наночастинок за відсутності потоку повітря мала б бути обернено пропорційною квадрату відстані. Наявність потоку повітря змінює цю залежність. Потік повітря, який рухається у напрямку від джерела забруднення до людини, збільшує концентрацію біля людини внаслідок затягування частинок у потік з периферії. Потік повітря який рухається у перпендикулярному напрямку, знижує концентрацію частинок біля людини і навіть може звести її до нуля.

Зрештою, кінцевий результат впливу наночастинок на людину визначається накопиченою дозою, часом її накопичення, імунною реакцією (у разі, якщо це віруси) та допоміжними речовинами, які допомагають організму боротися з вторгненням небезпечних хімічних агентів.

Для захисту повітряного середовища приміщень від частинок пилу та диму використовують електростатичні повітряні фільтри, принцип дії яких було запропоновано ще у 1824 р. і які ґрунтуються на іонізації частинок в коронному розряді і осіданні на електродах [6]. Проблематичним є очищення таких електродів.

Оскільки наночастинки переважно є діелектриками і в електричному полі відбувається їх поляризація з утворенням електричних диполів, можна оцінити швидкість їх руху в повітрі внаслідок явища діелектрофорезу. В роботі [7] показано, що під дією електричного поля напруженістю  $0,5 \text{ МВ/м}$  латексні сфери радіусом  $3,4 \text{ мкм}$  у воді розвивають швидкість до  $1 \text{ см/с}$ . Враховуючи те, що стабілізація швидкості частинки виникає внаслідок врівноваженню електростатичної сили і сили Стокса, пропорційної в'язкості води, можна вважати, що у повітрі швидкість частинки буде у 55 разів вище. Саме таким є відношення в'язкостей води і повітря. Для частинок розміром у сотні нанометрів швидкість у такому електричному полі буде більшою за  $1 \text{ м/с}$ .

Ще одна можливість пов'язана з використанням тиску світла на частинки. Ще у 1619 р. німецький математик, оптик та астроном Йоганн Кеплер припустив, що відхилення хвоста комети у бік, протилежний Сонцю, викликане тиском сонячного випромінювання на частинки, які утворилися внаслідок випаровування речовини з поверхні комети. Величину тиску світла на частинку оцінив у 1873 р. англійський фізик Джеймс Максвелл (у рамках створеної ним теорії електромагнітного поля). Для того, щоб продемонструвати тиск світла у лабораторних умовах, російському фізику Петру Лебедєву потрібно було проявити неабияку майстерність експериментатора. З появою лазерів і з досяжною за їх допомогою високою інтенсивністю випромінювання такі досліді стали доступними.

У 1969 р. американський фізик Артур Ашкін продемонстрував можливість не тільки прискорення частинок лазерним випромінюванням, але і їх захоплення в оптичну пастку [8]. Ці дослідження стали основою для створення оптичного пінцета, інструменту для безконтактного маніпулювання мікро- та наночастинками, а їх автор, А. Ашкін, удостоєний Нобелівської премії з фізики за 2008 р.

У своїх експериментах 1969 р. Ашкін показав, що лазерне випромінювання з довжиною хвилі 0,51 мкм та потужністю 50 мВт прискорює у повітрі крапельку води діаметром 5 мкм до швидкості 0,25 см/с [8].

Таким чином, існує декілька технологій, які можуть бути використані для захисту людини від небезпечної дії органічних та неорганічних наночастинок.

#### **Список використаних джерел:**

1. Zsigmondy R. Properties of colloids. Nobel lecture. December 11, 1926. URL: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1925/zsigmondy-lecture.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1925/zsigmondy-lecture.pdf)

2. Руска Э. Развитие электронного микроскопа и электронной микроскопии. УФН, 1988, т.154, вып. 2, С. 243–259.

3. <http://www.mercuryconvention.org/News/fromtheConvention/2020deadlinephasingoutmercuryaddedproducts/tabid/8479/language/en-US/Default.aspx>.

4. Klaran WD Series UVC LEDs. URL: [https://www.klaran.com/images/Products/CIS\\_Klaran\\_WD\\_DS\\_101020.pdf](https://www.klaran.com/images/Products/CIS_Klaran_WD_DS_101020.pdf)

5. Heilingloh C. S. et al. Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation. *American Journal of Infection Control*, 2020, vol. 10, issue 10, p. 1273–1275.

6. Mainelis G. et al. Design and collection efficiency of a new electrostatic precipitator for bioaerosol collection. *Aerosol Science and Technology*, 2002, vol. 36, issue 11, p. 1073–1085.

7. Fiedler S. et al. Dielectrophoretic sorting of particles and cells in a microsystem. *Analytical Chemistry*, 1988, vol. 70, no. 9, p. 1909–1915.

8. Ashkin A. Acceleration and trapping of particles by radiation pressure. *Phys. Rev. Lett.*, 1970, vol. 24, no. 4, p. 156–159.

**Науковий керівник: Чадюк В. О.**, к.т.н., доцент,  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

**М. К. Сігнаєвський**

*студент Факультету екологічної безпеки, інженерії та технології,  
Національний авіаційний університет*

**К. І. Кажан**

*доцент кафедри цивільної та промислової безпеки Факультету екологічної  
безпеки, інженерії та технології,  
Національний авіаційний університет*

## **ПРОГНОГОЗУВАННЯ РИЗИКУ ТРЕТЬОЇ СТОРОНИ В УМОВАХ РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНИХ ПОДІЙ**

Незважаючи на те, що ймовірність виникнення аварійних ситуацій в розрахунку на один політ є досить низькою (орієнтовно 1 на 1000000 польотів), проте АП трапляються переважно під час зльоту та посадки, а, отже, близько до аеропорту. Низька ймовірність виникнення аварійних ситуацій в розрахунку на один політ в комбінації з великою кількістю польотів, може істотно впливати за загальну ймовірність аварійних ситуацій протягом року навколо великих аеропортів [4].

Згідно з рекомендаціями ІКАО Doc 9184 важливою частиною планування розвитку аеропорту та навколишніх територій є оцінка ризику третьої сторони та обґрунтування меж зон громадської безпеки [4].

Ризик визначається як поєднання ймовірності події та тяжкості цієї події [1-4]. Для аналізу сторонніх ризиків навколо аеропортів необхідні об'єктивні показники ризику, і часто використовуються два спеціальні показники ризику: індивідуальний ризик та соціальний ризик. Індивідуальний ризик визначається як вірогідність (на рік) того, що особа, яка постійно проживає в певному місці в районі аеропорту, загине внаслідок авіаційної аварії, тоді як соціальний ризик визначається як ймовірність (на рік) більше N кількості людей загине внаслідок 1 авіаційної аварії. Щоб запобігти збільшенню ризиків третьої сторони (тобто – населення, що мешкає чи перебуває в околиці аеропорту/аеродрому) при оцінці



варіантів розвитку аеропорту та питань землеустрою, необхідна об'єктивна та точна інформація про рівні ризику третьої сторони для прийняття ефективних управлінських рішень керівництвом аеропортів, органам місцевої влади та місцевим громадам, а також авіаційної влади, які відповідають за впровадження системи управління безпекою. Існує декілька різних підходів та методів оцінки ризиків третіх сторін, що проводяться національними дослідницькими центрами для аеропортів цивільної авіації, а також розробляються моделі для оцінки певної фази безпеки польоту.

**Зона громадської безпеки (ЗГБ)** – це територія навколо ЗПС найбільш завантажених аеропортів або аеропортів, віддалених від населених пунктів на невелику відстань, з метою обмеження кількості людей (населення і працюючих), які перебувають на території та навколо аеропорту, і щоденно наражаються на ризик загибелі чи травматизму у випадку катастрофи або аварії ПС під час їх зльоту або посадки [3].

Згідно з визначенням ІКАО [4] зони безпеки навколо аеропорту/аеродрому встановлюються аналогічно до зон обмеження забудови із умов впливу авіаційного шуму та враховують ризик для людей, що мешкають навколо аеропорту загинути під час АП протягом одного року. В межах зон безпеки навколо аеропорту раціональним є різного ступеню заборони для зведення нової забудови. Рекомендації ІКАО передбачали знесення всіх житлових будівель в межах таких зон до 2015 року.

Визначення ЗГБ аеропортів базується на моделюванні індивідуального ризику, яке здійснюється з використанням відповідних даних про АП для визначення ступеня ризику для населення, що мешкає навколо аеропортів, зважаючи на швидке удосконалення транспортної інфраструктури та його періодичної заміни. Результати моделювання визначають розміри контурів ризику, обумовленого імовірністю загибелі людини, яка перебуває в даному місці протягом року, в результаті катастрофи ПС.

За рекомендаціями ІКАО кількість та нормативні вимоги щодо рівнів індивідуального ризику та функціонування встановлених ЗГБ, а також їх кількості, повинні визначатися на місцевому рівні.

Загальні методологічні вказівки щодо оцінки ризику третьої сторони та визначення ЗГБ навколо аеропортів цивільної авіації представлено в частині 2, ІКАО Doc 9184 [4], де встановлено, що для оцінки ризику третьої сторони методика повинна включати наступні елементи (рис. 1):

- ймовірність виникнення АП в околиці аеропорту;
- модель локалізації виникнення АП;
- модель наслідків аварії.

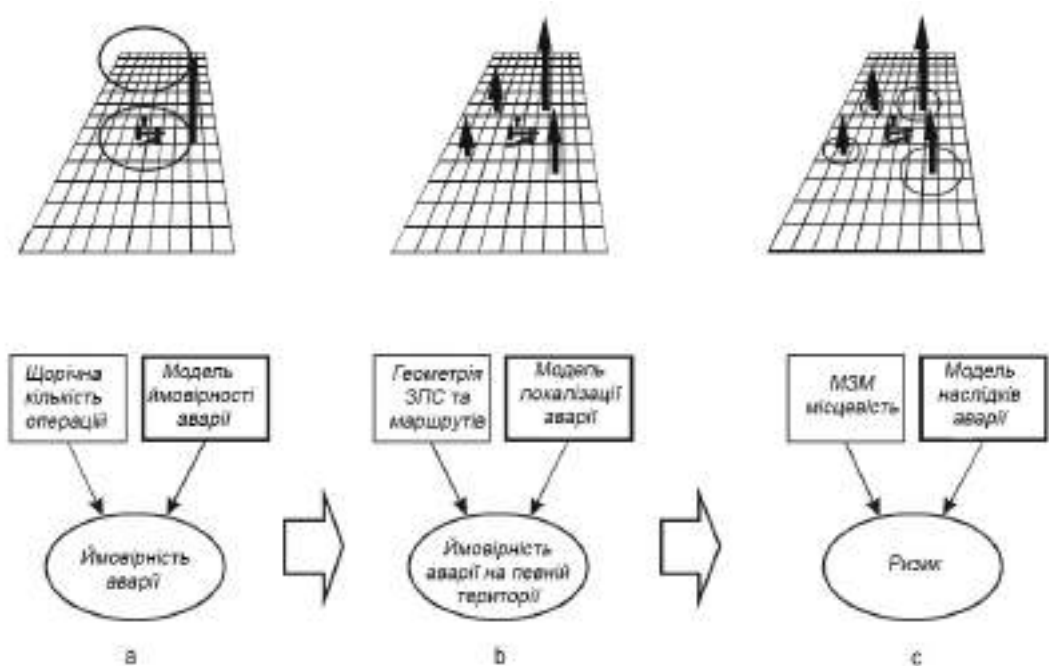


Рис. 1.Методологія оцінки ризику третьої сторони (ІКАО Doc 9184 [4])

Дослідження було спрямоване на удосконалення методики розрахунку ризику для визначення ЗГБ, що відповідає рекомендаціям ІКАО Doc 9184 [4], Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів [1] і описаний в проекті Методики [3], і складається з наступних кроків:

- 1) визначення річної інтенсивності руху (а саме кількості/числа зльотів і посадок ПС) для типів/категорій ПС;

2) розрахунок середньої зваженої оцінки утворення АП для всіх категорій/типів ПС (кількість аварій на 1000000 зльотів і посадок). Цей розрахунок виконується із застосуванням оцінки частоти аварій/катастроф для кожної категорії/типу ПС, перемножуючи її на кількість зльотів і посадок цієї ж категорії/класу ПС. Таким чином, визначається сумарний результат для однієї визначеної категорії/типу ПС;

3) розрахунок усередненого значення площі розкиду уламків ПС при катастрофі, в межах якої людина, що знаходиться на землі, буде смертельно травмована. Цей розрахунок виконується з визначенням середньої максимальної ваги ПС для кожної категорії/типу ПС, перемноженням на середнє значення аварій у районах в співвідношенні щорічного числа аварій для цієї ж категорії/типу ПС. Таким чином, визначається сумарний усереднений результат для всіх категорій/типів ПС та радіус площі розкиду;

4) розрахунок імовірності того, що аварія ПС відбудеться у визначеному місці розташування на досліджуваній території. Це виконується через оцінку функцій щільності імовірності за допомогою обчисленого середнього значення аварій у районах. Також запропоновано використовувати реальний розподіл типів ПС за маршрутами та маршрути руху ПС відповідно до траєкторій, зафіксованих за допомогою ADS-Втехнологій (ресурси доступу FLIGHRRADAR24.com, FLIGHTAWARE.com та інші);

5) розрахунок щорічної частоти аварій/катастроф ПС для визначеного місця розташування (тобто значення індивідуального ризику). Він виконується множачи річну імовірність аварії для визначеного місця розташування на інтенсивність руху ПС (кількість зльотів і посадок) і на відповідну усереднену імовірність аварій/катастроф з боку кожного торця ЗПС;

6) використовуючи результати розрахунку контурів індивідуального ризику, визначаються придатні зони громадської безпеки (наприклад, контури  $10^{-5}$  (1 на 100000) в рік і  $10^{-6}$  (1 на 1000000) в рік для запропонованих меж ЗГБ. Форма контурів ризиків (які простираються далеко від торця ЗПС), як правило, подібна трикутнику. Тому для забезпечення простої геометричної області зон

поруч зі злітно-посадочною смугою, яка може бути швидко визначена та легко відтворена на карті і планах, представляючи контури ризику, використовуються трикутні зони, що простираються уздовж осі ЗПС далеко від торця ЗПС.

Оскільки щорічно інформація про АП оновлюються за рахунок нових статистичних даних, ймовірнісні параметри можуть коригуватися та уточнюватися. Оновлення статистичних даних та надходження інформації з кількох джерел спрямовані на підвищення точності методики оцінки ризику третьої сторони та коректного управління такими ризиками з мінімальними витратами.

Таким чином, дослідження довело актуальність питання оцінки ризику третьої сторони для осіб, що мешкають в околиці аеропортів цивільної авіації та було визначено основні етапи методики для прогнозування ризику третьої сторони з урахуванням міжнародних вимог та рекомендацій ІКАО.

#### **Список використаних джерел:**

1. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів: наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 04.12.2002 № 637. 53 с.
2. Повітряний Кодекс України / *Відомості ВВР* зі змінами, 2011, № 48-49, с.536.
3. Правила встановлення зон громадської безпеки аеропорту. Державіаслужба України. Національний авіаційний університет, 2006 р. (проект). 15 с.
4. Руководство по проектированию аэропортов. Ч.2: Использование земельных участков и контроль над окружающей средой. Монреаль: ИКАО Doc 9184-AN/902/3, изд. 3, 2004. - 35с.

**А. О. Туревич**  
*аспірант кафедри екології*  
*Факультету екологічної безпеки, інженерії та технології,*  
*Національний авіаційний університет*

## **ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

Розвиток науково-технічного прогресу призвів до якісних змін навколишнього середовища, внаслідок чого значних змін зазнає біосфера, оболонка землі, в якій зосереджені всі живі організми. В.І. Вернадський вважав [6, с. 1016-1022], що такі зміни будуть пов'язані здебільшого з розумним використанням простору людиною і утворять ноосферу. Проте, використання людиною природних ресурсів, земель і водойм дуже часто нераціональне, а утворена такою діяльністю система на сьогодні визначена як «техносфера» (або «техноекосистема»). Єдиного загально-прийнятого визначення поняття «техноекосистема» на сьогоднішній день не існує. Поняття «техноекосистема» вживається у наукових працях О. В. Луньова, В. М. Єрмакова, Д. Г. Аверіна, В. М. Ісаєнка, С. М. Маджд [2; 3; 7].

А. Тенслі належить пріоритет терміну і обґрунтування поняття «антропогенне екосистема». В даний час класифікація антропогенних екосистем не розроблена, але можна виділити три типи антропогенних екосистем: агро-, техно- та урбо-екосистеми. Термін «techno-ecosystem» використовував Е. Одум (E.R Odum) [9, с.103-104], віддаючи термінологічний пріоритет Z. Neveh. Він звертає увагу на корінну відмінність природних і техноекосистем: якщо перші залежать від енергії сонця, то другі - від енергії різного палива.

Техноекосистема – це впорядкована множина природних і технологічних елементів та процесів, які в просторово-часовому відношенні функціонують як

цілісна система. Отже, будь-який техногенний об'єкт, що функціонує на певній території можна розглядати як техноекосистему.

Тхноекосистема – це складна система, оскільки вона має здатність змінюватись в просторі та часі під впливом зовнішніх та внутрішніх чинників [4, с. 64-66]. Технологічна компонента чинить переважно деструктивний вплив на природну компоненту, натомість природна – має відновлюючу функцію, це забезпечує гармонійне та цілісне існування та функціонування техноекосистеми, а також визначає фізичне місце останньої в просторі та часі.

Отже техноекосистема як об'єкт дослідження – це дуже складне, багаторівневе та багатокомпонентне цілісне утворення, в якому відбуваються постійні динамічні процеси.

Під час надзвичайних ситуацій, які виникають в техноекосистемах дуже важливо швидко визначити [6, с.10-14] та виправити компонент який призвів до цієї ситуації, проте враховуючи складність досліджень у відносно стабільному стані – техноекосистеми потребують використання передових технологій для свого дослідження, моніторингу, контролю та управління.

Значного поширення набуло використання дистанційних мультиспектральних методів моніторингу, контролю та управління екологічною безпекою та технологічними процесами техногенно-небезпечних об'єктів та територій, зокрема агро-холдингами, складськими та логістичними центрами.

Під час виникнення надзвичайної ситуації на техногенно-навантаженій території існує кілька ускладнюючих роботу факторів: брак часу та високі ризики ураження фахівців та персоналу несприятливими умовами. Для максимального зменшення дії цих факторів варто використовувати автономні системи контролю функціонування тих чи інших складників системи. Прикладом найпростішої системи реагування може бути датчик просочення [8, с. 95-102], який встановлюється на другому дні ємності для зберігання палива, та вимірює концентрацію парів палива та води у проміжку між першим і другим дном ємності. В разі фіксації просочення палива подається звуковий та текстовий сигнали на панель керування системами безпеки та обслуговуючий персонал інформується щодо негерметичності ємності.

Ще одним прикладом використання новітніх технологій для організації управління техноекосистемою є впровадження систем безпілотних літальних засобів у агропромисловості для контролю за кількістю корисної біомаси, проростанням бур'янів, точним внесенням добрив та пестицидів, охороною приватної власності тощо. На сьогодні такими технологіями вже користується компанія Syngenta в Україні [1].

#### **Список використаних джерел:**

1. Беленков А. Досвід використання дронів компанією Syngenta в Україні. *Smart Drones.ua*, 2018. URL: <https://smartdrones.ua/blog/opyt-vnedreniya-bpla-v-agrobiznes-chast-ii-syngenta> (дата звернення 23.10.2020).
2. Ісаєнко В. М., Маджд С. М., Кальницька Д. Д. Наукові основи розроблення системи екологічного управління техноекосистемою зони аеропорту. *Екологічна безпека та технології захисту довкілля*. 2019. №2. С. 35–39.
3. Ісаєнко В. М., Маджд С. М., Фролов В. Ф., Дмитруха Т. І. Удосконалення способу контролю стану атмосферного повітря. *Вісник Кременчуцького національного університету*. 2019. №6 (119). С. 43–48.
4. Кальницька Д. Д. Основи функціонування техноекосистем. *XVI науково-технічна конференція студентів, аспірантів, докторантів та молодих*

вчених «Інноваційні технології» / за заг. ред. Бабікової К. О., Мельничук Л. М. ; ІНТЛ НАУ (м. Київ, 20-21 листоп. 2019 р.).349. с.

5. Луньова О. В. Єрмаков В. М., Аверін Д. Г. Аналіз сучасного стану екологічної небезпеки техноекосистем вугільних родовищ. *I Міжнародна науково-практична конференція “Екологічна безпека об’єктів туристично-рекреаційного комплексу”*; ЛДУБЖД (м. Львів, 5-6 груд, 2019 р.) 181 с.

6. Луньова О. В. Розвиток основ управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств центрального району донбасу. *Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня д.т.н.* Київ, 2020. 42 с.

7. Маджд С. М. Наукові основи екологічної складової сталого розвитку.«Європейські виміри сталого розвитку»: *II Міжнар. наук.-практич. конф.*; НУХТ(м. Київ, 25-26 червня 2020 р.) с. 47-48.

8. Мельник О. В., Тимощук О. М. Підвищення надійності бункерування на водному транспорті як фактор забезпечення екологічної безпеки. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2018 (113)*, Круменчуг, 2018. с. 95-102.

9. Яншина Ф. Т. О появлении и первоначальном толковании термина «ноосфера». *Вестник РАН. 1994. № 11. С. 1016—1022.*

**Науковий керівник: С.М. Маджд**, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет



**M. O. Neshcheret**

*Student of Faculty of Environmental Safety, Engineering and Technologies  
National Aviation University*

## **PECULIARITIES OF ROAD RECONSTRUCTION IMPACT ON THE ENVIRONMENT**

The environment is a complicated system of physical, chemical, biological and social factors. One of the key things that significantly affect our environment is road transportation. Namely, it pollutes the atmosphere the most. Automobile transport gives 70-90% of pollution in cities. Given the fact that more than half of the world's population lives in cities, it becomes clear the crucial importance of motor transport in terms of direct human impact.

Increasing the number of vehicle and increasing speed movement leads to a significant increase in traffic intensity on roads. Therefore, there is a need to design new ones, with more operational indicators. Also an important aspect is the maximum use of existing roads, improving traffic safety, compliance with environmental protection measures, fuel economy and other logistical resources, as well as conditions for further development of roads to be designed.

Pollution from road transport decrease the environment condition and all its components: atmosphere, soil, water in the territory, adjacent to the road.

Among the main factors influencing the distance transfer of vehicle emissions include:

- natural –climatic characteristics, such as the dominant direction and wind speed, duration and amount of precipitation, temperature inversions;
- technical - traffic intensity, road embankment height, excavations depth, the direction of the road section in relation to the prevailing winds.

Therefore, it is important to follow environmental measures in order to mitigate the impact on the environment and human health. These measures include:

- resource - saving measures (conservation and rational use of land, water, energy, fuel resources);
- usage of new technologies, materials and modern design solutions (usage of metal and plastic pumps; use of industrial waste; installation of effective drainage systems, anti-slip structures, etc.);

- protective measures (dustiness mitigation; protection the aquatic environment and soils; noise protection measures; protection of buildings from vibration; fauna and flora protection; waste management measures);
- compensatory measures (compensation for land and demolished buildings, costs for archeological works and restoration of monuments, reconstruction and rearrangement of communications, etc.);
- restoration measures (land reclamation within the strip diversion of the road, quarries and soil reserves, restoration of greenery);
- protective measures (environmental monitoring, analysis and assessing of actual impacts on the environment within zones of planned activities).

So, road transportation is increasingly common in today's world as human development expands and people increasingly rely on cars on a daily basis. It could be seen that vehicle have a significant impact on the environment and as a result on human health. Most of ecosystems suffer from this huge impact. The measures are given allow to solve the problem of toxic pollution, to improve environmental condition of roads, to provide safe road usage, to protect the objects of Nature Reserve Fund. Let's start to improve life on our planet today!

#### **References:**

1. Forman, R.T. and L.E. Alexander, *Roads and their major ecological effects*. Annual review of ecology and systematics, 1998: p. 207-C2.
2. Law on Environment Impact Assessment (from 23<sup>th</sup> of May, 2017).
3. Clark, R.W., et al., Roads, interrupted dispersal, and genetic diversity in timber rattlesnakes. *Conservation Biology*, 2010. 24(4): p. 1059-1069.
4. Marks, H. & Newcomb, D. (2009) 'Smoothness Matters: The Influence of Pavement on Fuel Consumption', National Asphalt Pavement Association.
5. Pearce, T. Future of Transport, International Road Federation.

**Науковий керівник: Т. В. Дудар**, к.геол.-мін.н, доцент  
Національний авіаційний університет

**M. A. Tymchyshyn**

*Student of Faculty of Environmental Safety, Engineering and Technology  
National Aviation University*

**PRESERVATION OF BIOTA OF LAKE ECOSYSTEMS OF THE  
METROPOLIS ON THE EXAMPLE OF LAKE VERA (KYIV)**

The biodiversity of freshwater habitats is increasingly threatened by human activities. Habitat loss, eutrophication, acidification, chemical contamination, global warming, and exotic species are just some of the factors that have directly or indirectly impacted lentic systems [1]. This is especially true of biota water bodies, in particular lakes, located in urban areas. Due to the growing anthropogenic impact, these reservoirs lose the ability to self-clean. Therefore, the preservation of their ecosystems is an urgent task.

Nearly 6% of described species (i.e., 100,000 species) are supported by freshwater system [1]. In lakes and ponds, much of the species diversity is concentrated in the littoral zone, near the shore, where algae and plants thrive in the abundant light needed for photosynthesis. Living within the plant matter is a cornucopia of animals including snails, amphibians, crustaceans, insects, and fish. Beyond the littoral zone is the limnetic zone. This is the zone of open water where light is still able to penetrate and support photosynthetic algae (i.e., photic zone). Consumers in this zone include zooplankton, which feed on the algae, some insects, and fish. Finally, the benthic zone is the bottom sediment (e.g., mud, sand, rock) of the habitat, which is dominated by invertebrate species. Primary producers are broadly divided into three groups, periphyton, phytoplankton, and macrophytes. Consumer species found in lentic habitats include worms, snails, amphibians, crustaceans, insects, reptiles, fish, and birds.

Patterns in Species Richness: Species-area relationships have a long history in ecological research and work on lentic systems has widely supported an increase in species richness with increasing habitat area. There are many other biotic and abiotic

factors that change alongside increases in habitat area, such as permanence, water acidity, and predation pressure. All of these may play important roles in influencing species richness and community structure. Physical environmental factors such as hydroperiod and water chemistry can limit the breadth of species distributions due to physiological constraints. Biotic interactions also can play an important role in structuring communities [1]. Factors such as competition and predation can function to limit the abundance of a species. For example, many species tolerant of pond drying are frequently outcompeted in permanent waters.

Lake Vera is a lake in the Sviatoshynskyi district of Kyiv, in Pivdenna Borshchahivka (in the area Zodchykh Street), on the site of a swamp in the historical course of the Borshchahivka River, near the Ring Road (Pic.1., 2.). For med at the turn of the 1970s - 1980s, concreted along the perimeter. Length from north to south - 200 m.



Pic.1. Map of Lake Vera



Pic. 2. Retrospective of Lake Vera

My observations and research on the state of Lake Vera's ecosystem were conducted in early summer 2020 during an environmental practice. It should be noted that the condition of this reservoir was quite good, as there are most species of flora and fauna, which are typical inhabitants of fresh water reservoirs.

The fauna of the lake consists mostly of the following species of ordinary inhabitants of this type of reservoirs: crayfish, perch, crucian, tortoise.

To maintain the condition of the lake, located in a densely populated area of the metropolis, a number of measures are being taken to preserve its ecosystem.

For Lake Vera and for other lakes there are methods of biodiversity conservation such as:

- 1) state environmental policy;
- 2) creation of nature reserves;
- 3) national biodiversity conservation programs;
- 4) programs for the protection and restoration of certain species;
- 5) creation of an ecological network.

A feature of the ecosystem of Lake Vera is the population of water turtles, which feel good and reproduce here (Pic.3., 4.).

Observing their lives, I made sure that they have a sufficient forage base and almost no natural predators in this reservoir. The main role is usually played by the activities carried out by the local community to preserve the lake ecosystem.



Pic.3.The turtles on Lake

Vera feel good



Pic.4. Biota of Lake Vera

As a result of my study of the lake ecosystem of Lake Vera, I can draw the following conclusions. Saving biota of lacustrine ecosystems to the megapolis is very important. Because of human urbanization people build a lot of buildings and destroy nature lacustrine ecosystems. Other industrial impacts climate change changes lacustrine ecosystem. But it is a good news for the lake Vera. In November 2020 – people launched various species of fish to restore biota on Lake Vera.

#### **References:**

1. Ponds and Lakes: A Journey Through the Life Aquatic. URL: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/ponds-and-lakes-a-journey-through-the-25982495/>

2. Lake Vera. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D1%80%D0%B0\\_\(%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D1%80%D0%B0_(%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE))

*Scientific adviser:* T. I. Bilyk, PhD in Biology,  
Associated Professor, National Aviation University

**P. S. Tremasova**

*Student of Faculty of Environmental Safety, Engineering and Technologies,  
National Aviation University*

## **WAYS TO PRESERVE THE NATURAL ENVIRONMENT IN THE VILLAGE OF KACHALY (KYIV REGION)**

The topic of ecological condition in our time is very relevant, because we use equipment that pollutes the atmosphere, chemicals that treat the soil and also negatively affects the state of fertility. This topic has become so relevant in a negative sense that it is necessary to really solve this problem while it is possible, for example, I can show the ecological condition of the territory of my village.

Village Kachaly also has a certain amount of pollution of various degrees. The most problematic for the population are the contamination of land by enterprises and the stench near abandoned landfills. Depending on the seasons, there is also noise pollution from agricultural vehicles, and sometimes airplanes. Our village also suffers from garbage. Because of the indifference of residents to ecology. At the moment, due to soil erosion in our village there are often dust pollution and problems with the road.

After analyzing the main environmental problems of the village, we can suggest the following measures to solve them. Install garbage cans all over the village, because all this garbage has been lying around the village for decades, and the place set aside for collection is not cleaned and garbage not only accumulates but after the rain you can smell the stench from the landfill. Carrying out some information research, it is possible to agree with the local garbage collection company to pick up garbage, at least once a year, resembling the transportation of this garbage to the designated point. Involve city drunks in the search for garbage for a minimum payment of 5 UAH \ 3 kg of garbage (in advance I talked to the store and calculated approximately how much drunkenness spends a day for a few glasses of alcohol and if you translate it into a mass of garbage, then about a day they can sort out about 30 kg of garbage per day) or for 15 kg of



properly sorted garbage one glass of alcohol from the store is free (if he has previously opened a special confirmation letter for processing).

No less important is the exploitation of the land and its "digestion" with chemicals that not only accelerate erosion, but also negatively affect the health of people living near the fields. I would suggest finding new tactics for land cultivation so that one part could "rest" and it did not affect the income of this enterprise, I would also advise to change the composition of chemicals during cultivation, in order to balance the chemical balance of land, also pay attention to water facilities to reduce costs due to drought, it will also affect the growth and development of plants, because over the past 3 years there has been no frequent rains but only drought and wind, which not only allows for a good harvest, but also makes areas unsuitable for growing crops. I would also advise to change the types of crops grown here, because with global warming, the temperature as a whole has changed dramatically, as have the conditions for some plants. It would also be good to make alleys with young trees at the places of "transitions" to different locations, to make not only agricultural land but also a recreational area with fresh air.

Since our village is located next to the forest, I propose to develop tourist destinations and open a training center for students of different universities, because in recent years the biodiversity of our area has increased by several populations.

Opening an equestrian center or animal welfare center solves two problems - unemployment and biodiversity. About 40% of the rural population are unemployed (or drunkards or unable to get to people's places of work) 15% work close to their place of residence, all others are far away. So opening such a center can not only save biodiversity, but employ locals, I'm not saying they should not get clean treatment, but for example, accounting work, or a guide, or a cleaner could suit the majority as work for the population in the village.

Such plans require the approval of the authorities and the desire of the people themselves to change the village. All the information was taken in an interview, namely given by the city's history teacher, the deputy director of the agro-industry, as well as

the owner of the village's sawmill. at the request of the participants, I do not specify their names.

As a result of my study, I can draw the following conclusions. The village itself is colorful and it is clear that it does not stand still, as it turns out in our village want to make a resort for recreation but gave permission or not and is still unknown. There are also problems that need to be solved immediately, but the most important thing is the desire of the people themselves to care and the desire to improve the village.

#### **References:**

1. Village Kachaly / Wikipedia. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BB%D0%B8\\_\(%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BB%D0%B8_(%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B0))

2. Цуруль О. Г. Незнайомі історія Бородянщини / за наук. ред. докт. філ. наук, проф. К. М. Тищенко. Київ: Дрогобич «Посвіт», 2017. С. 65- 96 .

*Scientific adviser:* **T. I. Bilyk**, PhD in Biology,  
Associated Professor, National Aviation University

УДК 629.7.035.03

**А. В. Балалаєв**

*асистент кафедри механіки Аерокосмічного факультету,  
Національний авіаційний університет*

### **ВПЛИВ КУТА СТІЛОВИДНОСТІ НА АЕРОДИНАМІЧНУ НАВАНТАЖЕНІСТЬ ВЕНТИЛЯТОРА ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА**

Підвищення ефективності авіаційних газотурбінних двигунів визначається параметрами робочого процесу і рівнем втрат в різних елементах двигуна.

Збільшення температури газу перед турбіною забезпечує зростання ефективності та економічності двигуна. Зростання температури газу перед турбіною передбачає одночасне збільшення ступеня підвищення тиску в компресорі. Очевидно, що при високій навантаженості ступенів осьові компресори та вентилятори повинні мати високу аеродинамічну досконалість проточної частини.

Застосування стріловидних лопаток є одним із шляхів підвищення аеродинамічного вдосконалення компресорів і вентиляторів.

Результати досліджень багатьох авторів стверджують, що застосування стріловидної передньої кромки лопаток компресорів дає можливість зменшити втрати, тобто підвищити ККД компресора. Однак питання щодо впливу зміни аеродинамічної навантаженості при застосування стріловидної передньої кромки залишається до кінця не дослідженим.

В роботі ставиться задача оцінити вплив кута стріловидності на ступінь підвищення тиску робочого колеса вентилятора двоконтурного турбореактивного двигуна.

Об'єктом дослідження обрано вентилятор двоконтурного турбореактивного двигуна, який має робоче колесо з кінцевим діаметром на вході 2,37 м.

Кут стріловидності передньої кромки лопаток змінювався в діапазоні від 0° до 13°. Досліджено 4 варіанти стріловидних лопаток.

У якості вихідних параметрів розрахунку було обрано частоту обертання ротора 2202 об/хв., осьову швидкість потоку повітря на вході – 120 м/с, повна температура на вході у вентилятор - 25°C. Дослідження проводились за допомогою чисельного моделювання течії.

В результаті проведених розрахунків було оцінено ступінь підвищення тиску у робочому колесі вентилятора двоконтурного турбореактивного двигуна. На рис. 1 представлена залежність кута стріловидності передньої кромки лопаток вентилятора від ступеня підвищення тиску у вентиляторі.

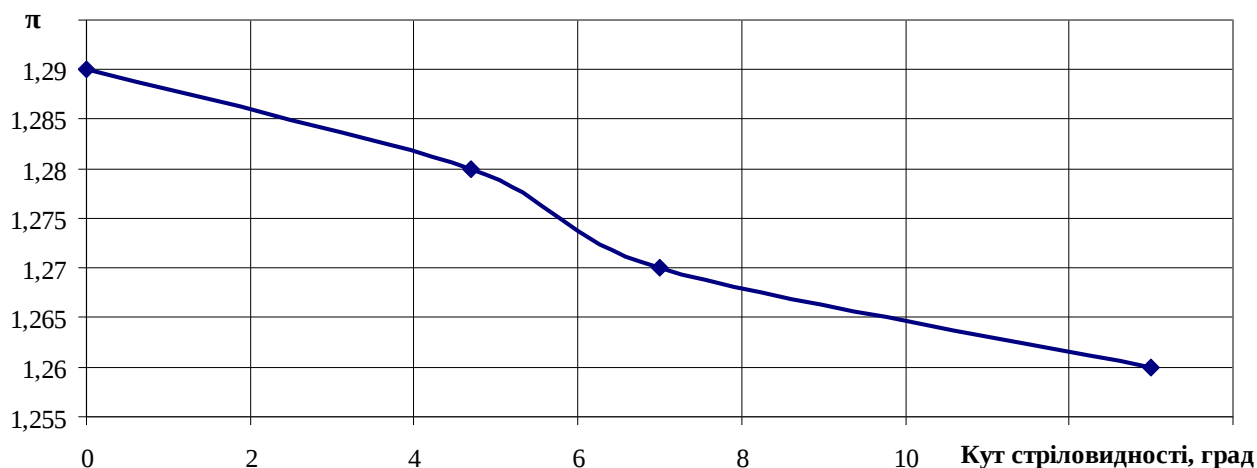


Рис. 1. Залежність кута стріловидності передньої кромки лопаток вентилятора від ступеня підвищення тиску у вентиляторі  $\pi$

Аналіз результатів дослідження показує, що при зростанні кута стріловидності від 0° до 13° ступінь підвищення тиску у вентиляторі знижується від 1,29 до 1,26, тобто на 2,33%.

**Висновок.** В роботі оцінено вплив кута стріловидності на ступінь підвищення тиску робочого колеса вентилятора двоконтурного турбореактивного двигуна. Показано, що при застосуванні стріловидних лопаток ступінь підвищення тиску знижується. При зростанні кута стріловидності від 0° до 13° ступінь підвищення тиску у вентиляторі знижується на 2,33%.

**Науковий керівник: Ю. М. Терещенко, д.т.н., професор,**  
Національний авіаційний університет

**О. В. Денисюк**  
інженер-конструктор 1 категорії,  
ДП «Івченко-Прогрес»

## **ОСНОВНІ ДЖЕРЕЛА АКУСТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ГВИНТІВ**

Розробка заходів і способів щодо покращення акустичних характеристик літальних апаратів, у тому числі з гвинтовими рушіями, є актуальним напрямом розвитку авіаційної науки.

Прийняття першого видання стандарту ІСАО щодо регламентації гранично-допустимих рівнів шуму літака в трьох контрольних точках [8] вимагає проведення акустичної сертифікації літаків, що експлуатуються на міжнародних авіалініях.

Літаки ДП «Антонов» завжди славились своєю унікальністю, надійністю та високою якістю. Особливе місце в ряду літаків цього конструкторського бюро займає військово-транспортний, середньомагістральний вантажний і конвертований вантажопасажирський літак короткого зльоту і посадки Ан-70.

Важливою особливістю літака є високі експлуатаційні характеристики – економічність і можливість злітати та здійснювати посадку на не підготовлені, зокрема ґрунтові, аеродроми. На даний час це єдиний в світі літак з силовою установкою, що має у своєму складі чотири турбогвинтовентиляторних двигуни (ТГВД) Д-27 розробки ДП «Івченко-Прогрес».

В умовах конкуренції на ринку авіаційної техніки поряд з високою економічністю авіаційних двигунів виступає вимога до відповідності існуючим і перспективним вимогам щодо рівня шуму, що визначено в Додатку 16 до Конвенції про міжнародну цивільну авіацію [8]. Крім того, однією з цілей ACARE щодо перспективних літаків є зниження акустичної емісії на 65 % до 2050 року в порівнянні з рівнем шуму літаків 2000 року [1].

ТГвВД має суттєву перевагу щодо економічності в порівнянні з іншими видами двигунів. Водночас ТГвВД має і недоліки, у тому числі підвищений рівень шуму в салоні та на місцевості. Основним джерелом акустичної емісії силової установки з ТГвВД є гвинтовентилятор.

У зв'язку з введенням з 2018 року в дію вимог щодо шуму літаків, які визначені в Главі 14 тома 1 стандарту ICAO [8], рівні шуму, що оцінюються за трьома контрольними точками на місцевості літака типу Ан-70 з максимальною зльотною масою 132 т і максимальною посадковою масою 114 т, перевищують вимоги Глави 14 тома 1 стандарту ICAO на 13,6 EPNдБ [9-11].

Саме тому дослідження джерел акустичного випромінювання і пошук напрямів підвищення акустичної досконалості повітряного співвісного гвинтовентилятора ТГвВД є актуальною науковою та практичною задачею.

Акустичне випромінювання повітряного гвинта за структурою і причинами його генерації є складним процесом (див. рис.1.).

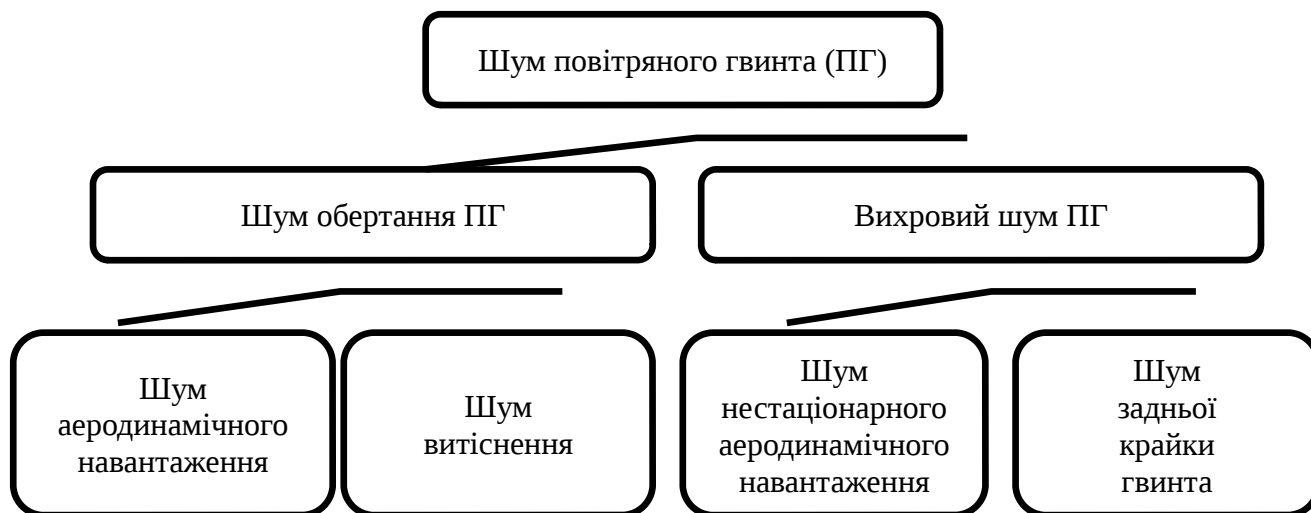


Рис. 1. Класифікація шуму повітряного гвинта

Періодичний силовий вплив лопатей повітряного гвинта на навколишнє середовище призводить до випромінювання гармонійної складової шуму обертання. При цьому з лопатей гвинта за всією довжиною відбувається зрив потоку, в результаті чого за лопатями утворюється суцільна вихрова завіса, що є джерелом широкосмугового вихрового шуму.

Крім того, лопаті гвинта при його обертанні можуть періодично проходити поблизу будь-яких елементів конструкції літака або ж потрапляти в турбулентний слід за цими елементами. При цьому генерується випромінювання у вигляді періодичної послідовності імпульсів тиску, що відповідає гармонійному спектру. Гармонійна складова шуму повітряного гвинта є шумом обертання [3-7].

Шум обертання умовно розподіляють на дві складові. Одна з них обумовлена впливом на середовище стаціонарних і нестаціонарних аеродинамічних навантажень на лопаті. Стаціонарні аеродинамічні навантаження обумовлені постійним перепадом статичного тиску на поверхні лопаті, в результаті чого виникають сила тяги та сила опору обертанню гвинта. Нестаціонарні аеродинамічні навантаження виникають при взаємодії лопатей гвинта з неоднорідним потоком на вході. Складові шуму гвинта від аеродинамічного навантаження еквівалентні акустичному диполю. Крім того, нестаціонарні навантаження на лопаті є джерелом як гармонійного, так і ширококутового шуму.

Друга складова шуму обертання обумовлена кінцевою товщиною лопаті. Лопать при обертанні витісняє з навколишнього середовища повітря, що дорівнює об'єму лопаті, а потім знову заповнюється повітрям. Відбувається періодичне витіснення об'єму повітря в будь-якій фіксованій точці простору, що знаходиться в зоні обертання повітряного гвинта. Ці елементарні об'єми повітря пульсують з тією ж частотою, що і частота шуму обертання при впливі на повітря сталих аеродинамічних навантажень на лопаті. Така складова шуму обертання є об'ємним шумом або шумом витіснення. Шум витіснення є еквівалентним простому акустичному джерелу – монополю. Інтенсивність шуму витіснення залежить від товщини лопаті, їх кількості та відносної швидкості потоку, що обтікає лопаті.

Ширококутовий вихровий шум утворюється нестаціонарним аеродинамічним навантаженням у вигляді пульсацій аеродинамічного тиску на поверхні лопаті та турбулентних пульсацій швидкості повітря, що набігає на

гвинт, а також вихровою завісою, яку називають шумом задньої крайки. Ширококутовий вихровий шум повітряного гвинта є еквівалентним акустичному диполю.

Співвідношення між рівнями гармонійних складових шуму та ширококутового шуму залежать від геометричних й аеродинамічних характеристик лопатей повітряного гвинта, його режиму роботи та рівня нерівномірності потоку перед гвинтом [2].

Особливістю акустичного випромінювання співвісних повітряних гвинтів є вплив переднього ряду гвинтовентилятора на задній, в першу чергу вихору, що створюється на кінці лопатей.

Саме тому дослідження джерел впливу та можливих заходів щодо зменшення інтенсивності кінцевого вихору на лопатях переднього ряду гвинтовентилятора є актуальним напрямом наукового дослідження.

За результатами досліджень [12] з'ясовано, що основними факторами, які впливають на рівень акустичного випромінювання співвісного гвинтовентилятора є:

- осьовий зазор між рядами гвинтовентилятора;
- співвідношення діаметрів гвинтів рядів гвинтовентилятора;
- співвідношення частот обертання рядів гвинтовентилятора;
- кількість лопатей першого та другого рядів гвинтовентилятора;
- конструкція лопатей рядів гвинтовентилятора.

Можливими напрямками зменшення рівня акустичного випромінювання лопатей гвинтовентилятора є застосування крильців (вінглетів) та шевронів на кінцевій частині лопаті та оптимізація конструктивних параметрів лопаті.

Таким чином, впровадження запропонованих заходів щодо зменшення акустичного випромінювання співвісного гвинтовентилятора створює умови для вирішення проблеми покращення акустичних характеристик силової установки з гвинтовентиляторним двигуном типу Д-27 літака короткого зльоту і посадки типу Ан-70.



### Список використаних джерел:

1. Flightpath 2050 Europe's Vision for Aviation. Maintaining Global Leadership & Serving Society's Needs. Report of the High Level Group on Aviation Research. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.
2. Авиационная акустика. В 2-х ч. Ч 1. Шум на местности дозвуковых пассажирских самолетов и вертолетов/ Мунин А.Г., Самохин В.Ф., Шипов Р.А. и др.; Под общей ред. Мунина А.Г. М.: Машиностроение, 1986. 248 с.
3. Гутин Л.Я. О звуке вращения воздушного винта// ЖТФ, 1942, Т.12, № 2-3, С.76-85.
4. Гутин Л.Я. О звуковом поле вращающегося винта// ЖТФ, 1936, Т.6, № 5, С. 899-909.
5. Исследование шума воздушного винта. Сборник переводов под ред. Непомнящего Е.А. – М.: Оборонгиз, 1943. – 118 с.
6. Непомнящий Е.Я. Зависимость звука воздушного винта от его аэродинамических и конструктивных параметров// Известия Ленинградского электротехнического института, 1955, вып. 28, С. 106-113.
7. Непомнящий Е.Я. Исследование и расчет звука воздушного винта// Труды ЦИАМ, 1941, вып. 39, С. 71-78.
8. Охрана окружающей среды. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. Том. 1. Авиационный шум. – 8-е изд. – Монреаль: ИКАО, 2017. –258с.
9. Самолет Ан-70. Летные испытания по определению уровней шума, создаваемого самолетом на местности: тех. отчет № 70.703.002,Д1-04. К.: АНТК им. О.К. Антонова, 2005.
10. Самолет Ан-70. Предварительные испытания по определению уровней шума, создаваемого на местности: тех. отчет № 70.703.002,Д1-99. – К.: АНТК им. О.К. Антонова, 1999. –150 с.
11. Техническое руководство ИКАО по окружающей среде, регламентирующее использование методик при сертификации воздушных судов по шуму. Монреаль: ИКАО, Дос. 9501-AN/929, 1-е изд., 1988.
12. Усенко В.Ю. Методика врахування акустичних втрат співвісного гвинтовентилятора в енергетичному балансі авіаційної силової установки: дис. канд. техн. наук : 05.05.03 / Національний авіаційний університет. Київ, 2019. 151 с.

**Науковий керівник: І. Ф. Кравченко, д.т.н.,**  
ДП «Івченко-Прогрес»

**А. О. Мельченко**

*студент Аерокосмічного факультету,  
Національний авіаційний університет*

## **ОЧИЩЕННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ ОСЬОВИХ КОМПРЕСОРІВ**

Способи очищення проточної частини осьових компресорів. Крім установки на вході в ОК вискоефективних фільтрів, для запобігання погіршенню параметрів ГТУ застосовуються різні види очисток проточної частини компресора. Розрізняють суху і мокру очищення. У другому випадку будемо говорити про промивку ОК яка може проводитися на ходу і на зупиненому агрегаті при прокручуванні ротора від пускового двигуна (промивка на холодній прокручуванні).

У роботі представлені основні вимоги до твердим та рідким очисникам для промивок на ходу і холодної прокручуванні:

а) достатній очищуючий ефект - відновлення втрачених через забруднення показників компресора на ГТУ 70 - 80%;

б) слабке вплив при очищенні на ходу на динамічний стан лопаток ОК;

в) відсутність ерозійного вплив і ефекту високотемпературної корозії (обмеження вмісту Na, K, S, Va) та інших видів корозійного впливу при очищенні на ходу;

г) відсутність обмерзання при промиванні в зимовий час;

д) нетоксичність при зберіганні і використанні (для персоналу або навколишнього середовища);

ж) недефіцитним і помірна вартість.

### *Суха очистка*

Цей спосіб очищення застосовується досить давно. При роботі компресора на режимах близьких до робітників, тобто на ходу, в проточну частину компресора разом з повітрям подається подрібнений органічний (або неорганічний) очищувач - м'який абразив. В якості таких матеріалів часто використовується: - молота шкаралупа горіхів, фруктових кісточок, а також рис, просо, лущиння соняшнику, висівки, тирса, крихта вугілля; - інертні

речовини (відпрацьовані каталізатори, поліровані порошки) - переганяється речовини (наприклад, вуглекислий амоній). Суха очистка в основному застосовується для очищення компресорів стаціонарних ГТУ. Застосування сухого очищення для авіаційних двигателів обмежена через високу вібронапряженності лопаток компресора, а так само з можливістю ушкодження покриттів лопаток і покриттів проточної частини, що наносяться на корпус для зменшення радіальних зазорів. Сухого бруду завжди виникає питання про можливість засмічення системи повітряного охолодження елементів ГТУ. Тому повинні бути вжиті заходи щодо запобігання їх засмічення. Останнім часом метод сухого очищення практично не використовується для очищення компресорів ГТУ нового покоління.

*Промивання проточної частини осьового компресора.*

Такий спосіб очищення лопаточного апарату при використанні демінералізованої води або її суміші з миючим засобом, використовується для видалення сольових, маслянистих і сажістих відкладень. Цей спосіб очищення є найбільш ефективним, тому що дозволяє практично 41 повністю відновлювати характеристики ОК і ГТУ. Промивання на ходу може застосовувати як для стаціонарних ГТУ, так і для ГТУ, отриманих з конвертованих авіаційних двигунів за умови, що в розчині миючого засобу не викликає корозії елементів ГТУ. Промивання на ходу забезпечує очистку в основному першої - другої ступенів, тоді як промивка на холодній прокручуванні покликана виробляти повну очистку лопаток всіх ступенів ОК від забруднення і, таким чином, відновлювати характеристики компресора і ГТУ практично до вихідного стану.

Системи очисток осьового компресора ГТУ провідних зарубіжних фірм.

*Система очищення (промивання) фірми «Турботект», Швейцарія.*

Система промивки включає промивку на ходу і на холодній прокручуванні.

Система промивки на ходу складається з кільцевого колектора і бічних поживних труб, встановлених на вхідному патрубку (вхідному пристрої) компресора; системи форсунок, в які подається миючий розчин з колектора і поживних труб; сполучних шлангів, труб і фільтрів. Регулювання напряму струменя здійснюється в межах 90°. Конструкція форсунки і її установка включає від'єднання і потрапляння будь-яких деталей в проточну частину компресора. Для промивки на ходу застосовується 22 ÷ 30 форсунок. Кути

установки форсунок в вертикальній і горизонтальній площині вибираються таким чином, щоб забезпечувалося достатня рівномірний розподіл розпилювання миючого розчину по всьому об'єму вхідного пристрою і рівномірний по радіусу і по колу зрошення моющею середовищем лопаток ВНА.

Промивання на ходу складається з трьох етапів:

а) вприскування миючого розчину (суміші очищувача з демінералізованою водою) для відмивання лопаток перших ступенів ОК на робочому режимі (при повній або частковій навантаженні ГТУ). Кількість миючого розчину і тривалість вприскування встановлюється в залежності від параметрів ОК; розчин подається до форсунок з тиском 0,4 МПа.

б) Полоскання демінералізованою водою проводиться для промивання елементів компресора і самої промивної системи для видалення залишків миючого розчину.

в) Продувка всієї промивної системи повітрям (десь 30 секунд).

Промивання на ходу проводиться через деякий час після того, як компресор пройшов повну очистку або промивання на зупиненому агрегаті. Ефективність і періодичність промивки, як уже зазначалося, залежить від запиленості навколишнього середовища, складу пилу і характеру відкладень. Оптимальні інтервали між промивками, а також співвідношення миючого засобу визначаються дослідним шляхом під час експлуатації ГТУ. На першому етапі рекомендується проводити промику на ходу через 70 - 100 годин роботи агрегату або, по крайній мере, 1 раз в тиждень.

Промивання на ходу при температурах зовнішнього повітря  $-5^{\circ}\text{C} \leq t \leq +7^{\circ}\text{C}$  для виключення обмерзання повинна проводитися з додаванням антифризу (етанол або метанол), а також з включенням антиобморожувача (в разі її наявності). При  $t < -5^{\circ}\text{C}$  фірма не рекомендує промивку на ходу. Для спостереження за промиванням в вхідному патрубку організовується оглядові вікна з підсвічуванням, які дозволяють оцінювати якість промивки ВНА, а також вчасно помітити початок обмерзання. Під час промивання на ходу деякі відмиті з перших ступенів відкладення (солі або інші забруднення) можуть забруднювати останні ступені.

Зважаючи на це, на деяких компресорах передбачений огляд кінцевих ступенів за допомогою бороскопів. Якщо товщина відкладень на лопатках

перевищує 0,5 ÷ 1,0 мм, проводиться промивка ОК при прокручуванні від пускового пристрою. Промивання на холодній прокручуванні виконується, коли втрати потужності ГТУ досягають 5 ÷ 8% від номінального значення, не дивлячись на проведення промивки на ходу.

Основними елементами для промивання на зупиненому агрегаті є спеціальні форсунки, встановлені на внутрішній поверхні вхідного конфузора, приблизно через рівні проміжки по колу. Струменя розпиленого миючого розчину направляються прямо на лопатки ВНА, забезпечуючи промивання всієї кільцевої площі, зайнятої ВНА і першими ступенями. Харчування форсунок здійснюється з трубчастого колектора, закріпленого зовні патрубком. В якості миючих засобів фірма «Турботект» використовує очисники: Турботект Т-950 на водній основі, Турботект Т-927 на основі розчинника. Для промивання використовується суміш очищувача і демінералізованої води з співвідношенням від 1: 3 до 1: 5. Демінералізована вода, як для розчину, так і для полоскання повинна задовольняти вимогам виробника ГТУ: - загальна кількість розчинних і нерозчинних твердих частинок - 5 ррм - загальна кількість лужних металів (Na + K) - 0.5 ррм - рН - 6.5 ÷ 7.5 Очисник Т- 927 заснований на розчиннику з додаванням комбінації поверхнево - активних речовин і емульгаторов. Він найбільш ефективний при видаленні відкладень з домішками масла, сажі. Очищувач Т-950 заснований на воді і складений з комбінації декількох поверхнево активних 44 речовин і емульгаторів. Використовується для видалення будь-яких відкладень в ОК. Розчин Т-950 є біорозкладаним.

#### *Система промивки «General Electric» США*

Фірма «General Electric» спроектувала і відпрацювала автоматичну систему промивання ОК. Ця система має високу ефективність промивання, вимагає для промивання нетривалого зупинки агрегату і призначена для промивання на ходу і на холодній прокручуванні. Складові елементи процесу промивання приблизно такі ж, як у обговорюються вище систем. Застосовувана в даний час система здійснює автоматично підігрів води, змішування її з розчинником в заданому співвідношенні, впорскування в ОК і полоскання водою протягом заданого часу.

Ця фірма розробила специфікації для очищувачів (в тому числі і для води), а також їх розчинів з водою, які використовуються для промивання ОК

на ходу і на холодній прокручуванні. Для визначення наявності забруднення використовується два основні методи - візуальний контроль і контроль за зміною характеристик ОК і ГТУ.

У більшості випадків відкладення в ОК містять деяку кількість розчинних у воді речовин і масла. Масляні включення легше видаляються за допомогою миючих засобів. З іншого боку, будь-які відкладення можуть віддалятися однієї водою, в залежності від кількості водорозчинних речовин у відкладеннях.

Фірма GE рекомендує проводити промивку на ходу чистою водою, без використання миючого засобу (очищувача). Ефективність очищувача при промиванні на ходу, на думку фірми, обмежена через відсутність достатнього часу на відмочування в порівнянні з промиванням на 45 холодної прокручуванні. Більш ефективна промивка здійснюється гарячою водою (66 - 93 °С). Промивання на ходу допускається при температурах зовнішнього повітря  $t$  в вище 10°С. При більш холодних умовах в миючий розчин додаються антифризи. Промивання на холодній прокручуванні не повинна проводитися при  $t$  в <4°С.

#### **Список використаних джерел:**

1. Арсеньев Л. В., Тырышкин В. Г. и др. «Стационарные газотурбинные установки», Л., Машиностроение, ЛО, 1989.

2. Гофлин А. П., Иванов В. Д., Гольдберг Ф. И. «Влияние загрязнения проточной части осевых компрессоров на запас устойчивой работы». – «Энергомашиностроение» №6, 1981.

3. Кашина В. Н., Шешко Н. Л. «Защита от пыли оборудования компрессорных станций». Недра, 1971, 52 с.

**Науковий керівник: К. В. Дорошенко**, д.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Є. О. Римаренко**  
*аспірант Аерокосмічного факультету,  
Національний авіаційний університет*

## **ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ РОЗРОБЦІ ЗВУКОПОГЛИНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ АВІАЦІЙНОГО ШУМУ**

Зниження рівня авіаційного шуму (АШ) є однією з найважливіших задач, як при проектуванні літаків, так і при підтриманні експлуатації вже побудованих літаків. Посилення вимог Додатку 16 ІСАО [7] та пов'язаних з АШ експлуатаційних обмежень у аеропортах (наприклад, Постанова Європейського Союзу (ЄС) № 598/2014 [3]) примушують розробників авіаційної техніки шукати різноманітні способи зменшення АШ літаків.

Літак Ан-124-100, котрий був сертифікований на відповідність вимогам глави 3 Додатку 16 ІСАО (далі глава 3) [7], не відповідає вимогам Постанови ЄС № 598/2014 [3] та не може експлуатуватися в аеропортах з річною кількістю зльотів та посадок більше 50000, а згідно з даними [2] кількість таких аеропортів досить значна. На Рис. 1 показано порівняння вимог глави 3 [7], вимог Постанови ЄС № 598/2014 [3] з рівнями шуму літака Ан-124-100 [8]. З Рис. 1 видно, що необхідне зниження рівня шуму складає щонайменше 10 ЕРНдБ.

Одним з найбільш ефективних методів зниження рівня АШ літаків, оснащених турбореактивними двоконтурними двигунами (ТРДД), є застосування звукопоглинаючих конструкцій (ЗПК) в каналах авіаційних двигунів (АД), у тому числі для зниження рівня шуму основного джерела – вентилятора ТРДД [9].

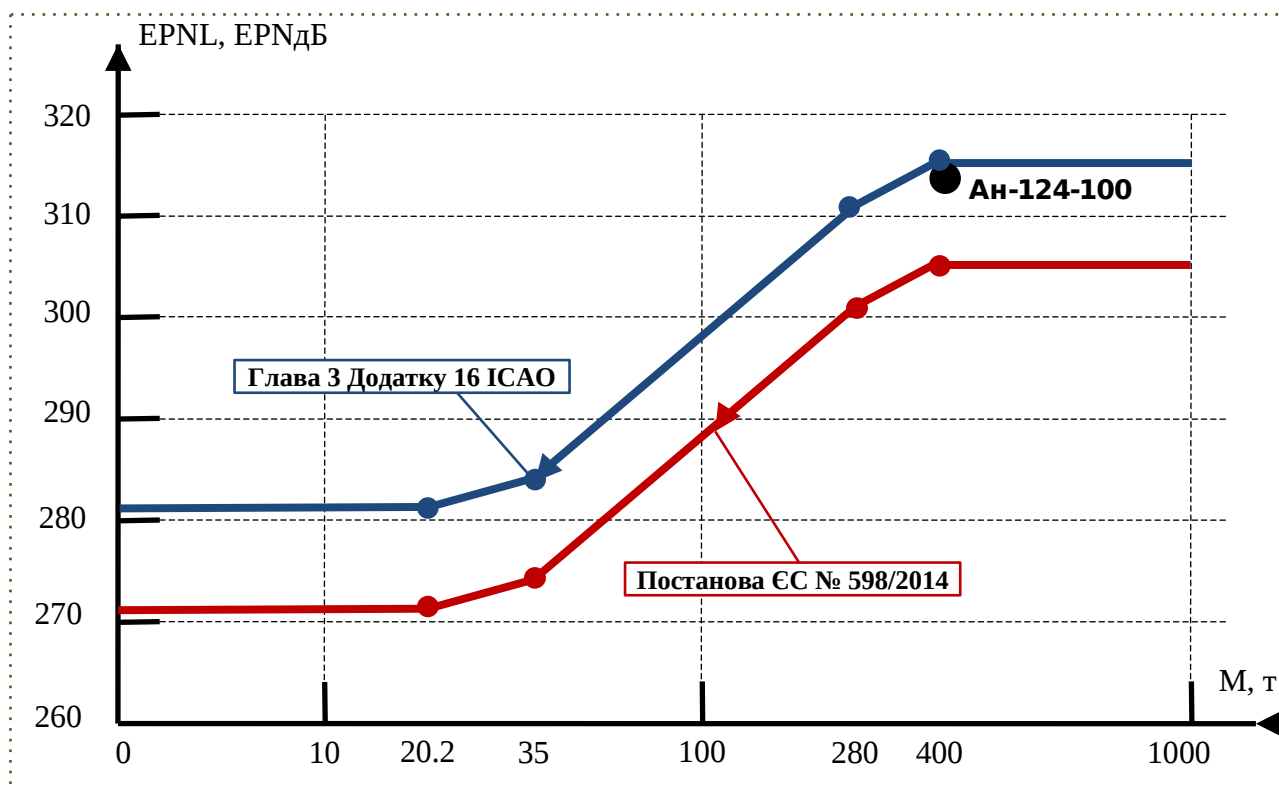


Рис. 1. Порівняння вимог глави 3 Додатку 16 ІСАО та вимог Постанови ЄС № 598/2014 з рівнем шуму літака Ан-124-100. М, т – максимальна злітна маса літака

Широке застосування отримали ЗПК резонансного типу, конструкція яких складається (див. Рис. 2 а) з перфорованого листа 1, на який падає звукова хвиля, суцільної обшивки 2 та наповнювача 3 у вигляді комірок (стільникових або трубчастих). При застосуванні одношарових ЗПК знижується рівень шуму на одній резонансній частоті, що може бути достатньо для зменшення шуму основного джерела, проте навіть для зниження рівня шуму вентилятора ТРДД необхідно налаштувати ЗПК для зниження рівня шуму на різних режимах для кожної контрольної точки вимірювання, зазначених в вимогах Додатку 16 [7]. Крім того, у шумі двигуна присутні як тональні шуми так і широкопasmові, тому більш ефективні ЗПК повинні знижувати шум в широкому частотному діапазоні. Одним із методів розширення частотного діапазону поглинання ЗПК є збільшення кількості шарів конструкції. Двошарові ЗПК застосовувалися для зниження рівня шуму літака Ан-148-100 з двигунами Д-436-148 та для літака



Ан-178 з двигунами Д-436-148ФМ. Збільшення кількості шарів ЗПК обмежується можливістю її габаритних розмірів, оскільки габаритний розмір ЗПК залежить від зовнішнього діаметру мотогондולי двигуна, діаметру каналу повітрозабирача і т.д. [5].

Для збільшення ефективності ЗПК необхідна модернізація вже існуючих конструкцій або розробка нових конструкцій. Одним із варіантів розширення частотної області поглинання може бути впровадження у існуючі резонансні ЗПК конструкції гелікоїда [4]. така конструкція дозволить змістити основну резонансну частоту конструкції в бік низьких частот, що розширить частотну область поглинання при незмінних габаритних розмірах ЗПК. На рис. 2 зображені конструкції резонансних ЗПК та ЗПК із застосуванням гелікоїдної конструкції.

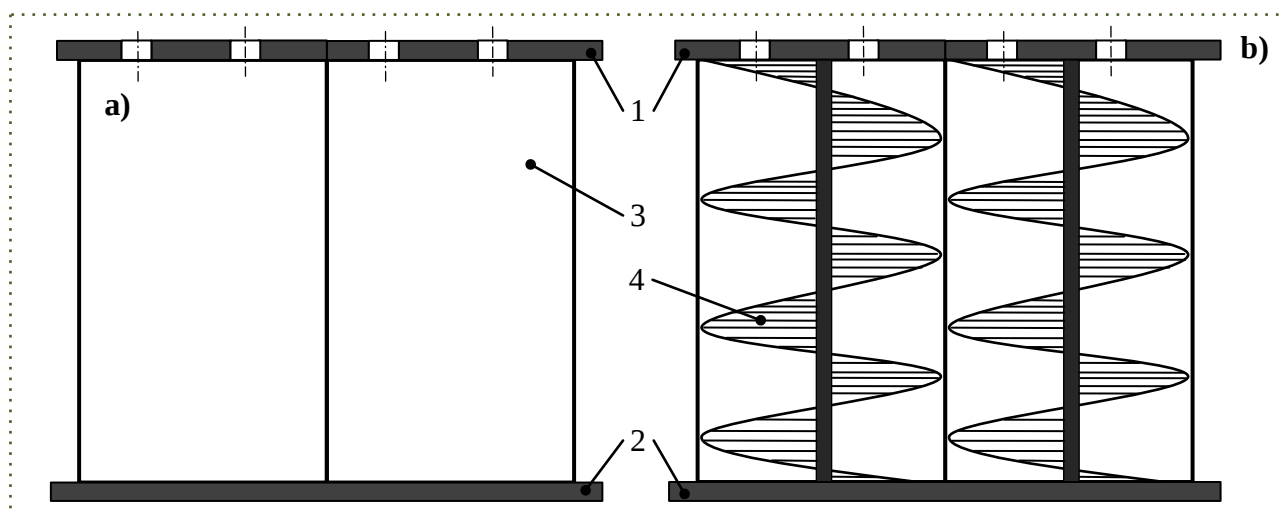


Рис. 2. Порівняння резонансної конструкції ЗПК **a)** та модифікованої конструкції ЗПК **b)**. 1 – перфорована обшивка, 2 – суцільна обшивка, 3 – наповнювач ЗПК, 4 – модифікований наповнювач ЗПК.

Для оцінки звукопоглинаючих характеристик ЗПК використовують експериментальні методи досліджень. Одним з найбільш розповсюджених є метод дослідження із застосуванням інтерферометрів [1, 6]. Використання інтерферометру у якості методів вимірювання характеристик ЗПК може бути застосовано на ранніх етапах досліджень, коли треба дослідити вплив геометричних параметрів ЗПК та вплив рівня звукового тиску на акустичні характеристики ЗПК.

Розглядається метод стоячої хвилі з використанням інтерферометру [1]. На рис. 3 зображена схема установки, необхідної для визначення акустичних характеристик ЗПК.

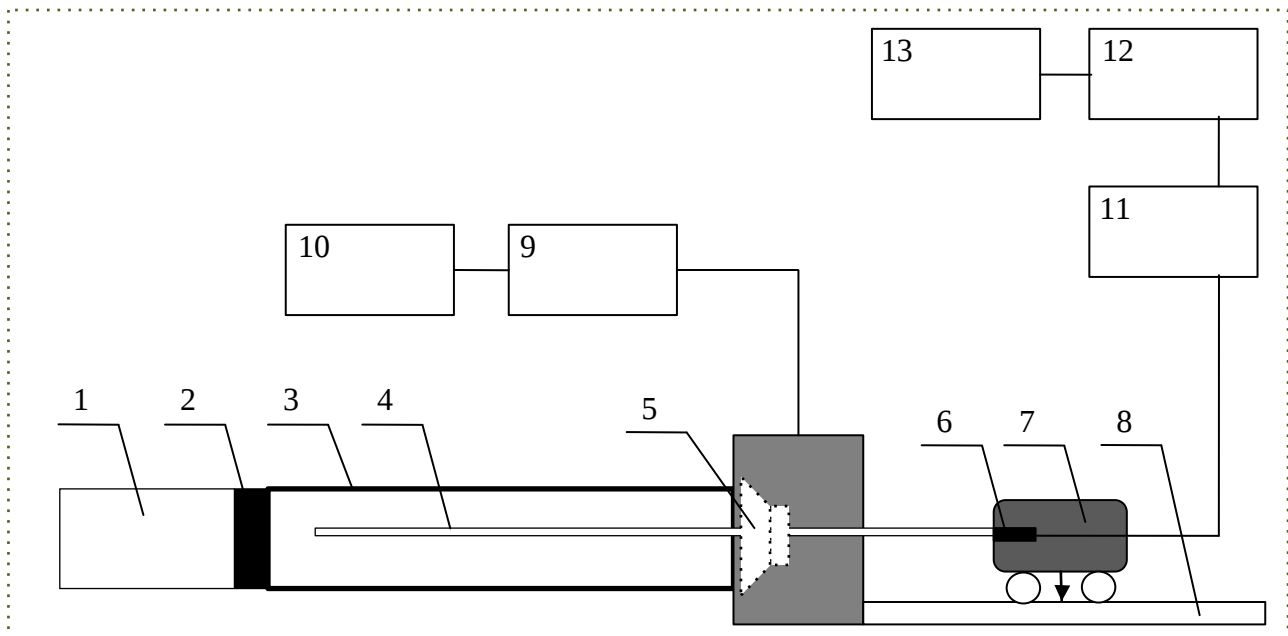


Рис. 3. Схема установки для вимірювання акустичних характеристик ЗПК. 1 – тримач дослідного зразка, 2 – дослідний зразок, 3 – труба інтерферометра (імпедансна труба), 4 – вимірювальна трубка, 5 – звуковий динамік, 6 – мікрофон, 7 – візок, 8 – вимірювальна лінійка, 9 – підсилювач сигналу, 10 – генератор гармонічного сигналу, 11 – вимірювальний підсилювач, 12 – АЦП, 13 – ПК.

Робота установки з вимірювання характеристик ЗПК відбувається наступним чином. На генераторі 10 задається гармонічний сигнал, підсилюється на підсилювачі 9 та подається на звуковий динамік 5. Звукова хвиля від динаміку 5 рухається в трубі 1 до дослідного зразка 2. Частина звукової енергії хвилі поглинається ЗПК 2, а інша частина відбивається від стінки тримача зразка 1. Відбита звукова хвиля складається з прямою хвилею від динаміка 5. У трубі 1 утворюється стояча хвиля. За допомогою вимірювальної трубки 4 звуковий тиск передається на мікрофон 6, що розташований у візку. Пересуванням візка 6 у трубі інтерферометра шукаються максимальний  $SPL_{\max}$  та мінімальний  $SPL_{\min}$  рівні звукового тиску. Сигнал з мікрофона 6 передається на вимірювальний підсилювач 11, а з нього через аналогово-цифровий

перетворювач (АЦП) 12 на персональний комп'ютер (ПК) 13, де розташована програма обробки вимірювального сигналу.

Згідно з методом стоячої хвилі коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha$  ЗПК визначається згідно з формулою (1) [1].

$$\alpha = \frac{4 * 10^{0.05 \Delta L}}{(10^{0.05 \Delta L} + 1)^2} \quad (1)$$

де,  $\Delta L = SPL_{\max} - SPL_{\min}$ , дБ – різниця максимального та мінімального рівня звукового тиску в трубі інтерферометра.

Згідно з методом [1] коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha$  визначається для дискретної частоти. Для визначення коефіцієнту поглинання  $\alpha$  в заданому діапазоні частот проводять достатню кількість вимірювань на окремих дискретних частотах цього діапазону.

#### **Список використаних джерел:**

1. ISO 10534-1. Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. Part 1: method using standing wave ratio [Text]. Geneva. International Organization for Standardization, 1996, 24 p.

2. Noise in Europe 2014 [Text] : European Environment Agency report No 10/2014. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014.

3. Regulation (EU) No 598/2014 of the European parliament and of the Council of 16 April 2014 on the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Union airports within a Balanced Approach and repealing Directive 2002/30/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0598&from=EN> – 07.11.2020

4. Versavel, M. Moreau L. Folded spiral-shaped cavities for nacelle acoustic liners: Impedance and attenuation modelling and comparison to experimental results / Researchgate. URL: <https://www.researchgate.net/publication/31382014>.

5. Максименков, В. И. Исследование повышения эффективности двухслойных звукопоглощающих конструкций для канала воздухозаборника

самолёта / В. И. Максименков, М. В. Молод, В.И. Федосеев // Вестник ВГТУ. – 2017. – Т. 13. – № 6. – С. 86–89.

6. Пальчиковский В.В., Е. С. Исследование акустических характеристик образцов звукопоглощающих конструкций в интерферометрах с разным диаметром поперечного сечения канала / В. В. Пальчиковский, О. Ю. Кустов, И.А. Корин, И.Е. Черепанов, И.В. Храмцов. *Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника*. 2017. № 51. С. 62–73.

7. Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. Охрана окружающей среды. Том 1. Авиационный шум. Издание восьмое. Монреаль.: Международная организация гражданской авиации, 2017. 264 с.

8. Типи повітряних суден, що схвалені для експлуатації в ЦА України. Літак Ан-124-100. URL: <https://avia.gov.ua/npdrrd/slug-3/> (дата звернення 08.11.2020)

9. Федотов Е. С., Кустов О. Ю., Храмцов И. В. Исследование влияния вида акустического сигнала на определение импеданса образцов звукопоглощающих конструкций. *Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника*. 2017. № 50. С. 113–127.

**Науковий керівник: К.В. Дорошенко**, д.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

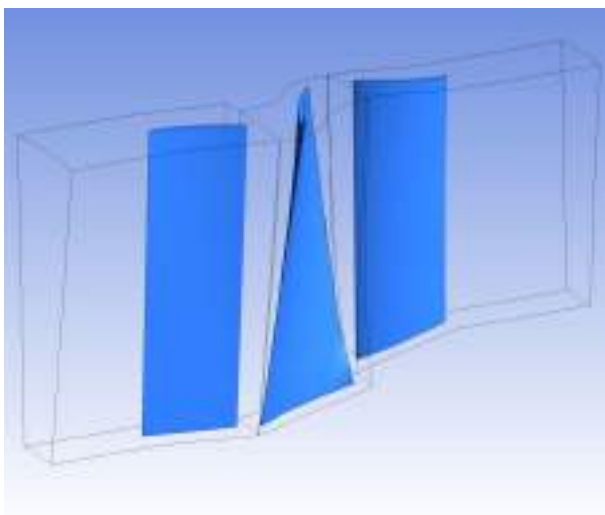
**М. В. Хижняк**  
*аспірант Аерокосмічного факультету,  
Національного авіаційного університету*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ОСЬОВОГО КОМПРЕСОРА З ДВОРЯДНИМ РОБОЧИМ КОЛЕСОМ БЕЗ ОПТИМІЗАЦІЇ**

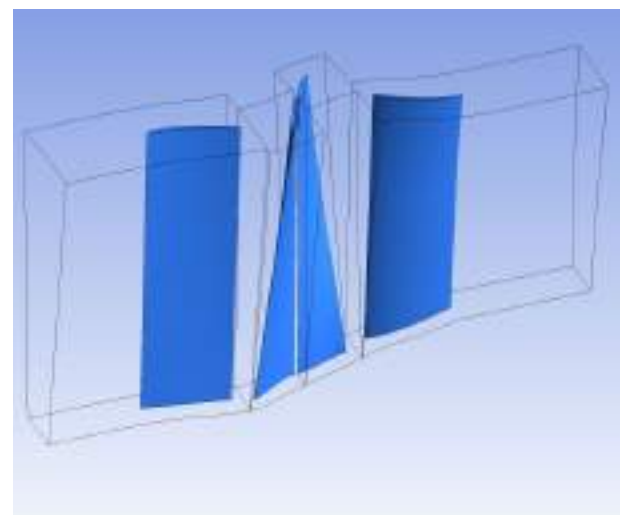
В сучасному авіаційному двигунобудуванні одним із головних є зменшення ваги та підвищення ефективності роботи тих чи інших вузлів та агрегатів. Одним із таких являється компресор, він постійно піддається оптимізації та через вагу та габарити все ще являється однією з головних проблем розвитку газотурбінних двигунів.

Для вирішення цих проблем вчені вдаються до засобів керування пограничним шаром, що підвищить ефективність та аеродинамічну навантаженість ступенів осьового компресора.

Об'єкт дослідження - осьовий компресор, складається з вхідного напрямного апарата (ВНА), робочого колеса (РК) та спрямного апарату (СА) (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1 Твердотільна 3Dмодель осьового компресора: а) однорядна лопатка РК, б) дворядна лопатка РК

Кінцевий діаметр РК складає 600 мм, діаметр втулки 300 мм, кількість лопаток ВНА - 38, кількість лопаток РК - 49, кількість лопаток СА - 54.

Аеродинамічна навантаженість оцінювалась за допомогою ступеня підвищення тиску за формулою (1), [1]:

$$\pi = p_2 / p_1 \quad (1)$$

де  $p_1$  – повний тиск на вході в компресор,  $p_2$  – повний тиск на виході з НА.

Адіабатичний ККД оцінювався за формулою (2), [1]:

$$\eta = T_1 * (\pi^{k/k-1} - 1) / T_3 - T_1, \quad (2)$$

де  $T_1$  – повний температура на вході в компресор,  $T_3$  – повний температура на виході з НА.

Моделювання течії у компресорі проводилося при значенні газодинамічної функції на вході  $q(\lambda) = 0,55$  при температурі на вході 288 К, робоче тіло – повітря, умова періодичності - використовувалась. Розрахункова сітка побудована з адаптацією примежового шару.

Режим роботи при частоті обертання  $n = 9848,511$  об/хв (91%) дозволяє отримати ступінь підвищення тиску до 1,31 – 1,126 при  $q(\lambda) = 0,36 \dots 0,55$ . Отримані результати досліджень з дворядною лопаткою РК порівняні із результатами звичайної лопатки РК, див. рис. 2.

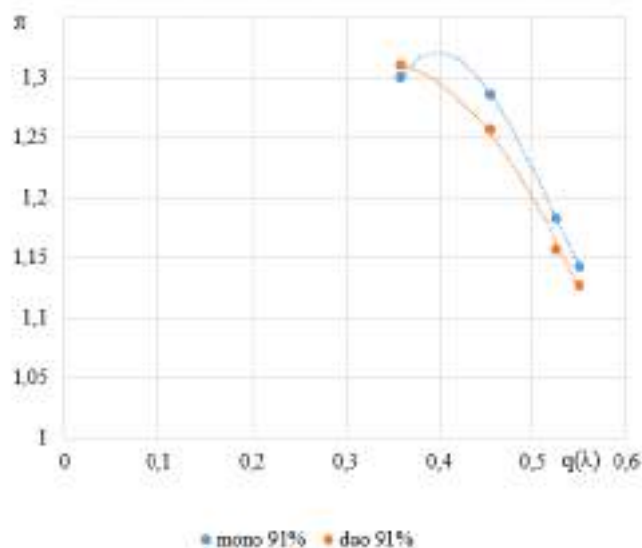


Рис.2 Залежність ступеня підвищення тиску від газодинамічної функції на вході  $q(\lambda)$  при частоті обертання вала 9848,511 об/хв

Ступінь компресора із дворядним лопатковим вінцем, що досліджувався при частоті обертання 9848,511 об/хв (91%) має ККД від 0,96 до 0,87, тоді як звичайна лопатка показує результат від 0,952 до 0,85, див. рис. 3.

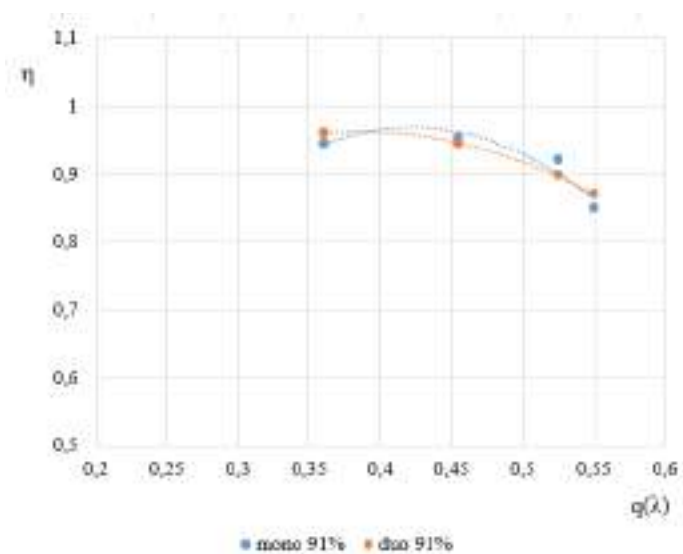


Рис.3 Залежність ККД від газодинамічної функції на вході  $q(\lambda)$  при частоті обертання вала 9848,511 об/хв

**Висновок.** В роботі проведено дослідження дворядного лопаткового вінця робочого колеса без оптимізації та порівняння їх із розрахунками ступеня осевого компресора ОК-75. Отримані результати вказують на те, що спостерігається підвищення ефективності використання таких лопаток. Незначне падіння аеродинамічної навантаженості спонукає до оптимізації форм дворядних лопаткових вінців та проточного каналу між ними.

#### Список використаних джерел:

1. Терещенко Ю.М., Бойко Л.Т., Волянская Л.Г., Кулик Н.С., Митрахович М.М., Панин В.В., Терещенко Ю.Ю. Теория авиационных двигателей: учебник / под. ред. Ю.М. Терещенко. 2-е изд., доп. И перераб. Киев: НАУ, 2013. 596 с.
2. Essentials of Turbo Machinery in CFD: Edited and Adapted by: Ideen Sadrehaghi., 2018. – 313 p.
3. ANSYS Fluent Tutorial Guide: URL: <http://users.abo.fi/rzevenho/ansys%20fluent%2018%20tutorial%20guide.pdf>

4. Ruochi P., Zhaoyun S., Bo L. Optimization design and analysis of supersonic tandem rotor blades. *Aerosp. Sci. Technol.* 2020.

5. Bammert K., Staude R. New features in the design of axial-flow compressors with tandem blades. In *Proceedings of the ASME 1981 International gas turbine conference and product show, Houston, TX, USA, 9-12 March 1981*. ASME Paper n81-GT-113.

**Науковий керівник: К. В. Дорошенко, д.т.н.,  
Національний авіаційний університет**



**A. O. Batiuk**  
*Student of the Aerospace Faculty*  
*National Aviation University*

## **INFLUENCING FACTORS ON THE RELIABILITY OF THE BLADES AND THEIR COOLING**

The blade is a working part of the turbine rotor. The step is securely fixed at the optimal angle of inclination. The elements work under colossal loads, therefore they are subject to the most stringent requirements for quality, reliability and durability.

There are two main types of turbine blades:

1. Working blades are on rotating shafts. The parts transfer the mechanical net power to the attached working machine (often a generator). The pressure on the rotor blades remains constant due to the fact that the guide vanes convert the entire enthalpy difference into flow energy.

2. The guides are fixed in the turbine housing. These elements partially transform the energy of the flow, due to which the rotation of the wheels receives a tangential force. In a turbine, the enthalpy difference must be reduced. This is achieved by reducing the number of steps. If too many guide vanes are installed, stalling will threaten the accelerated flow of the turbine.

The guide vanes and rotor blades, by their service purpose, are the main parts of steam and gas turbines as blade engines. Together, they form the turbine flow path, in which the thermal energy of the working medium (steam, gas) is converted into mechanical work of the rotating rotor. The set of guide and rotor blades is called a turbine blade.

The vane is the most expensive and most critical part of the turbine. The turbine blades operate under very difficult conditions. They are subjected to a strong centrifugal force, bending and pulsating action of the working medium, which causes vibrations of the blades, in which resonance oscillations can easily be excited. All this takes place in the first stages of the turbine at high temperatures of the working

medium, which acts on the blades both chemically and mechanically; in the last stages, erosion (erosion) of the leading edges of the blades by particles of water contained in the wet steam takes place.

The nozzle apparatus of the first stage is washed with gas, the temperature of which, taking into account the unevenness after the combustion chamber, can exceed the average mass before the turbine by 100 -120 ° C. Therefore, in high-temperature gas turbines, it is cooled very intensively.

Turbine blades are operated in an aggressive environment. High temperature is especially critical. Parts work under tension in tension, therefore, high deforming forces arise that stretch the blades. Over time, parts touch the turbine housing, the machine is blocked.

The most common causes of rotor blade accidents are:

1. material fatigue caused by vibration, leading to the initiation of fatigue cracks, their growth and subsequent brittle fracture;
2. corrosive fatigue - fatigue in corrosive environments, typical for phase transition zones, where the mechanisms of concentration of highly aggressive solutions operate;
3. drop erosion, leading to wear of the rotor blades, the appearance of stress concentration and a decrease in their structural strength;
4. abrasive wear of the working and nozzle blades of the first stages of the cylinders, which receive steam from the boiler;
5. separation of rotor blades caused by excessive centrifugal forces;
6. fracture of the rotor blades caused by excessive bending stresses in them;
7. destruction of shanks and ties (bands and wires).

Turbine blades, in particular turbine blades for gas turbines, are exposed to high temperatures during operation, which can lead to exceeding the material stress limit. This applies in particular to the areas near the leading edge of the turbine blade. To enable the use of turbine blades even at high temperatures, suitable cooling of turbine blades has been known for a long time, so that they have a high resistance to high temperatures, while the importance of cooling the blade is constantly increasing, in

particular in the case of gas turbines, due to the increasing inlet temperatures of the gas turbines. With turbine blades that have a higher temperature resistance, in particular higher energy efficiency can be achieved.

Known types of cooling are convective cooling, forced cooling and film cooling, among others. Convective cooling is perhaps the most common type of blade cooling. With this type of cooling, cooling air is directed through passages inside the blade and the convective effect is used to dissipate heat. In the case of forced cooling, the cooling air flow from the inside strikes the surface of the blade. This enables very efficient cooling at the point of impact, which, however, is limited only to a narrow area of the point of impact and the immediate surroundings. Therefore, this type of cooling is used in most cases to cool the leading edge of a turbine blade, which is subjected to local high thermal stresses. In the case of film cooling, cooling air is directed from the inside of the turbine blade to the outside through the holes in the turbine blade. This cooling air flows around the turbine blade and forms an insulating layer between the hot process gas and the blade surface. These types of cooling, depending on the application, can be suitably combined in order to ensure the most efficient cooling of the blade.

A forced-cooled leading edge of a turbine blade is known, for example, from US Pat. No. 6,238,182. The turbine blade comprises a cast airfoil blade with a relatively thick airfoil wall, into which a thin-walled forced cooling insert is inserted. The forced cooling insert rests through a plurality of ribs, which in this case taper to a point, on ribs that lie opposite them and which in turn are provided on the inner sides of the profile wall. The pairs of ribs formed in this way are welded together so that they form chambers.

In order to realize convective cooling in the case of currently known turbine blade designs, a blade including a shell, for example a blade jacket, and cooling passages are cast. Additional coatings are provided using coating methods. In this case, the production of the cooling passages, which are formed in the known turbine blades by means of a casting method, is particularly time consuming and expensive.

In addition to a turbine blade, which is manufactured by casting, an assembly of purely convectively cooled turbine blades from a support structure and a shell is also known from US Pat. No. 2,906,495. In this case, the support structure is formed in a corrugated form. The valleys and peaks of the corrugation are soldered to the suction or pressure side of the airfoil of the blade, which is formed by the shell, whereby a plurality of cooling passages extend linearly along the airfoil of the blade.

**List of used literature:**

1. [https://studopedia.ru/21\\_132893\\_turbinnie-loparki-faktori-vliyayushchie-na-nadezhnost-raboti-turbinnih-lopatok-ohlazhdenie-lopatok.html](https://studopedia.ru/21_132893_turbinnie-loparki-faktori-vliyayushchie-na-nadezhnost-raboti-turbinnih-lopatok-ohlazhdenie-lopatok.html)
2. Левин А. В. , Боришанский К. Н., Консон Е. Д. Прочность и вибрация лопаток и дисков паровых турбин. Л.: Машиностроение Ленингр. отделение. 1981.
3. Б. М. Трояновский, Г. А. Филиппов, А. Е. Булкин «Паровые и газовые турбины атомных электростанций»: Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Арсеньев Л. В., Тырышкин В. Г. Комбинированные установки с газовыми турбинами. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1982.

**Науковий керівник: К. В. Дорошенко, д.т.н.,  
Національний авіаційний університет**

**A. V. Bezmertna**  
*Student of Aerospace Faculty,  
National Aviation University*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE COMPRESSOR GTU**

There are three trends in compressor performance improvement:

1. Increasing the efficiency of the gas turbine unit (increasing the efficiency, reducing the consumption of fuel gas, reducing the irrecoverable loss of oil).
2. Improving the operational reliability of gas turbine units and parts (increasing MTBF), increasing the total gas turbine resource, increasing the overhaul life.
3. Reducing the content of toxic substances in exhaust gases (NO).

Achieving these goals is possible due to:

1. Increasing the parameters of the operating cycle (temperature in front of the turbine, compression, which in turn allows the use of heat-resistant materials for the blades of gas turbine; coating of the blades or due to special designs of the blades that ensure their cooling).
2. Development of a gas turbine unit according to the scheme with multistage compression and intermediate air cooling.
3. Utilization of waste gas heat (use of regenerative cycles, steam-gas cycle, use of utilization devices).
4. Application of GTU (injection of water circuits into the compressor station of GTU).
5. Creation of automated systems for monitoring the technical condition of gas turbines, diagnostics and forecasting of defects in the early stages of their development.

6. Improvement of the combustion chamber to optimize combustion processes and ensure a uniform temperature field in front of the GT.

Improving the efficiency of using combustion products.

The efficiency of gas turbine plants used in the gas industry ranges from 20 to 32%. Most of the heat is lost in the exhaust gases. The use of the heat of combustion products is possible in the following directions:

- heating of the cycle air compressed in the OC before being fed to the compressor station (regeneration);

- heating of water in the heat supply and hot water supply system (disposal);

- heating water to the state of superheated steam in a waste heat boiler for performing mechanical work on a steam turbine (combined cycle plant);

- heat recovery in a gas turbine unit - increases efficiency by 3-4%.

Heat recovery from flue gases (regeneration)

Heat recovery in a gas turbine plant increases the efficiency of the gas turbine plant by 3-4%. Air heaters (generators) of plate or tube type are used as heat exchangers.

The heat exchange surface of the I-type air heater is made of profiled sheets, of the II type - from bundles of tubes.

The degree of regeneration characterizes the completeness of heat transfer to the cyclic air by the exhaust gases  $\eta_{0, 7-0, 85}$ .

An increase in the degree of regeneration is possible due to an increase in the heat transfer surface, which will lead to a significant metal consumption and air mass of the heater.

Heating water of heating systems by the heat of exhaust gases is widely used at the compressor station.

Influence of water injection on a gas turbine engine with heat recovery.

When liquid is injected into the high-pressure path of a GTE with heat recovery (between the compressor and the outlet from the combustion chamber), the specific power increases and the specific fuel consumption decreases while maintaining the cycle regeneration rate. When 3% of water is injected in the section behind the compressor, the transferred heat will increase by 8%, and with injection of

4.46% of the liquid by 12%. When water is introduced into the combustion chamber, the required increase in the transferred heat is even greater: by 12% and 17%, respectively. When water is supplied to the compressor 4, 46%, the dimensions of the heat exchanger can be reduced by 3.8% or a regeneration degree of 0.828 and a specific flow rate of 0.22 kg / kWh can be obtained, which is 9.5% lower than the option without liquid addition.

#### **References:**

1. Развитие вакуумной техники: состояние и тенденции. URL: [http://www.nanoindustry.su/files/article\\_pdf/3/article\\_3485\\_795.pdf](http://www.nanoindustry.su/files/article_pdf/3/article_3485_795.pdf)

2. Повышение эффективности работы газотурбинных ГПА, имеющих регулируемый входной направляющий аппарат осевого компрессора / А.О.Прокопец, Ю.М.Бродов, О.В.Комаров, В.А.Седунин // тезисы докладов III международной конференции «Газотранспортные системы: настоящее и будущее», Москва, 27-28 октября 2009 г., М., 2009. С. 106.

3. <http://vdvzhke.ru/sudovye-gazovye-turbiny/osnovnye-detali-gazoturbinnostanovki-gtu/kompressory-gazoturbinnih-ustanovok-gtu.html>

**Науковий керівник: К. В. Дорошенко, д.т.н.,  
Національний авіаційний університет**

**I.Yu.Pihura**

*Student of Aerospace Faculty,  
National Aviation University*

## **CORROSION FATIGUE OF THE BLADES**

Corrosion fatigue refers to the processes of pitting corrosion and normal (mechanical) fatigue that occur together and accelerate each other, which result in premature fatigue failure of a blade.

Thus, the main external sign of corrosion fatigue is the initiation and development of a crack originating from an ulcer. However, the absence of ulcers during fatigue failure does not mean the absence of the influence of corrosion effects. This is one of the reasons for the underestimation of the number of damages of rotor blades from corrosion fatigue. In particular, even in pure water, the fatigue characteristics of the material are reduced, although ulcers are not formed.

Thus, the main external sign of corrosion fatigue is the initiation and development of a crack originating from an ulcer. However, the absence of ulcers during fatigue failure does not mean the absence of the influence of corrosion effects. This is one of the reasons for the underestimation of the number of damages of rotor blades from corrosion fatigue. In particular, even in pure water, the fatigue characteristics of the material are reduced, although ulcers are not formed. Conventionally, the process of destruction during corrosion fatigue can be divided into the following stages. At the first stage, the processes of mechanical fatigue and the formation of ulcers on the surface occur. Pitting is probably the most common sign of corrosion fatigue. This stage ends with the formation of a small crack in one or more ulcers. At the second stage, a crack develops to a critical size and a rapid brittle fracture of the part occurs. Although the processes of pitting corrosion and mechanical fatigue proceed simultaneously and reinforce each other, nevertheless, it makes sense to consider them separately at first [1].



Elements of the "hot" part (rotor blades and nozzle blades, discs, etc.) are subject to static, cyclic, repetitive loads, as well as high-temperature gas corrosion. High-temperature gas corrosion in some cases leads to the destruction of the turbine blades within several hundred hours of operation.

The reliability of turbine blades in the conditions of their operation in a high-temperature gas environment is evaluated experimentally by conducting tests on various stands and installations. Currently, there are several methods for testing turbine blades for high-temperature gas corrosion: testing of blades in the engine system; autonomous testing of blades at stands; tests of blades in crucibles in molten salts; testing of blades in molten salts with electrochemical action; tests of blades with preliminary application of corrosion coating to their surface. All of the listed test methods for blades, with the exception of the first method, refer to the type of accelerated tests [2].

It is known that the reliability and service life of a gas turbine engine are mainly determined by the elements of the "hot" part (rotor and nozzle blades, turbine disks) exposed to static, cyclic, repeated static loads, as well as to the action of gas corrosion processes. Sulfide-oxide gas corrosion associated with the impact of ash and gas combustion products of a gas turbine engine is one of the most serious types of blade damage that leads to a decrease in the reliability and efficiency of gas turbines. In some cases, the intensity of sulfide-oxide corrosion is so great that the turbine blades of a gas turbine engine fail within several hundred hours.

The existing methods of experimental modeling of the durability of turbine blades either have a low level of reproduction of corrosion damage, or require a long duration and cost of testing. Reproduction of the corrosion damage of blades in tests makes it possible to increase the reliability of the assessment of such mechanical properties of materials as long-term strength, creep, fatigue strength, as a result of which the reliability of a comprehensive assessment of the durability of GTE turbine blades increases.

The reliable operation of gas turbines largely depends on the performance of their blades, primarily the blades of the first stages, which are in the region of the

highest temperature. Due to the fact that the power and efficiency of gas turbines increase with an increase in the initial temperature of the gases, the blades, especially the 1st stage, must be able to withstand the effects of high temperatures [3].

**References:**

1. Коррозионная усталость рабочих лопаток. URL: <https://studizba.com/129-inzhenerija/1941-nadezhnost-raboty-turbinnogo-oborudovaniya/37951-5-korrozionnaja-ustalost-rabochih-lopatok.html>

2. Гишваров А. С., Давыдов М. Н. Методы испытаний лопаток турбин на высокотемпературную газовую коррозию. 2015. Т. 19, № 1 (67). С. 45–54

3. Гишваров А. С., Давыдов М. Н., Рахимов А. Х. Моделирование долговечности лопаток турбин в условиях коррозионно-активной среды. 2016. Т. 20, № 1 (71). С. 71–80

**Науковий керівник: К. В. Дорошенко**, д.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

1.

УДК 512.6, 519.165

**А. В. Ковальчук, К. А. Новіков, А. Д. Полторацький**  
*студенти Факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікації,  
Національний авіаційний університет*

## **АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ НЕЗВІДНИХ ПОЛІНОМІВ ЛІНІЙНОЇ СКЛАДНОСТІ**

Криптографія знаходить широке застосування в різноманітних областях науки і техніки. Незважаючи на великі криптографічні дослідження синтез незвідних поліномів до теперішнього часу є досить складним завданням. Криптографічні служби високорозвинених країн працювали і працюють над синтезом поліномів якомога більшого ступеня, але свої результати вони не надають у відкритий доступ. Відомі алгоритми синтезу незвідних поліномів мають суттєвий недолік - їх обчислювальна складність є квадратичною, тобто їхній алгоритм синтезу поліноміальний і прямує до нескінченності. Тому допустима ступіть незвідного полінома обмежена потужністю обчислювальної техніки сьогодення.

Запропонований алгоритм спирається на так звані реперні сходинки (сітку), число яких, збігається зі ступенем синтезованих поліномів. На кожній сходинці здійснюються найпростіші рекурентні однотипні модулярні обчислення, по завершенні яких поліном, що тестується, однозначно класифікується або як незвідний, або як складовий.

**Коротко про незвідні поліноми.** Незвідні поліноми (НП) мають велику схожість з простими числами, які мають лише тривіальними дільниками. НП мають дві формам запису. Перша з них є так звана «поліноміальна форма», яку ми будемо називати *алгебраїчною формою*:

$$f(x) = \sum_{k=0}^n a_k x^k = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_k x^k + \dots + a_1 x + a_0, \quad (1)$$

а в якості другої служить *векторна форма*, що є сукупністю коефіцієнтів  $a_k$  полінома, включаючи нульові коефіцієнти відсутніх мономів ряду (1):

$$f = a_n a_{n-1} \dots a_k \dots a_1 a_0. \quad (2)$$

Поліноми характеризуються рядом основних параметрів. Одним з таких є *ступінь полінома (deg)* - це максимальний ступінь, який входить в поліном монома з ненульовим коефіцієнтом. Другим найважливішим параметром НП є його порядок. *Порядок полінома (ord)*, іноді також званий його показником, періодом або експоненаном - це таке найменше натуральне число  $m$ , при якому даний поліном  $f(x)$  ділить без залишку двочлен  $x^m - 1$ . Як вже було сказано обчислювальна складність незвідного полінома є квадратичною. Кількість незвідних поліномів 32-ї ступені дорівнює 134 мільйони, а складність обчислень оцінюється ресурсами машини затраченими на його реалізацію. Цілком очевидно, що час вирахунку наступної ступені незвідного полінома буде нескінченно зростати. Зазначена проблема зумовлює в розробці нового ефективного алгоритму синтезу незвідних поліномів.

**Концептуальні правила синтезу незвідних поліномів.** Нижче наведено ряд простих положень(аксіом), доведені шляхом емпіричних досліджень, які суттєво полегшують процес обчислення НП:

Аксіома 1. Векторна форма незвідного полінома має форму

$f = 1 a_n a_{n-1} \dots a_k \dots a_1 1$ , тобто незвідний поліном повинен обрамлятися зліва та справа одиницями.

Аксіома 2. Вага внутрішніх коефіцієнтів полінома повинна бути непарним числом, тому що в протилежному випадку  $f_n$  ділиться без залишку на поліном першого ступеня  $f_1 = 11i$ , тим самим, тестований поліном являється звідним.

Аксіома 3. Максимальний порядок  $L_n$  НП  $f_n$ , визначається виразом:

$$L_n = 2^n - 1.$$

Аксіома 4. Якщо  $f$  - незвідний поліном, то і двосторонній йому теж є незвідним.

Аксиома 5. Примітивним є НП максимального порядку

Аксиома 6. Порядок  $L_n$  незвідного полінома  $f_n$  збігається з порядком елемента  $\theta=10$  поля  $GF(2^n)$  породжуваного НП  $f_n$ .

Аксиома 7. Порядок  $L_n$  незвідного полінома  $f_n$  є дільником максимального порядку  $L_n$  тобто дотримується співвідношення:

$$L_n \mid L_n = i \cdot i). \quad (3)$$

### Алгоритм тестування поліномів на незвідність

Введемо ряд числових параметрів (див. табл. 2), «пов'язавши» їх з характеристиками так званої реперною сітки (рис. 1), що складається із сукупності паралельних прямих ліній (сходинок сітки). Число ступенів сходів збігається зі ступенем тестованого на незвідність полінома.

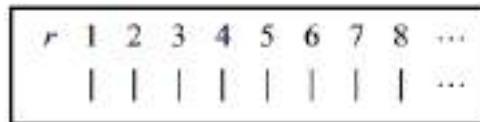


Рис. 1. «Реперна сітка алгоритму синтезу НП»

В таблиці 2 прийняті такі позначення:  $r$ - номер сходинок реперною сітки;  $t_r$  - ступінь двійкового полінома  $CV_r$ , назвемо його координатним вектором (Coordinate Vector), лівий розряд якого дорівнює 1, а решта заповнені нулями, тобто:  $CV_r = 100\dots 0$ .

Таблиця 1

### Допоміжні числові параметри

$r$	1	2	3	4	5	6	7	8	...
$t_r$	1	3	7	15	31	63	127	255	...
$\Delta_r$	1	2-3	4-7	8-15	16-31	32-63	64-127	128-255	...

Взаємозв'язок векторів  $CV_r$  з інтервалами  $\Delta_r$  ступенів ТП для  $r = 3$  можна простежити по таблиці 3, в якій змінні  $b \in \{0, 1\}$  вибираються такими, щоб їх сукупна вага в поліномах дорівнював (за аксіомою 2) непарному числу.

Таблиця 2.

$CV_3$		1	0	0	0	0	0	0	0
		Структура тестуемого полінома							
$\Delta_3$	4	1	$b$	$b$	$b$	1			
	5	1	$b$	$b$	$b$	$b$	1		
	6	1	$b$	$b$	$b$	$b$	$b$	1	
	7	1	$b$	$b$	$b$	$b$	$b$	$b$	1

**Твердження.** Необхідною умовою незвідності двійкового полінома ступеня  $n$  є виконання порівняння:

$$1(0)^{2^n-1} \equiv 1 \pmod{f_n}, n \geq 2. \quad (4)$$

Представимо формулу (3) в такому виді:

$$(10)^{L_n} = 1 \pmod{f_n} \quad (5)$$

Рівняння (3) і (4) є аналогами аксіоми 7. Ліва компонента  $(10)^{L_n}$  порівняння (5) являє собою координатний вектор:

$$CV_n = 100\dots 0 \} 2^n - 1 \text{ біт} \quad (6)$$

У свою чергу бінарний вектор, який відповідає порядку  $L_n$  складається виключно з  $n$  одиниць. Назвемо цей вектор вектором одиниць (Unit Vector):

$$UV_n = 11\dots 11 \} 2^n - 1 \text{ біт} \quad (7)$$

Десятькове значення вектора (6) на одиницю більше значення вектора (7). Тому якщо дотримується умова (3), а саме  $L_n \mid L_n = \text{іі}$ , то тим самим підтверджується і порівняння (4). На цьому закінчується доказ твердження.

**Приклад.** Вибравши в якості тестуемого поліному один з перевірених незвідних поліномів четверної ступені  $f_4=10011$ . Напишемо координатний вектор  $CV_4 = 100\dots 0 \} 15 \text{ біт}$ . Поділивши праву частину вектора на  $f_4=10011$ , отримаємо  $Res^{CV_{f_4}} = 1$ , де позначено  $Res(a)_b = a \pmod{b}$  - залишок числа  $a$  за модулем  $b$ . Отже, згідно з твердженням,  $f_4=10011$  – незвідний поліном. До такого ж результату приходимо для варіанта  $f_4=11111$ , оскільки  $Res^{CV_{f_4}}$  дорівнює 1.

Звернемося до альтернативного варіанту, вибравши в якості тестованого полінома  $f_4=10101$ , який не являється незвідним. Для аналізованого полінома  $Res^{CV}_{4f_4} = 1000 \neq 1$ , з цього слідує, що поліном  $f_4=10101$  являється звідним, тобто складовим.

Порядок координатних векторів згідно рівняння (6), росте експоненціальне залежно від ступеня поліномів, що тестуються. І, як наслідок, вже при  $n > 30$  скористатися твердженням 1 на стандартних ПК практично неможливо, оскільки на його реалізацію потрібні великі витрати машинного часу. Дану проблему можна обійти, застосовуючи пропонований нижче лінійний алгоритм тестування поліномів.

Відобразимо реперну сітку, відповідну поліному  $f_n$ , вектором  $1^{[n]}$ , що містить  $n$  одиниць, тобто нехай  $1^{[n]} = 11\dots11 \}$   $n$  біт. Кожна  $r$  – на одиниця в  $1^{[n]}$  символізує координатний вектор  $CV_r$ . Закон зміни порядків нульових розрядів векторів  $CV_r$  можна легко встановити, аналізуючи дані середнього рядка в таблиці 2, а саме:

$$t_r = 2 \cdot t_{r+1}, \quad t_0 = 0, \quad r = \overline{1, n}.$$

Нехай  $S_r = Res(CV_r)_f$  - залишок координатного вектора  $CV_r$  по модулю полінома  $f$ . Запропонований алгоритм становить фундаментальну основу тестування двійкових поліномів на незвідність, яке зводиться до простих рекурентних обчислень:  $S_r = Res(S_{r-1} \cdot s_r)_f$ ,  $S_0 = 1$ ,  $s_r = S_{r-1} 0$ ,  $r = \overline{1, n}$ , де  $s_r$  – розширений (додатковий нуль) залишок координатного вектора  $CV_{r-1}$ . При досягненні індексом  $r$  останньої  $n - i$  сходинки реперної сітки, якщо виявиться, що  $S_n = 1$ , то це буде означати, відповідно до твердження , виконання необхідних умов незвідності поліному, що тестується. Кінцевий алгоритм синтезу незвідних поліномів:  $S_r = Res(CV_r)_f = Res(CV_r - 1CV_{r-1} 0)_f = Res(S_{r-1} 0 - 1S_{r-1} 0)_f$ .

Перевіримо алгоритм на практиці вибравши для тестування перевірений незвідний поліном 12-го ступеня  $f_{12} = 1000000001111$ . Значення залишку  $S_r$  векторів  $CV_r$  по модулю  $f_{12}$  зведені в таблицю 4.

Таблиця 3.

$S_1 = 10;$	$S_5 = 101010011110;$	$S_9 = 110111111100;$
$S_2 = 1000;$	$S_6 = 110101111101;$	$S_{10} = 110100000100;$
$S_3 = 10000000;$	$S_7 = 110101111110;$	$S_{11} = 11111100010;$
$S_4 = 1111000;$	$S_8 = 110101110100;$	$S_{12} = 1$

Той факт, що залишок  $f_{12}$  виявився рівним 1, є свідченням виконання необхідних умов незвідності полінома.

Розроблений алгоритм відноситься до підкласу алгоритмів лінійної складності. Суть рекурентних операцій на множенні двійкових поліномів зводиться до обчислення залишків за модулем тестуемого на незвідність поліному, представленого в векторній формі, від квадрата залишку, утвореного на попередній сходинці перетворення і доповненого справа нулем. Якщо верхня ступінь синтезованих незвідних поліномів не велика, наприклад, не перевищує двох десятків, то формування поліномів, що тестуються, може здійснюватися за методом повного перебору. У тому випадку, коли ступінь поліному перевищує порогове значення, то генерацію поліномів зручніше реалізувати статистичним моделюванням.

#### **Список використаних джерел:**

1. Белецький А. Я., Ковальчук А. В., Новіков К. А., Полторацький Д. А. Алгоритм синтезу незвідних поліномів лінійної складності. Захист інформації. Том 22, № 2. 2020. С 74-87.
2. Фомичёв В. М. Дискретная математика и криптография. М.: Диалог-MIFI, 2013. 397 с.
3. Титов С. С. Торгашов А. В. Генерация неприводимых многочленов, связанных степенной зависимостью корней. Управление, вычислительная техника и информатика. Томск: Труды Томского Гос. ун-та, 2010. № 2 (22). С. 310-317.
4. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы и исходные тексты на языке С+. М.: Триумф, 2002. 816 с.

**Науковий керівник:** А. Я. Білецький, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет



**О. В. Салієва**

*асистент кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем,  
Вінницький національний технічний університет*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗАГРОЗ НА РІВЕНЬ ЗАХИЩЕНОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ЗА КОГНІТИВНОЮ МОДЕЛЛЮ НА ОСНОВІ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ**

Сучасна суспільна діяльність усіх своїх проявах характеризується масовим використанням комп'ютерних мереж (КМ), які надають безліч можливостей та задовольняють різноманітні інформаційні потреби людства. Тому вагоме місце посідає питання щодо забезпечення належного рівня їхньої захищеності. Оскільки дана задача має суб'єктивний характер та описується як кількісними так і якісними факторами впливу на мережеву безпеку, то для її вирішення доцільно скористатися когнітивним підходом, який базується на побудові нечіткої когнітивної карти [1, с. 94].

У роботі [4, с.28-39] запропоновано когнітивну модель, яка дозволяє визначити вплив загроз на рівень захищеності КМ, встановлені такі найвагоміші загрози як: шкідливі програми, фізичний вплив на мережу з боку зловмисника та ненавмисні дії, помилки користувачів мережі. Для отримання прогнозів розвитку ситуації проведено сценарне моделювання, у результаті якого визначено відносну зміну рівня захищеності КМ.

Враховуючи актуальність даної проблеми, у роботі [3, с.98-104] здійснено подальше дослідження розробленої когнітивної моделі, яке полягає у встановленні достовірності впливу загроз на рівень захищеності КМ визначеного за сценарним моделюванням на основі когнітивного підходу.

Для досягнення поставленої мети використано методи множинного регресійного аналізу [2, с. 457], на основі яких сформовано аналітичний вираз лінійної кореляційної залежності, що існує між захищеністю КМ та

найвагомішими концептами системи.

Оцінено адекватність запропонованої регресійної моделі за допомогою коефіцієнта детермінації ( $R^2=0,98$ ), який свідчить про те, що варіація залежної змінної (захищеність КМ) на 98% пояснюється мінливістю включених в модель незалежних змінних (шкідливі програми, фізичний вплив на мережу з боку зловмисника та ненавмисні дії, помилки користувачів мережі).

Для визначення впливу кожної загрози окремо на рівень захищеності КМ обчислено значення стандартизованого коефіцієнта регресії та коефіцієнта еластичності. Зокрема, встановлено, що збільшення значення концептів: шкідливі програми, фізичний вплив на мережу з боку зловмисника та ненавмисні дії, помилки користувачів мережі (від своїх середніх значень) призведе в середньому до послаблення захищеності КМ відповідно на 0,63%, 0,008% та 0,83%.

Таким чином, найбільше знижують рівень захищеності КМ ненавмисні дії, помилки користувачів мережі, а найменше – фізичний вплив на мережу з боку зловмисника. Даний результат збігається з тим, що був отриманий за проведеним сценарним моделюванням на основі когнітивного підходу [4], що, у свою чергу, свідчить про достовірність впливу визначених загроз на рівень захищеності КМ.

#### **Список використаних джерел:**

1. Силов В. Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке, М.: ИНПРО, РЕС, 228 с, 1995.
2. Кремер Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. Москва: Юрайт, 2019, 538 с.
3. Салієва О. В., Яремчук Ю. Є. Дослідження достовірності впливу загроз на рівень захищеності комп'ютерної мережі, визначеного за сценарним моделювання на основі когнітивного підходу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020.№4. С. 98-104.
4. Салієва О. В., Яремчук Ю. Є. Розробка когнітивної моделі для аналізу впливу загроз на рівень захищеності комп'ютерної мережі. *Реєстрація, зберігання і обробка даних*. 2019. №4. С. 28–39.

**Науковий керівник: Ю. Є. Яремчук**, д.т.н., професор,  
Вінницький національний технічний університет

УДК 004.421

**В. Є. Байдак**

*магістрант Факультету комп'ютерних наук,*

**О. О. Мазурова**

*к.т.н., доцент кафедри Програмної інженерії,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

### **КОМБІНОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОНЛАЙН-СИСТЕМИ ПРОДАЖУ ЕЛЕКТРОННИХ ІГОР**

Великий потік інформації, доступний людині сьогодні, мимоволі ініціює роботу з пошуку і фільтрації даних в ньому. Основним джерелом отримання інформації є пошукові системи. Однак при відсутності конкретного запиту складно знайти необхідну інформацію. Цю проблему частково вирішують рекомендаційні системи, здатні знаходити об'єкти схожі на те, що подобається або потрібно користувачеві на основі інформації про нього. Рекомендаційні системи аналізують інтереси користувачів і намагаються передбачити, що саме буде найцікавіше для конкретного користувача в даний момент часу.

Однією зі сфер, де використовуються рекомендаційні системи, є комерційні сайти продажу товарів, зокрема онлайн-системи продажу електронних ігор. В сфері продажу ігор рекомендаційна система може виявити потреби відвідувачів онлайн-системи і в потрібний момент зробити цікаві саме їм пропозиції на сайті, збільшуючи дохід онлайн-системи за рахунок зростання конверсії, середнього чека і частоти повторних покупок [1].

Найпоширенішим підходом при побудові рекомендаційних систем в електронній комерції є метод колаборативної фільтрації [2]. Даний підхід дозволяє виробляти рекомендації, засновані на моделі попередньої поведінки користувачів з урахуванням поведінки інших користувачів з подібними характеристиками. Для виділення груп користувачів з подібними характеристиками, як правило, використовуються різні методи отримання

інформації, які, в свою чергу, використовують алгоритми кластеризації. Вирішення питань ідентифікації груп користувачів за своєю природою спирається на використання методів кластеризації. Кластеризація даних може бути також використана для генерації аналітичних профілів користувачів на основі інформації про дії кожного користувача або на основі інформації про самого користувача (вік, стать, освіта, професія, захоплення, творчі інтереси і т.д.), а потім для формування груп користувачів на основі їх аналітичних профілів. Такий підхід дозволяє рекомендаційним системам робити більш якісні рекомендації, оскільки при рекомендації буде надаватися перевага тим предметам, які найбільш популярні в соціальній групі даного користувача [3].

Таким чином, була поставлена задача провести аналіз та розробити комбінований підхід до побудови рекомендаційних систем, що забезпечує найбільш повне використання всіх даних про відвідувачів онлайн-системи продажу ігор з метою вироблення рекомендацій, які найбільш адекватно відображають їх очікування.

Для побудови рекомендаційної системи у роботі була обрана колаборативна фільтрація, оскільки:

- немає необхідності виділяти характеристики рекомендованих предметів;
- підвищення якості рекомендацій відбувається достатньо швидко;
- зміна інтересів користувача виловлюється значно швидше.

Були проаналізовані такі типи колаборативної фільтрації, як заснований на сусідстві, на моделі тагібридний. Для побудови рекомендаційної системи була обрана колаборативна фільтрація на основі моделі, оскільки цей тип дає більш якісний результат і є менш дорогим і складним в реалізації і застосуванні у порівнянні з гібридною фільтрацією.

Для розбиття користувачів на групи на основі аналітичного профілю в роботі були проаналізовані: ієрархічну кластеризацію, кластеризацію на основі центроїдів та на основі щільності [4]. Для кластеризації користувачів для поліпшення якості рекомендацій у роботі був обраний алгоритм кластеризації

на основі центроїдів – k-means. Цей алгоритм був обраний, оскільки він є достатньо простим в реалізації і добре масштабується [5].

Набором початкових даних для побудови рекомендаційної системи були оцінки електронних ігор з одної з найбільших відкритих баз даних ігор IGDB. Цей початковий набір даних необхідний для надання рекомендацій, поки користувачі не надали своїх оцінок в онлайн-системі продажу електронних ігор. Також у користувачів онлайн-системи повинна бути можливість залишити інформацію про себе (стать, вік, улюблені жанри), на основі якої буде побудований аналітичний профіль користувача і буде виконана кластеризація.

Вхідний набір даних був представлений у вигляді матриці (див. рис. 1).

		користувачі					
ігри	5	0	3	...	0	3	
	0	4	0	...	2	4	
	0	0	0	...	0	0	
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
	0	0	0	...	0	3	
	5	0	3	...	0	0	

Рис. 1. Вхідні данні для побудови рекомендаційної системи

Рядки цієї матриці відповідають іграм, а стовпці користувачам. Оцінки варіюються від 1 до 5, якщо користувач не оцінював гру, то відповідна комірka ініціалізується як 0.

Нехай деякий набір векторів:

$$x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(\text{кількість ігор})}, \text{де } x^i \in R^k$$

описує  $k$  характеристик кожної гри.

Другий набір векторів:

$$\theta^{(1)}, \theta^{(2)}, \dots, \theta^{(\text{кількість користувачів})}, \text{де } \theta^i \in R^k$$

описує ставлення користувача до кожної характеристики. Таким чином, вектори  $\theta^{(j)}$  і  $x^{(i)}$  мають однакову розмірність, а параметр  $\theta_n^{(j)}$  відображає ставлення користувача  $j$  до характеристики  $x_n^{(i)}$  гри  $i$ . У такому випадку оцінка даної гри цим користувачем розраховується як  $(\theta^{(j)})^T x^i$ . Надалі кількість користувачів позначається як  $n_u$ , а кількість ігор як  $n_g$

При колаборативній фільтрації нам необхідно передбачити оцінки користувачів. При цьому обидва набори векторів  $\theta^{(1)}, \theta^{(2)}, \dots, \theta^{(n_u)}$ ;  $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(n_g)}$  нам невідомі. Для обчислення наборів цих векторів була обрана стратегія мінімізації функції витрат (градієнтний спуск) [6].

В роботі була розроблена рекомендаційна система з використанням комбінованого підходу: була використана колаборативна фільтрація та кластеризація на основі аналітичних профілей користувачів для поліпшення рекомендацій в онлай-системі продажу електронних ігор «GameStore». Розроблена рекомендаційна система реалізує обрані підходи і дозволяє виявити потреби відвідувачів інтернет-магазину продажу ігор, і в потрібний момент зробити цікаві саме їм пропозиції на сайті.

#### **Список використаних джерел:**

1. Lemire D., Maclachlan A. Slope one predictors for online rating-based collaborative filtering. *SDM*. 2005. P. 471-475.
2. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. М.: Статистика, 1977. С. 112-118.
3. Bridge D., Goker M., McGinty L., Smyth. B. Case-based recommender systems. *Knowledge Engineering Review*. 2006. vol. 20 (3). P. 315-320.
4. Нефедова Ю. С. Архитектура гибридной рекомендательной системы GEFEST (Generation-Expansion-Filtering-Sorting-Truncation, Системы и средства информ.). 2012. Том 22. Вып 2. С. 176-196.
5. Кольчугина Е. А., Макарь В. А. Метод коллаборативной фильтрации для масштабируемых рекомендательных систем. *Современные научные исследования и инновации*. 2012. С. 63-66.
6. Resnick P., Varian H. R. Recommender systems. *Communications of the ACM*, 1997. Vol. 40. P. 56-58.

**О. А. Дворова**

*студентка Факультету кібербезпеки, комп'ютерної і програмної інженерії,  
Національний авіаційний університет*

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ШКОЛІ**

Для початку розберемося, що таке інформаційні технології – це сукупність методів, які створені для збирання, опрацювання, зберігання і розповсюдження інформації в інтересах користувача. В даний період часу інформаційні технології використовують не тільки у науковій діяльності, а й в інших аспектах життя. Ми кожного дня користуємося смартфонами, ноутбуками, планшетами, комп'ютерами і тощо. Це і є використання інформаційних технологій. Безперечно, цією сукупністю технологій користуються в школах.

Наразі у звичайних українських школах інформаційні технології використовуються в невеликій кількості, але можна ще можна автоматизувати деякі аспекти. На даний момент часу зазвичай використовуються такі додатки: Microsoft Excel – для створення таблиць, Microsoft Power Point – для створення і показу презентацій, Microsoft Word – для створення текстових файлів. Кожна з програм допомагає педагогу у його професійній діяльності. Таблиці необхідні для впорядкування інформації, наприклад створення списку учнів, де завдяки функціоналу Microsoft Excel, можна швидше і зручніше рахувати середній бал учня, а школяр може зробити собі розклад занять, позашкільної діяльності тощо, бухгалтер може робити звіти, бібліотекарі може робити облік учнів та книг. Завдяки презентації педагог може простіше і наочніше донести інформацію учням. Завдяки Microsoft Word вчитель може замітки для проведення уроку, створювати файли з документацією. Психолог, завучі, директор, бухгалтер також в цьому додатку роблять документацію. Крім того в деяких школах використовують інтерактивні дошки – це пристрій, який може

працювати, як звичайна дошка, як проектор, як сенсорний екран для взаємодії з деякими об'єктами на ньому. Для цих дошок є окремі додатки, наприклад «Intboard Простір», він дозволяє використовувати інтерактивні дошки за їх призначенням. Завдяки додатку можна писати, малювати, редагувати, зберігати інформацію та використовувати «педагогічні ігри» для проведення уроку.

В майбутньому для того, щоб покращити діяльність школи завдяки інформаційним технологіям, то необхідно зробити єдиний додаток для всіх шкіл, провести навчання щодо його користування та найняти людей, які будуть допомагати з використання додатку в перший час. В цьому додатку має бути простий для розуміння функціонал, але в той самий час його має бути багато. В нього можна додати базу даних, де будуть всі шаблони для документації усіх учасників освітнього процесу. Можна зробити електронний журнал, який заповнює і редагує педагог, але доступ до перегляду мають учні та батьки. Також при щоденному заповненні журналу класним керівником, автоматично відправлялася інформація щодо кількості учнів в їдальню, щоб робітники їдальні могли приготувати необхідну кількість їжі. Також відправлялася та сама інформація завучу і медсестрі для того, щоб слідкувати за кількістю школярів, які ходять у навчальний заклад та прийняття рішення щодо закриття школи на карантин. В додаток можна додати базу даних з підручниками та необхідною літературою для прочитання школярами для уроків літератури. Також можна зробити базу даних з інформацією про кожного учня, де буде інформація щодо його батьків, їх номерів телефонів, стану здоров'я і так далі. В додатку був би розклад занять для школярів, для педагогів і для інших працівників школи. Також додаток мав би систему сповіщення, яка б нагадувала про заповнення журналу, попереджала б про деякі події, наприклад коли будуть проводитися контрольні роботи, також директор чи завуч мав би змогу повідомляти деяку інформацію. Також у кожного вчителя була б своя база даних, де він би міг робити і зберігати необхідні матеріали для уроків. Була б також таблиця з прізвищем, ім'ям працівника школи та його контактна



інформація. Також для дистанційного навчання тут була б можливість кидати матеріали, домашнє завдання і проводити відеоконференції.

Отже, на даний момент школи використовують інформаційні технології, але це можна покращити, зробивши єдиний додаток.

#### **Список використаних джерел:**

1. Інформаційні технології. / Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96\\_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D1%96_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97)

**О. Ю. Закабула**

*студент спеціальності «Інформаційні системи та технології»,  
Донбаська державна машинобудівна академія*

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЕЛІВ НЕВЕЛИКИХ МІСТ ПИТНОЮ ВОДОЮ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИПАДКАХ**

Забезпечення житлового фонду водою питної якості є стратегічним завданням держави по забезпеченню життєвої й санітарно-гігієнічної безпеки населення. При реалізації водопровідно-каналізаційної продукції населенню важливо не тільки вирішувати завдання рентабельності підприємств водопостачання й водовідведення, але й задовольняти потреби соціального характеру [1-2].

Система водопостачання, яка функціонує у більшості міст, може бути порушена в результаті техногенних катастроф або інших екстремальних подій, і доставка води споживачеві здійснюється за допомогою спеціалізованого автотранспорту [3]. У районах (мікрорайонах, окремих кварталах, робочих селищах) міста розташовуються тимчасові пункти розливу питної води з автоцистерн у тару споживача [4].

При цьому необхідно вирішити цілий ряд завдань, наприклад:

- визначити оптимальний маршрут спеціалізованого автотранспорту;
- скласти оптимальний графік руху спеціалізованого автотранспорту;
- інші.

Припускаємо наступне:

- є в наявності  $N$  спеціалізованих машин (автоцистерн),  $N \geq 1$ ;
- є в наявності список  $M$  районів (мікрорайонів) міста із позначенням

чисельності населення  $S_i$  у кожному (усього у місті  $S_s = \sum_{i=1}^M S_i$  мешканців);

– є в наявності таблиця відстаней між районами з урахуванням можливості або заборони прямого проїзду між кожною парою районів;

– початок шляху може бути з різних місць: а) усі машини виходять із однієї обраної точки; б) кожна машина може почати рух з обраної для неї точки;

– може бути обмеження на обсяг води (наприклад, 18 літрів на людину).

Також приймаємо допущення, що всі спеціалізовані машини (автоцистерни) однакові (мають ідентичні швидкісні характеристики й можуть перевозити однаковий обсяг води).

Необхідно вирішити наступні задачі.

1. Припускаючи, що виходить одна машина, розрахувати оптимальний її маршрут (сумарна довжина шляху повинна бути мінімальною). Особливість: місце початку шляху (перший з мікрорайонів) вказується користувачем.

2. У продовження попереднього завдання скласти графік руху по обчисленому маршруті (час прибуття в кожен мікрорайон), якщо є середній час обслуговування одного жителя і який відсоток населення безпосередньо виходить за водою.

3. Обчислити рекомендовану (оптимальну) кількість машин  $N$  ( $1..N_{\max}$ ), виходячи з обмежень: а) мінімальний і максимальний об'єми води на кожного жителя; б) виділені ліміти на паливо. Переміщення між мікрорайонами тут не враховуємо, приймається загальне число жителів у місті.

4. Припускаючи, що виходить  $N$  машин, розрахувати оптимальний маршрут проїзду кожної машини, щоб: а) сумарна довжина кожного шляху була мінімальною; б) сумарна чисельність населення в мікрорайонах, що обслуговуються кожною машиною, була приблизно однаковою. (Тобто різниця між «охопленими» машиною мікрорайонами й середнім числом на машину  $S_{sm} / N$  повинна прямувати до нуля).

5. У продовження попереднього завдання скласти графіки руху по обчислених маршрутах (час прибуття до кожного мікрорайону), якщо є середній час обслуговування одного жителя.

Як розрахунковий приклад візьмемо дані по місту Торезк Донецької області [5], рис. 1, табл. 1, табл. 2.

Таблиця 1.

### Чисельність жителів, осіб

№ з/п	Мікрорайон (назва)	Чисельність, люд.
1.	Саманні	3325
2.	Мікрорайон	9392
3.	Центр	11495
4.	Приватний сектор	3870
5.	Центральний ринок	3395
6.	Забалка	2901

Таблиця 2.

### Відстань між мікрорайонами, м

	Саманні	Мікрорайон	Приватний сектор	Центр	Центральний ринок	Забалка
Саманні	X	1310	900	1860	4800	4640
Мікрорайон	1310	X	803	2420	4530	4175
Приватний сектор	900	803	X	295	4050	3520
Центр	1860	1390	295	X	1370	546
Центральний ринок	4800	4530	4050	1370	X	4920
Забалка	4640	4175	3520	546	4920	X

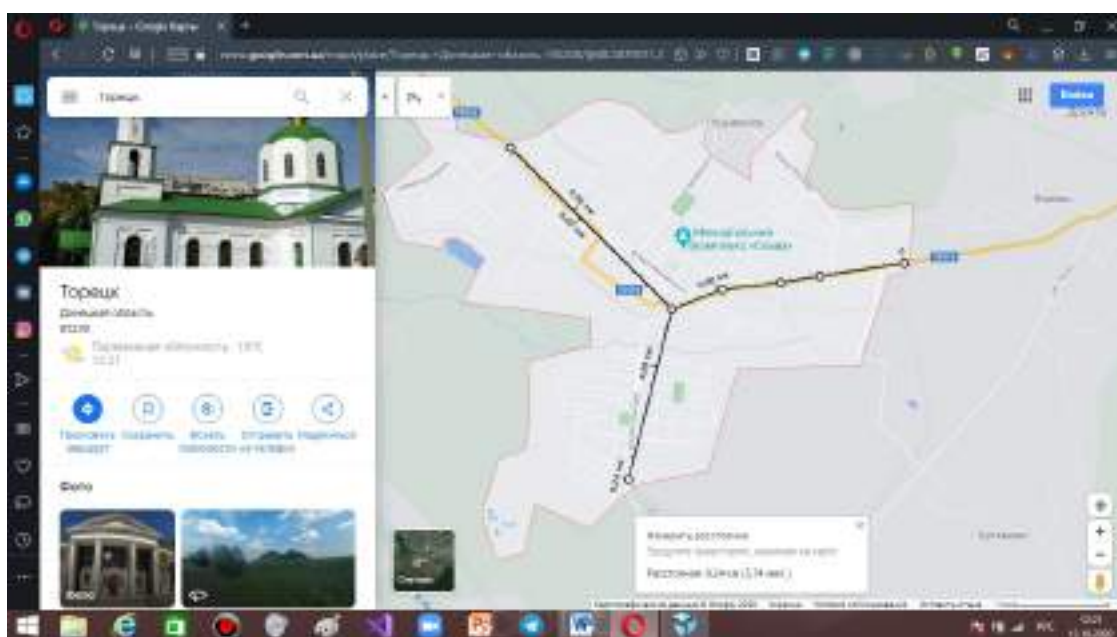


Рис. 1. Місто Торезк

Далі проектується додаток (застосунок) та здійснюється його програмна реалізація в середовищі візуального програмування.

#### **Список використаних джерел:**

1. Свинцов А. П., Малов А. Н., Масри Г. Х. Реализация водопроводно-канализационной продукции на сегментированном рынке для жилищного фонда. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2009. № 2. С. 23-27.

2. Сученко В.Н., Гришин Д.К., Аль-харами Тами. Водоснабжение населения как социально значимое благо. *Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования*. 2010. №2. С. 61-66.

3. Цистерны для молока и водовозы ЗИЛ. URL: [http://www.tank-cars.ru/vodovozy\\_molokovozy](http://www.tank-cars.ru/vodovozy_molokovozy)

4. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення: Закон України від 10.01.2002 № 2918-III із змінами / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2047-19>

5. Місто Торецьк. / Google Maps. URL: <https://www.google.com.ua/maps/place/Торецьк,+Донецкая+область,+85200>

**Науковий керівник: О.Ю. Мельников**, к.т.н., доцент,  
Донбаська державна машинобудівна академія

**Я. А. Лейба**

*студентка факультету комп'ютерних наук,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СТАНУ НЕМОВЛЯТ**

На етапі технологічного розвитку медицини проблема великої смертності дітей залишається актуальною. Особливо це стосується немовлят. Брак фінансування призводить до погіршення рівня обслуговування пацієнтів та своєчасного реагування на погіршення самопочуття. Станом на 2019 рік, дитяча смертність становить від 1,7 до 121,5 на 1000 осіб населення [1]. На жаль, деякі батьки не звертають увагу на погіршення самопочуття дитини, вважаючи, що проблема не носить серйозного характеру, та ігнорування цих змін призводить до смерті дітей.

Для своєчасного реагування та отримання актуальних даних про стан пацієнта, збору даних життєвих показників використовуються комплексні ІТ рішення, які допомагають батькам відразу звернути увагу на зміну цих показників, та сповістити про це лікаря, тому і виникає потреба у створенні програмних систем, які дозволяють оперативно інформувати лікарів та батьків.

Програмна система призначена для збереження та актуалізації інформації про стан дитини, шляхом збереження історії хвороби, історію наявних вакцинацій, життєві показники, сповіщення батьків та лікарів про тяжкий стан дитини при відхиленні цих показників. Програмна система має допомагати користувачам негайно звертатися до лікаря, для швидкого реагування на екстрену ситуацію, цілодобово стежити за життєвими показниками дитини для забезпечення аналізу поточного стану дитини, та повинна бути доступною для всіх груп населення.

Запропонована програмна система має складатися з наступних частин:

- веб додаток;

- мобільний додаток;
- IoT пристрій.

Веб додаток призначений для виконання всіх можливих дій з системою з боку батьків та лікарів, в тому числі – зберігання та обробка даних. Наприклад: реєстрація, перегляд профілю, перегляд історії хвороби, перегляд історії вакцинацій, перегляд поточного стану життєвих показників дитини, тощо.

Мобільний додаток призначений для перегляду зручної взаємодії користувачів із системою з використанням мобільних пристроїв.

IoT пристрій призначений для зчитування пульсу та температури дитини протягом дня. У звичайному стані показники температури вимірюються тричі на день. Після фіксування зміни температури більше чи менше допустимих граничних значень, температура повинна вимірюватись кожен час. Показники пульсу вимірюються постійно, що особливо важливо для немовлят з патологіями розвитку чи в хворобливому стані .

Для забезпечення детального аналізу фізичного стану та розвитку дитини необхідно зберігати та обробляти наступні дані:

- ППП дитини;
- кількість місяців (або повних років і місяців);
- доношеність;
- зріст;
- вага;
- окружність голови;
- окружність грудної клітки;
- пороки розвитку;
- алергії;
- історія вакцинацій;
- історія хвороби;
- життєві показники (пульс та температура).

Під час перегляду наведених вище даних пацієнта, лікар матиме змогу проаналізувати поточний фізичний розвиток дитини та, при наявності

відхилень, прогнозувати подальший розвиток захворювань чи патологій. Обробка життєвих показників дозволить своєчасно реагувати на їх відхилення та відразу сповіщати про це батьків.

Якщо стан дитини важкий, то батьки мають відразу звернутися до лікаря, зважаючи на те, що будь-яка затримка може призвести до смерті дитини. Деякі захворювання потребують швидких рішень та дій, тому програмна система повинна мати функцію негайного звернення. Під час звернення батьки мають представити наступну інформацію:

- плач;
- пітливість: час доби; локалізація; запах; консистенція;
- стул: частота; колір; консистенція.
- кормління: частота; вид;
- дихання;
- стан шкіри.

Детальний опис вище перерахованих даних забезпечить більш глибоке розуміння внутрішніх процесів, що відбуваються в організмі дитини та допоможуть обрати правильне рішення для першої медичної допомоги та подальших досліджень.

У зв'язку з великими показниками смертності серед новонароджених дітей, медицина потребує удосконалення методів швидкого реагування на зміну стану дитини. Для цього необхідно створити програмну систему, яка матиме змогу відслідковувати життєві показники дитини у реальному часі та вчасно повідомляти батьків про погіршення цих показників, щоб врятувати малюкові життя.

#### **Список використаних джерел:**

1. Mortality rate, under-5 (per 1,000 live births). / The world bank. URL: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=SH.DYN.MORT> (дата звернення: 07.11.2020).

**Науковий керівник: М. С. Широкопетлева,**  
Харківський національний університет радіоелектроніки



**Т. К. Михневич**

*студентка факультету Комп'ютерних наук,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

**О. О. Мазурова**

*к.т.н., доцент кафедри Програмної інженерії,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

## **РОЗШИРЕННЯ НЕТЕМПОРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ДАНИХ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ТЕМПОРАЛЬНОСТІ УРЕЛЯЦІЙНИХ СУБД**

Темпоральні дані – це довільні дані, які пов'язані з певними датами або проміжками часу [1]. Існує безліч прикладних областей, де потрібно не тільки відновлення попередніх станів баз даних (БД) на певну дату в минулому, аде й створення станів БД на момент часу в майбутньому (завдання планування). Прикладами таких областей можуть бути область фінансів (тут необхідна історія зміни даних ринку), страхування (важливі періоди дії поліса), медицини (записи про пацієнта та його призначення прив'язані до часу) та інші.

На практиці дуже важко знайти програми, які б не оперували темпоральною інформацією. При цьому найчастіше темпоральні можливості в таких додатках розглядаються як окремі (спеціальні), незважаючи на те, що темпоральність повинна бути інтегрованою частиною самої моделі даних, на якій створюються ці додатки. Але, навіть, мова запитів SQL не має адекватної і ефективної підтримки темпоральних даних. Тому майже у всіх БД підтримка роботи з такими даними забезпечується зусиллями програмістів. Темпоральні принципи в таких додатках використовуються неефективно та мають наступні недоліки: неекономне використання дискового простору; низька ефективність взаємодії з темпоральними об'єктами; погана розширюваність БД; висока трудомісткість розробки БД; складність підтримки цілісності даних та доступу до них.

Можна виділити декілька способів реалізації підтримки темпоральності: реалізація темпоральної підтримки на рівні додатку, на рівні самої БД

(наприклад, визначення таких нових структур даних як набір інтервалів часу, і, відповідно, операцій обчислення в рамках цих структур), розширення нетемпоральної моделі даних [2]. Два перших підходи не передбачають будь-яких змін в системах управління БД (СУБД) і можуть бути реалізовані розробником прикладного додатку. Останній підхід може бути реалізований тільки за рахунок змін в СУБД. Перспективним підходом до рішення проблеми темпоральності є її підтримка на рівні самої БД.

Таким чином, була поставлена задача розширити нетемпоральну модель даних для підтримки темпоральності у реляційних СУБД за рахунок введення додаткових темпоральних структур, що б надало розробникам уніфіковану модель, яка не потребує додаткових рішень на рівні програмних додатків.

Отже, в реляційних БД (РБД) кожен запис може бути сприйнятий як факт. Для кожного такого факту можна вказати *модельний*, або *дійсний (valid)*, час, тобто проміжок часу актуальності цього факту. Значеннями цього типу часу можуть бути моменти часу як в минулому, так і в майбутньому. Крім того, у будь-якій СУБД кожному запису БД можна увідповіднити *транзакційний* час - час, коли запис був представлений в БД, тобто проміжок часу між моментами додавання запису і його видалення з БД. Операція оновлення сприймається як складова операція видалення старого запису і додавання нового. Значення транзакційного часу не може стосуватися майбутнього. Мітки транзакційного часу надають інформацію про час зміни даних або виправлення помилок, а часові мітки дійсного часу зберігають інформацію про зміну деяких параметрів світу, що моделюється. Отже, модельний і транзакційний час є ортогональними один одному (див. рис.1).

Традиційну модель даних можна описати наступним чином:

$$M=(D,O,C),$$

Де D – дані, O – операції, C – обмеження цілісності.

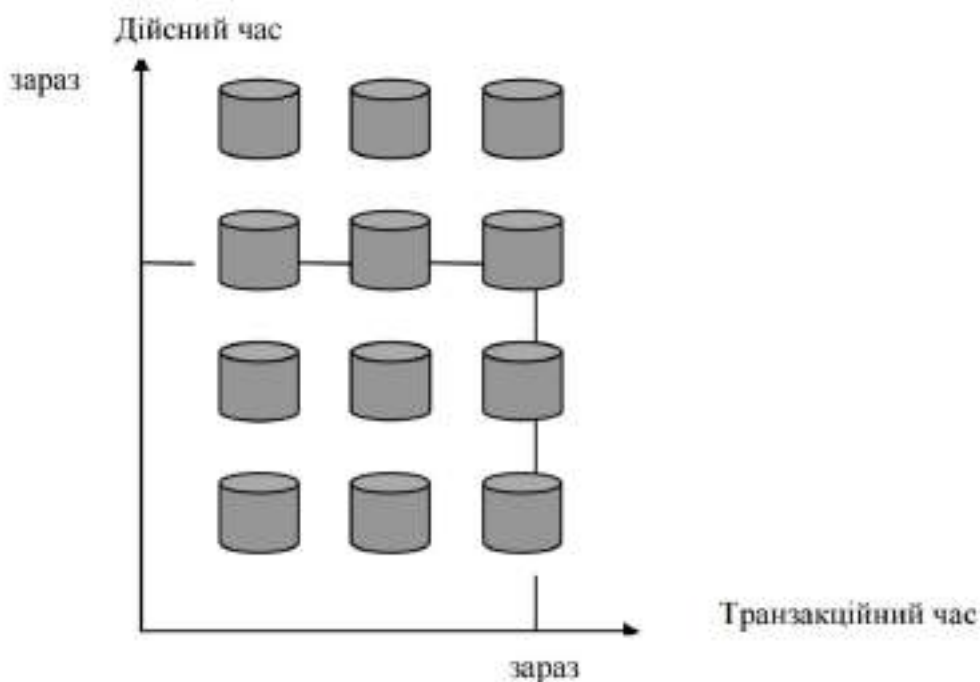


Рис. 1. Взаємовідношення між дійсним та транзакційним часом

Математична модель розширеної темпоральної моделі буде складатися з тих самих компонентів, але всі вони будуть залежати від часу:

$$MT = (DT, OT, CT).$$

Для додання темпоральності в опис була використана відкрита модель з абстрактним ідентифікатором об'єкта (Object Abstract Identify, AOID) [3]. Ця модель дозволяє будь-який об'єкт уявити у вигляді реляційного відношення. Життєвий відрізок об'єкта описується через життєві відрізки всіх його властивостей, визначених у різних відношеннях, що мають часові атрибути  $T_{start}$  і  $T_{end}$ , та визначають відповідно час початку і закінчення життєвого відрізка.

Передбачається, що об'єкт  $O$  темпоральної системи характеризується унікальним абстрактним ідентифікатором  $OID$  і набором властивостей  $A$  і може бути представлений у вигляді:

$$O = (OID, A).$$

У свою чергу набір властивостей  $A$  можна розділити на дві підмножини: множина статичних властивостей  $A^s$ , що не змінюється з часом, та множина динамічних властивостей  $A^d$ , що змінюються з часом, при цьому:

$$A = A^s \cup A^d, A^s \cap A^d = \emptyset.$$

Загальний вигляд моделі темпоральних даних з абстрактним ідентифікатором об'єкта представлено у вигляді ER-діаграми (див. рис. 2).

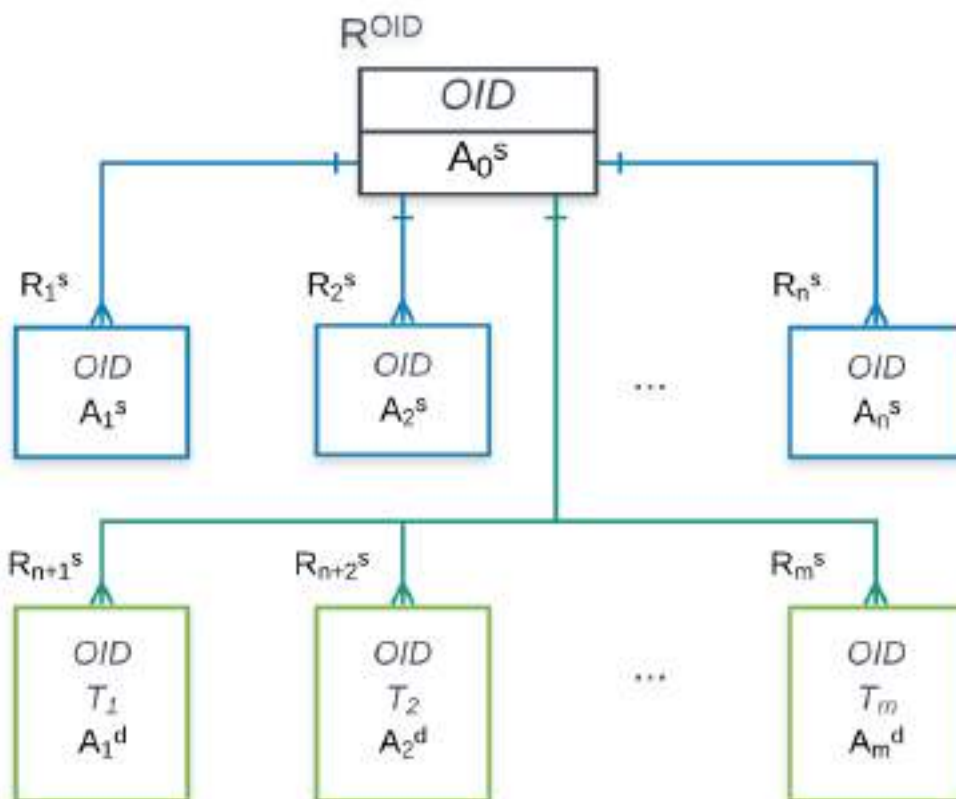


Рис. 2. ER-діаграма AOID моделі даних

Оскільки значення атрибутів у реляційних СУБД повинні бути атомарними, то для представлення статичних та динамічних атрибутів одного реляційного відношення недостатньо. Подамо об'єкт  $O$  у вигляді сукупності взаємопов'язаних реляційних відношень:

$$O = (R^{OID}, R_1^s, R_2^s, \dots, R_n^s, R_1^d, R_2^d, \dots, R_m^d),$$

де  $R^{OID} = R^{OID}(OID, A_0^s)$  – батьківське відношення, що описує абстрактний ідентифікатор об'єкта  $OID$  та включає множину статичних атомарних атрибутів об'єкта  $A_0^s$ .  $OID$  – ключ відношення  $R^{OID}$ ;

$R_1^s, R_2^s, \dots, R_n^s$  – дочірні відношення, що описують статичні властивості об'єкта  $A^s$ ;

$R_1^d, R_2^d, \dots, R_m^d$  – дочірні відношення, що описують дискретно змінні у часі динамічні атрибути об'єкта  $A^d$ , та мають схеми виду:

$$R_i^d = R_i^d(OID, A_i^d, T_i), i=1,2,\dots,m,$$

де  $T_i$  – вектор атрибутів часу, що є в залежності від темпоральної форми або дійсним (VT, ValidTime), або транзакцій ним (TT, TransactionTime), або обома вимірами відразу,  $T_i \subseteq T, T = \{t_{start}^{VT}, t_{start}^{TT}, t_{end}^{VT}, t_{end}^{TT}\}$  – множина атрибутів часових вимірів.

Таким чином, у результаті роботи було побудовано модель для організації темпоральних даних у реляційних СУБД. Традиційна нетемпоральна модель даних розширена за рахунок введення додаткових темпоральних структур. Модель була розроблена у рамках підходу, який передбачає зміни на рівні БД та не потребує додаткових рішень на рівні програмного додатку або СУБД. Перевага запропонованої моделі полягає в тому, що метод доступу до інформації та базова структура даних залишаються без змін. На основі даної моделі буде проводитися подальше дослідження та порівняння її ефективності з рішеннями на базі програмних додатків під час отримання темпоральних статистик та інших операцій.

#### **Список використаних джерел:**

1. Костенко Б.Б., Кузнецов С.Д. История и актуальные проблемы темпоральных баз данных. URL: <http://citforum.ru/database/articles/temporal/> (Дата звернення: 05.11.2020)
2. Балдин А. В., Елисеєв Д. В., Агаян К. Г. Обзор способов построения темпоральных систем на основе реляционной базы данных URL: <http://technomag.edu.ru/doc/441884.html> (Дата звернення: 07.11.2020)
3. Date C.J., Hugh Darwen, Nikos A. Lorentzos. Temporal Data and the Relational Model: A Detailed Investigation into the Application of Interval and, Relation Theory to the Problem of Temporal Database Management. Morgan Kaufmann, December, 2002. 480 p

**А. О. Набока**

*магістрант факультету Комп'ютерних наук,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ACID ТРАНЗАКЦІЙ ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ**

Бази даних (БД) стали невід'ємною частиною сучасних додатків, а в деяких – центральним елементом. БД використовуються в невеликих специфічних додатках, так і в додатках з мільйонами користувачів. Разом зі збільшення популярності БД, збільшувався і об'єм самих даних, що потрібно зберігати. Наприклад, банки та інтернет-магазини зберігають мільйони записів про дії їх користувачів та цих даних з кожним днем стає все більше. Саме тому постає проблема масштабування великих БД задля забезпечення адекватної швидкості відповіді додатку.

Існує два основних методи масштабування БД – горизонтальне, що передбачає розбиття БД на більш дрібні структурні компоненти та рознесення їх на кілька об'єднаних мережею фізичних серверів, та вертикальне, що включає в себе збільшення ресурсів єдиного сервера БД. Але в умовах значного збільшення інформації останній метод перестає бути ефективним, оскільки потребував би недосягнених ресурсів. Саме тому у більшості випадків використовується саме горизонтальне масштабування.

Однак горизонтальне масштабування має кілька викликів, основний з яких – забезпечення ACID транзакційності в такій БД [1]. Транзакції є невід'ємною частиною більшості додатків: переказ коштів, збереження замовлення і т.д. Однак, через те, що дані можуть знаходитися на різних фізичних серверах, неможливо забезпечити транзакційне збереження даних, бо мережеві протоколи самі по собі її не підтримують. Найбільш складно реалізувати атомарність транзакції, а також узгодженність всіх серверів.

Історично першими з'явилися рішення підтримки транзакцій на рівні програмного додатку [2], і досі такі рішення можуть виявитися ефективними для певних задач. Іншим популярним підходом є рішення на рівні серверу БД, наприклад, розгортання розподілених БД є використання так званих NoSQL СУБД [3]. За своєю природою NoSQL бази даних працюють швидше та краще масштабуються, ніж класичні SQL бази даних, бо в них немає специфічної схеми даних та фізичних зв'язків між сутностями, отже немає необхідності підтримувати цілісність посилань зовнішніх ключів. Однак, такі NoSQL бази даних зазвичай підтримують транзакційність лише на рівні одного запису, отже в них немає можливості проводити транзакції над даними, що знаходяться на різних фізичних серверах. Останнім часом все більшої популярності набуваються NewSQL бази даних [4], що з одного боку поєднують в собі реляційну модель класичних БД та підтримують мову запитів SQL, а з іншого можуть легко масштабуватися, що властиво NoSQL базам даних.

Таким чином, була поставлена задача провести аналіз сучасних методів реалізації транзакцій за принципом ACID для горизонтально розподілених баз даних, де транзакція повинна одночасно фіксуватися на кількох вузлах кластеру, та розробити рекомендації щодо вибору такого методу відповідно до типу задач, що вирішуються.

Першим методом для дослідження була обрана реалізація транзакційності на рівні додатку, а саме за допомогою найбільш популярного шаблону [Two-phase-commit](#) (див. рис. 1) [2]. В його основі стоїть прошарок між додатком та БД, який реалізує розподілену транзакцію в два кроки: перевірка, чи може транзакція бути зафіксована для всіх вузлів кластеру, а потім, у випадку позитивного результату, безпосередньо ізольована фіксація транзакції на всіх вузлах. Основною перевагою цього методу є незалежність від типу БД та можливість повної кастомізації транзакційної системи під потреби додатку.

Оскільки більшість NoSQL БД не підтримують ACID транзакційність для кількох записів, розробникам додатків доводилося шукати інші інструменти транзакційності. На сьогодні розробники багатьох NoSQL СУБД вже додали

підтримку ACID-подібних транзакцій для своїх продуктів. Отже було вирішено дослідити ефективність вбудованих інструментів транзакцій в NoSQL базах даних. Для дослідження була обрана NoSQL СУБД MongoDB, яка є найбільш поширеною серед свого виду, має велику кількість вбудованих інструментів та дуже динамічно розвивається.

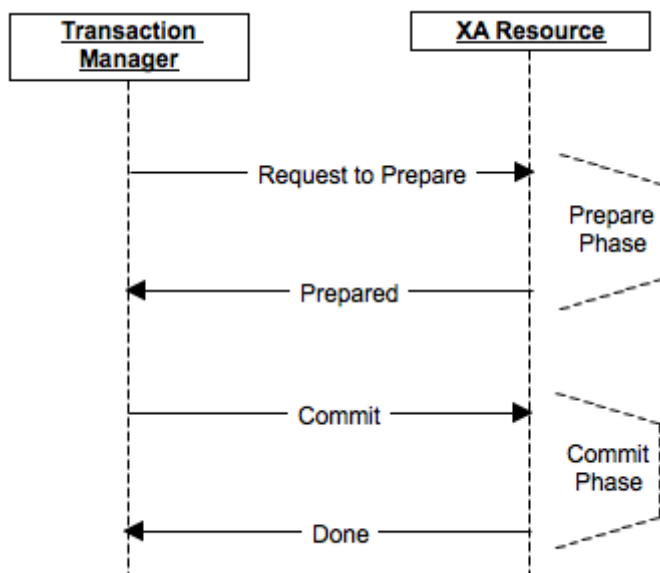


Рис. 1. Ілюстрація роботи шаблону Two-phase-commit

І останнім методом для дослідження було обрано найбільш новітній підхід використання NewSQLБД. Даний тип БД поки що не є досить популярним, але вартий дослідження, оскільки NewSQL бази створювалися саме для поєднання класичної мови SQLзії ACID транзакціями та можливостей вбудованого масштабування БД. Для дослідження обрана СУБД VoltDB, оскільки вона є досить популярною, має детальну документацію та інтегрована з багатьма мовами програмування.

Для дослідження вирішено взяти спрощену схему БД в актуальній області електронної комерції, бо саме в ній дуже часто постають питання масштабування БД та виконання ACID-транзакцій. БД міститиме дані про покупців, товари, їх категорії, замовлення покупцями товарів. На даній схемі БД буде досліджуватися, як перший підхід, так і підхід на базі NewSQL,



оскільки вона також використовує реляційну модель даних. Для MongoDB дані будуть зберігатися у JSON-подібному форматі (див. рис. 2).

```
Categories
{
  "id": "ObjectId",
  "name": "string"
}

Products
{
  "id": "ObjectId",
  "name": "string",
  "description": "string",
  "quantity": "number",
  "price": "number",
  "category": "ObjectId",
  "properties": [{
    "name": "string",
    "value": "string"
  },
  ...
]
}

Customers
{
  "id": "ObjectId",
  "first_name": "string",
  "last_name": "string",
  "email": "string",
  "phone_number": "string",
  "address": "string"
}

Orders
{
  "id": "ObjectId",
  "creation_date": "Date",
  "is_approved": "boolean",
  "customer": {
    "id": "ObjectId",
    "email": "string"
  },
  "items": {
    "product_id": "ObjectId",
    "product_name": "string",
    "ordered_quantity": "number"
  }
}
```

Рис. 2. ПрикладJSON схеми бази даних

Всі ці підходи перевірялися на відповідність принципам ACID, деокрема увага приділялася першим двом принципам атомарності та узгодженості (дані, змінені цією транзакцією, можуть бути одразу запитані) транзакцій, а також буде вимірюватися ефективність кожного підходу за наступними метриками:

а) швидкість виконання розподілених транзакцій для змінної кількості даних, шардів і реплік у кластері та змінної кількості одночасних підключень до БД;

б) швидкість виконання запитів для читання великих даних – від десяти тисяч записів у кожній таблиці/колекції – включаючи складні запити з об'єднанням таблиць/колекцій та використанням агрегатних операцій, а також при змінній кількості шардів і реплік у кластері;

в) кількість споживаних ресурсів серверу при змінній кількості даних, шардів і реплік у кластері та змінній кількості одночасних підключень до БД – місце на постійному носії, споживання оперативної пам'яті та процесорного часу.

Під час дослідження методи перевірялися на даних різного порядку, зокрема: 10 000 – 50 000, 100 000 – 500 000, 1 000 000 записів у кожній таблиці/колекції.

Таким чином, було проведено аналіз, обрано методи для дослідження, а також побудовано план дослідження, що визначає предметну область електронної комерції для розподіленої БД; структуру БД; об'єми даних для досліджень; показники ефективності для оцінки рішень, що досліджуються.

Після серії експериментів було розроблено рекомендації щодо ефективності використання того чи іншого підходу в залежності від кількості даних та їх росту; кількості користувачів та їх росту; від наявних фізичних ресурсів – серверів баз даних; від часу, який доступний для реалізації транзакційності.

#### **Список використаних джерел:**

1. Database Scaling : Horizontal and Vertical Scaling. URL: <https://hackernoon.com/database-scaling-horizontal-and-vertical-scaling-85edd2fd9944>.
2. Teresa Kwamboka Abuya. Handling distributed transaction failures: A practical approach. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016, 500 p.
3. Kristina Chodorow. Scaling MongoDB: Sharding, Cluster Setup, and Administration. O'Reilly Media, 2011, 66 p.
4. NewSQL databases: The bridge between SQL and NoSQL URL: <https://searchdatamanagement.techtarget.com/feature/NewSQL-databases-The-bridge-between-SQL-and-NoSQL>.
5. Distributed transactions and why you should care URL: <https://towardsdatascience.com/distributed-transactions-and-why-you-should-care-116b6da8d72>

**Науковий керівник: О. О. Мазурова**, к.т.н.,  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**М. О. Пітюкова**  
*студентка кафедри Програмної інженерії,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

**ПРО ПІДХІД ДО РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ ПОБУДОВИ  
МАРШРУТІВ З УРАХУВАННЯМ ПЕРЕВАГ І ОБМЕЖЕНЬ  
КОРИСТУВАЧА**

В наш час, в умовах глобалізації безперервно йде процес розвитку геоінформаційних технологій, які застосовуються в різних сферах діяльності. Застосування навігації в цих сферах часто ставить перед собою питання про вибір відповідної системи побудови маршруту з урахуванням необхідних чинників.

Однак, в більшості випадків розробка маршруту стикається з проблемою нестачі часу на дослідження місцевості, відсутність попередньої організації. Тому завдання вибору маршруту, що задовольняє індивідуальним конкретним вимогам людини, дуже актуальна, як з огляду на широкого кола зацікавлених в її вирішенні осіб, так і за браком діючих програм, здатних вирішити цю задачу. Проте, в більшості випадків розробка маршруту стикається з проблемою нестачі часу на дослідження місцевості, відсутність попередньої організації. Тому завдання вибору маршруту, що задовольняє індивідуальним конкретним вимогам людини, дуже актуальна, як з огляду на широкого кола зацікавлених в її вирішенні осіб, так і за браком діючих програм, здатних вирішити цю задачу.

Робота присвячена визначенню вимог для системи, яка дозволила би автоматизувати процес створення маршрутів для подорожей у рамках міста. Тобто рішенням даного програмного продукту повинно бути отримання згенерованого індивідуального маршруту на кожен день подорожі згідно із заданими параметрами з можливістю його подальшого редагування, включаючи додавання, видалення та переміщення пунктів та можливістю ознайомлення з детальною інформацією про місця для відвідування.

Однією з основних задач системи є генерація маршрутів за побажаннями та обмеженнями користувачів, а також ранжування згенерованих маршрутів за вимогами користувачам. Тому слід визначити критерії, які необхідно врахувати при генерації та оцінці маршрутів.

Турист має обмеження в часі, тому одним з важливих чинників при побудові є обмеження за часом: це може бути загальний час, необхідний для здійснення усієї подорожі чи обмеження по часу початку або закінчення подорожі.

Не менш значиму роль грає цікавість маршруту. Тобто другий фактор - це зміст маршруту, а саме сукупність всіх, пам'яток та інших цікавих місць, які входять до складу маршруту, з урахуванням їх релевантності для конкретного туриста. Під релевантністю буде розумітися чисельне вираження відповідності до побажань користувача – функція корисності.

Третім важливим критерієм буде довжина маршруту. На скільки протягну дистанцію готовий подолати турист при обході різних пам'яток.

Для людей з особливими потребами існують спеціально адаптовані до особливих потреб готелі, музеї, якісь будівлі, окремі зони, тощо. І враховуючи ці обмеження можна визначити місця з наявною інфраструктурою та побудувати маршрут, який буде містити доступні для такої категорії місця. І цей критерій повинен бути визначним при врахуванні обмежень користувача.

Таким чином, можна визначити обов'язкові та додаткові критерії, які можуть бути враховані при генерації маршруту:

- а) місто, в якому здійснюється подорож;
- б) дата та час початку мандрівки;
- в) дата та час завершення мандрівки;
- г) типи розваг, місць, які можуть бути цікавими для користувача
- д) наявність та тип обмежень.

Наступні критерії є необов'язковими при створюванні маршруту:

- а) максимальна кількість визначних місць, які можна включати в один день подорожі;

б) довжина маршруту (кілометраж);

в) тривалість.

На підставі визначених критеріїв можна визначити місця для відвідування, а далі запропонувати алгоритм знаходження шляху між визначеними точками.

В якості алгоритму для побудови маршруту пропонується використовувати алгоритм  $A^*[1]$ , в зв'язку з тим, що даний алгоритм можливо використовувати для пошуку найкращого шляху в реальних умовах, а критерієм вибору шляху вважатимемо оцінку часових витрат на проходження шляху з урахуванням заздалегідь введених обмежень, тобто до безлічі можливих місць відвідування (вершин) потрапляють лише ті, які задовольняють вимогам користувача.

Таким чином, запропонований підхід до створення програмної системи, основною функціональністю якої є генерація, створення та редагування туристичних маршрутів, перегляд детальної інформації про визначні місця та їхнього рейтингу, а також написання відгуків та оцінювання як місць, так і маршрутів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Кормен Т. Алгоритмы. Построение и анализ, 3-е издание. М.: Издательский дом «Вильямс», 2015. 1328 с.

**Науковий керівник: М. С. Широкопетлева,**  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**Л. М. Соловей**  
*магістрант факультету Комп'ютерних наук,  
Харківський національний університет радіоелектроніки*

## **ВЕБ-СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ РИБ**

Взявши до уваги досвід у сфері аквакультури найбільш розвинених європейських та азійських держав сьогодні Україна формує нові засади розвитку вітчизняної аквакультури. Суть її полягає у запровадженні ефективних ринкових механізмів виробництва та застосування новітніх ефективних технологій [1, с.7].

Епізоотична ситуація в світі по вірусним захворювань риб має тенденцію до глобалізації. А пов'язано це з тим, що багато іхтіовірусологічних лабораторій вельми обмежені в своїх можливостях. На даний момент поширена розробка систем, що направлені на науковий аналіз захворювань людини. Одна з найпоширеніших із них міжнародна комп'ютерна програма WHONET для моніторингу антибіотико-резистентності. Також існують системи для контролю інфекційних захворювань [1, с.3], але всі вони працюють в межах однієї організації. В таких випадках повну епізоотологічну картину, навіть в межах однієї країни, отримати важко.

Таким чином, була поставлена задача створення веб-системи для реєстрації та обліку захворювань риб, яка б допомогла зберігати відомості про захворювання, рибні господарства та результати досліджень, що в подальшому дасть можливість для повноцінної роботи іхтіовірусологічних лабораторій, дослідних станцій та науково експериментальних лабораторій з моніторингу інфекційних захворювань риб з урахуванням особливостей перебігу, поширення та причин інфекційних захворювань в дослідних господарствах.

Під час аналізу цільової аудиторії було сформульовано функціональні та нефункціональні вимоги, котрим повинний відповідати майбутня веб-система, а саме:

- відображати данні про господарство, рибу, місця відлову та інше;
- підтримувати процес реєстрації методів дослідження;
- підтримувати процес реєстрації та обліку інфекційних захворювань, а також додавання, редагування та вилучення інформації з бази даних;
- підтримувати пошук та фільтрацію даних;
- підтримувати процес проведення досліджень в рибних господарствах;
- підтримувати процес аналізу отриманих результатів дослідження на базі даних з довідників та формування рекомендацій щодо ліквідації інфекційного процесу;
- підтримувати підготовку та друк супроводжувальних звітів.

На базі проведеного аналізу та концептуального моделювання предметної області було спроектовано реляційну базу даних (див. рис. 1). В основних таблицях БД зберігаються дані про господарства, місця відлову, дослідну рибу, лікування та результати лікування. Саме вони використовуються для реєстрації надісланого матеріалу, а подальшому ця інформація застосовується для аналізу благополучності господарства. В таблицях «Методи», «Результати\_методів», «Вид\_риб» зберігається інформацію щодо методичних рекомендацій, необхідних під час проведення досліджень. Довідникові таблиці «Довідник», «Лікування\_довідник», «Збудник» зберігають нормативні дані для порівняння з дослідними даними та формування рекомендацій [2, с.13; 3, с.8].

Було розроблено архітектуру веб-додатку, яка складається з трьох основних компонентів: клієнтської частини, серверної та бази даних. Серверна частина реалізована на мові PHP, база даних реалізована за допомогою системи управління базами даних MySQL.

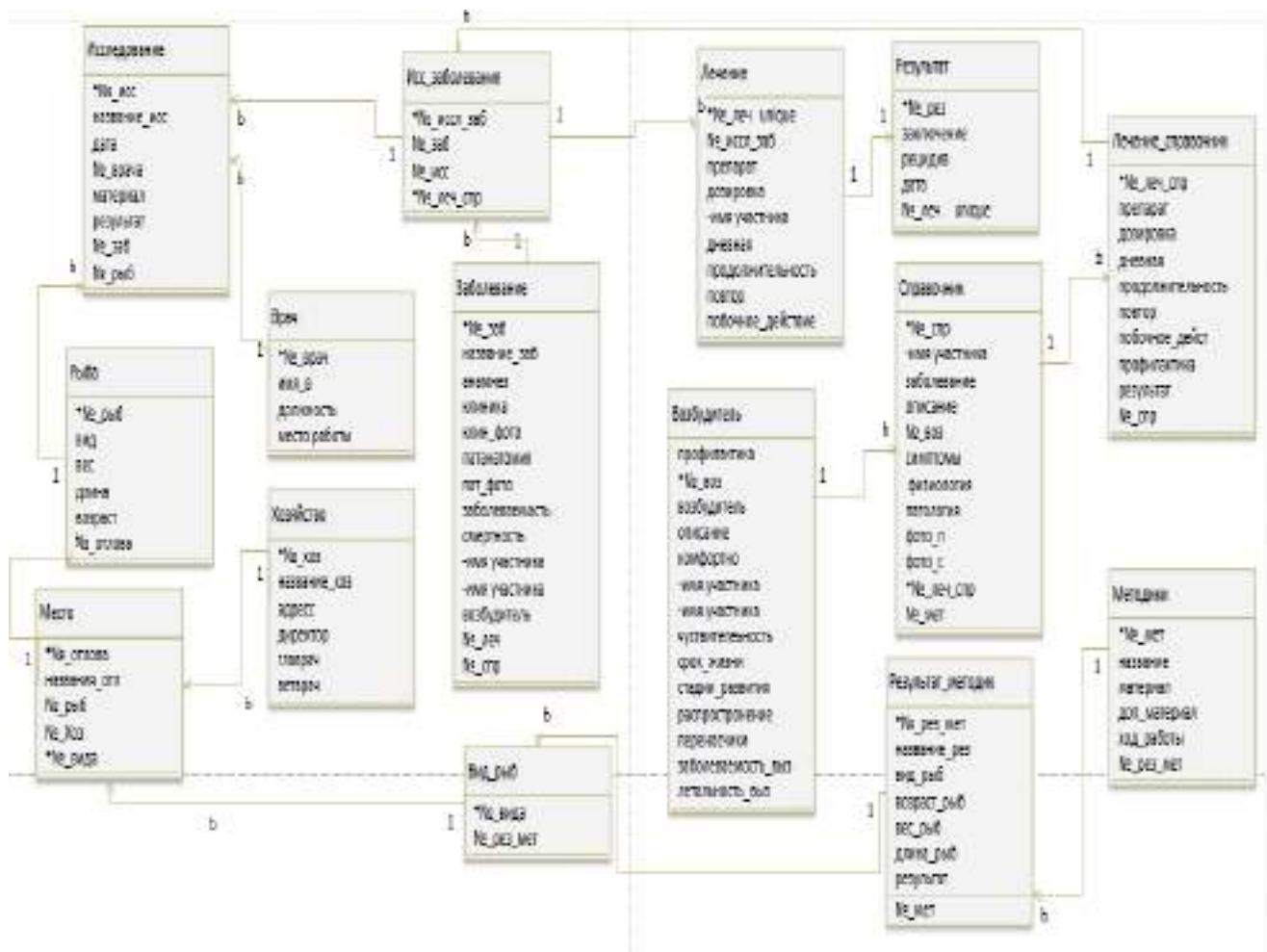


Рис.1. Схема бази даних

Було створено веб-сродок, яка дозволяє проводити облік даних та підтримує процес проведення досліджень інфекційних захворювань в рибних господарствах, а саме:

- вдосконалює моніторинг інфекційних захворювань з урахуванням особливостей перебігу, поширення та причин інфекційних захворювань в дослідних господарствах, що в свою чергу підвищить ефективність лікувальних заходів;
- надає інформаційну підтримку ветеринарної експертизи в підозрілих рибних господарствах та ветеринарно-санітарних заходів під час виникнення захворювання в неблагополучних господарствах;
- забезпечує методичні рекомендації під час дослідження, що підвищують вибір ефективного методу і прискоренню діагностики;



- дозволяє порівнювати результати дослідження з нормативними даними, що дозволяє швидше виявити патологічні зміни в організмі риб та встановлювати діагноз.

В подальшому веб-система буде доповнена можливістю прогнозувати розвиток епізоотичного процесу не лише з урахуванням клінічних, патолого-анатомічних змін в організмі риб, а також з урахуванням коливання температурних показників води і т.д. В результаті дослідної експлуатації системи в її базі даних було збережено методичні рекомендації, які довгий час успішно використовувалися для проведення дослідження в певних лабораторіях. Це, в свою чергу, забезпечить збереження набутого досвіду і дасть можливість вносити зміни в методичні рекомендації під час застосування нових реактивів та інших методологічних змін.

**Список використаних джерел:**

1. Aquatic Animal Health Code / OIE. 17th ed. Paris, France, 2014. 277 p.
2. Wolf K. Fish Viruses and Fish Viral Diseases. Cor-nell University Press, Ithaca, NY, USA, 1988. 476 p.
3. Fijan N. Spring viremia of carp and other viral diseases of warm-water fish. In: Woo PTK, Bruno DW, editors. Fish diseases and disorders. Vol. 3. Oxon: CAB International; 1999. pp. 177–244.

**Наукові керівники: О. О. Мазурова, к.т.н, В. В. Голян, к.т.н,**  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**І. М. Хрипунов<sup>1</sup>, М. С. Широкопетлева<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>студент кафедри програмної інженерії, <sup>2</sup>старший викладач кафедри програмної інженерії,*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

## **ВИКОРИСТАННЯ СМАРТ-ДЕВАЙСУ В ПРОГРАМНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В МЕЖАХ МІСТА**

Використання різних сервісів для транспортних засобів набуває все більшої популярності. А для підвищення рівня автоматизації обслуговування різних видів транспортних засобів пропонується розглянути можливості використання смарт-девайсу на різних типах автомобільних сервісних станцій (СТО, заправки, автомийки тощо). Для того, щоб досягнути цієї мети, необхідно дослідити наступні питання:

1. Які задачі повинен вирішувати смарт-девайс?
2. Який Smart-девайс необхідний для вирішення даної проблеми?
3. Як повинен функціонувати смарт-девайс в межах вирішення вищезазначеного завдання?
4. Яким чином повинен бути розташований та запрограмований смарт-девайс для вирішення поставленої задачі?

Перш за все, необхідно визначити, які саме задачі ми плануємо вирішити за допомогою використання смарт-девайсу на установах для обслуговування транспортних засобів. Адже, базуючись на задачах, ми зможемо правильно обрати відповідний тип девайсу.

Досить часто виникають ситуації, коли автомобілю терміново потрібно обслуговування, а на найближчих сервісних станціях немає вільних місць. Отож, нам необхідно вирішити проблему оповіщення водія про кількість вільних місць на тій чи іншій установі для обслуговування авто.

Для вирішення поставленої задачі найкраще підходить такий смарт-девайс, як датчик наближення. Адже саме він допоможе вирішити вищезазначену проблему.

Датчик наближення повинен реагувати на те, що до сервісної станції прибув автомобіль і надавати цю інформацію водіям, які знаходяться в пошуку станції для обслуговування. На рис. 1. зображена діаграма діяльності смарт-девайсу.



Рис. 1. Діаграма діяльності смарт-девайсу для сервісів

В середньому, для того, щоб автомобіль проїхав повз датчик з мінімальною швидкістю в 5 кілометрів за годину, йому необхідно витратити 10 секунд. Саме тому, для того, щоб захистити водія від неправильної інформації, датчик починає виконувати свої функції тільки через цей проміжок часу після того, як він був перекритий автомобілем і за умови, що протягом усього цього часу датчик був перекритий.

Для того, щоб реалізувати наступну поведінку датчика наближення він повинен бути розташований на сервісних станціях таким чином, щоб коли туди приїжджає автомобіль для обслуговування, то він своїм корпусом накривав датчик, який в свою чергу буде інформувати бажаючих водіїв про те, що дане місце вже зайняте іншим транспортним засобом.

Під час реалізації такої поведінки датчика наближення було обрано мову програмування Swift та фреймворк CoreCityOS, який дає можливість

програмувати для IoT пристроїв. На рис. 2. відображена діаграма класів запрограмованого пристрою.

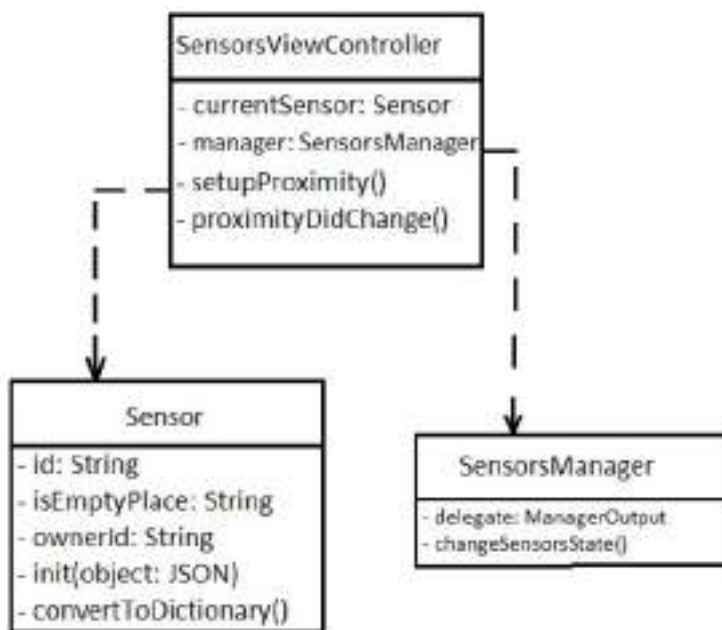


Рис. 2. Діаграма класів смарт-девайсу для сервісів

Було створено головний клас **SensorsViewConotroller**, який відповідає за те, щоб налаштувати режим роботи пристрою та реагувати на наближення до нього якогось об'єкту. Клас **Sensor** виступає об'єктною моделлю даних про відповідний пристрій і зберігає його поточний стан. Також було реалізовано клас **SensorsManager**, єдиною задачею якого є відправка запитів на сервер про те, накритий датчик об'єктом чи ні.

Отож, для вирішення задачі обслуговування транспортних засобів за допомогою смарт-девайсу пропонується використовувати датчик наближення, який буде надавати інформацію водіям про вільні місця на різноманітних станціях обслуговування автомобілів.

#### Список використаних джерел:

1. Arduino: сайт. URL: <https://www.arduino.cc/> (дата звернення: 10.11.2020)
2. Swift for Arduino: сайт. URL: <http://www.swiftforarduino.com> (дата звернення: 12.11.2020)

**A. R. Khrystova**

*Student of Kharkiv National University of Radio Electronics*

## **REACTIVE LIBRARY FOR ANDROID PROGRAMMING RXJAVA.OBSERVER DESIGN PATTERN**

Reactive programming is programming with asynchronous streams of data.

Functional reactive programming is programming with asynchronous streams of data that can be manipulated using various functions.

RxJava is a Java Virtual Machine implementation of Reactive Extensions. Reactive Extension (ReactiveX) as a library for composing asynchronous and event-based programs by using observable sequences. RxJava makes it possible to simultaneously use 2 concepts in development for Android: functional and reactive programming. This programming paradigm is called functional reactive programming (FRP). When using this design approach, the priority of objects is shifted to functions (pure functions), and this is the similarity of the paradigm with functional programming (the main concept is functions). A pure function does not depend on previous state and always returns the same result for the same passed parameters. Pure functions help avoid the problems associated with shared objects, mutable data, and side effects that are common in multi-threaded environments. An important part of RxJava is reactive programming, which means working with events with asynchronous streams of data. Asynchronous programming means executing a process in a non-blocking system call mode, which allows the program thread to continue processing. This means that the main process (program instance) creates a task and transfers its execution to another independent process.

At the moment, the latest version of the framework is RxJava 3, which was released in the spring of 2020. New versions retain support for the old version of Java, which allows using the updated library in older projects, and support for the new version of Java 8 has been added.

RxJava provides:

- a set of classes for representing data sources;

- a set of classes for listening to data sources;
- a set of methods for transforming and combining data (operators).

This reactive library has become the most popular in Android development due to its advantages:

- Implementation in the form of the Observer pattern saves developers from the need to create own implementations of pattern in the code and a priori gets rid of Callback hell.

- Providing multithreading. RxJava allows you to flexibly manage the asynchronous execution of requests, as well as switch the execution of operations to different threads. Besides and importantly for Android RxJava also makes it easy to process the result in the MainThread of the application.

- Data flow control. This allows you to transform data in a stream, apply operations to data in a stream (for example, save their data from a stream to a database), combine several streams into one, change a stream depending on the result of another, and much more.

- Error processing. The framework allows you to handle various errors that occur in the stream, repeat server requests in case of an error, and send errors to subscribers.

RxJava only has some patterns similar to the principles of functional programming. RxJava uses the Observer pattern as its basis. This pattern has two key components: Observables and Observer.

There are two kinds of Observable in RxJava: Hot and Cold.

Cold Observable:

- Does not send data until at least one Observer subscribes to it;
- If the observable has multiple Observers, it will send the entire sequence of objects to each Observer.

Hot Observable:

- Sends objects when they appear, regardless of whether there are Observers;
- Each new Observer receives only new objects, and not the entire sequence that was sent out earlier.

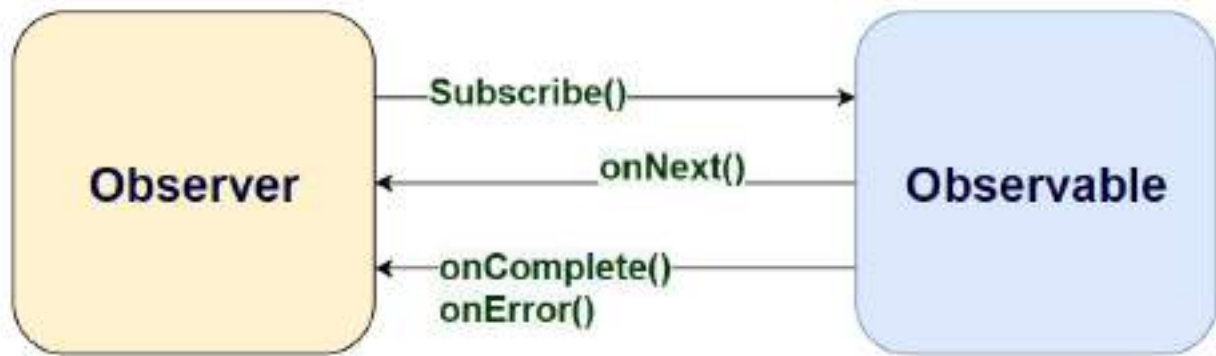


Figure 1. The scheme of patterning Observer

- Observable - represents a Stream-like object that can produce zero or more data, can send an error message, and the rate at which the message is sent is controlled while the dataset is being transmitted.

- Observer - subscribes events related to receiving data from the monitored object and reacts to these events. Observers are notified whenever the Observable sends data. The browser processes the data one by one in a stream.

Thus, the Observable generates the event, and the Observer receives it. In RxJava, the events that an Observable sends to the Observer can be regarded as a stream of data. And the events in this thread are of three types:

- 1) onNext - event of receiving the next portion of data;
- 2) onError - means that either execution of onNext resulted in an exception, or there was a problem on the source side.
- 3) onComplete - the stream completed successfully and there will be no more data.

onComplete and onError are terminal events, which means that no more event will be dispatched from the source if the OnError onComplete events fire. If the Observable throws an error, each subscriber's onError method is called.

Observer, in which we write the code to process the received events, and subscribe to this Observable.

```

Observable <String> myObservable = Observable.from (new String [] {"this", "is",
"example"});
public interface Observer

```

```

{
void onSubscribe(Disposable d);
void onNext(T value);
void onError(Throwable e);
void onComplete();
};
Observer<String> myObserver = new Observer<String>()
{
@Override public void onSubscribe(Disposable d) {}
@Override public void onNext(String value)
{
System.out.println("received data: " + value);
}
@Override public void onError(Throwable e)
{
e.printStackTrace();
}
@Override public void onComplete()
{
System.out.println("Completed successfully!");
}
};
myObservable.subscribe (observer);

```

Observable <String> - this description means that Observable will provide data of type String, i.e. every Next event which it generate will come with a String object. The Observable.from method creates an Observable, which will take data from the specified String array and pass it to recipients.

Observer <String> - the receiver of String data. It expects from Observable to receive events of three types Next, Error and Complete.

Observable is object which will emit the data or notify certain events.

When both objects are created, it remains to subscribe the Observer to the Observable using the subscribe method.

Immediately after subscribing, the Observable will transmit all data to the Observer (to the onNext method) and a signal that the transfer is complete (the onCompleted method).

```

Result:
onNext: «this»
onNext: «is»
onNext: «example»
onComplete

```



This simple example aims to show the interaction between Observable and Observer. The essence of the implemented Observable pattern in RxJava almost does not differ from the classical definition of the pattern, only instead of one object, subscribers use a whole data stream. An Observer can subscribe to a data stream, and then it will receive information about each new element in the stream, about errors that have occurred, and also about the end of the stream. Thus, RxJava is a handy tool for managing requests, threading, and error handling. The RxJava is an implementation of a Reactive Stream specification. You will really appreciate the power of RxJava when you write a thread management program.

### **References:**

1. Arriola, C., 2016. Meet Rxjava: The Missing Reactive Programming Library For Android. [online] Toptal Engineering Blog. Available at: <<https://www.toptal.com/android/functional-reactive-android-rxjava>> [Accessed 25 October 2020].
2. Nield, T., n.d. Learning Rxjava. Birmingham: Packt Publishing Ltd., pp.8-65.
3. Vinogradov, D., 2020. Урок 1. Основы Rxjava. Observable И Observer.. [online] Startandroid.ru. Available at: <<https://startandroid.ru/ru/19-course/rxjava/435-urok-1.html>> [Accessed 25 October 2020].

УДК 621.891

**М. А. Гловин , І. В. Костецький**  
*студенти Аерокосмічного Факультету,  
Національний авіаційний університет*  
**В. В. Харченко**  
*Завідувач лабораторією кафедри МСС,  
Національний авіаційний університет*

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ФРЕТИНГОСТІЙКИХ ПОВЕРХОНЬ**

Досвід експлуатації і ремонту машин і механізмів свідчить, що найбільша кількість виникнення їх несправностей і відмов пов'язано із недостатньою зносостійкістю функціональних поверхонь деталей трибомеханічних систем. В інженерній практиці і практиці трибологічних досліджень як один із найбільш руйнівних видів зношування виділяють зношування при фретинг-корозії. Такого зношування зазнають деталі малорухомих і номінально-нерухомих вузлів і з'єднань, що контактують за умов малих відносин вібраційних переміщень. Важкопередбачуваний характер розвитку і в край негативні наслідки фретинг-корозії, поряд з прогресивним на сьогодні підходом до конструювання машин і механізмів за принципом високої живучості і рівноресурсності з мінімально безпечним запасом міцності, ставить завдання пошуку ефективних методів підвищення фретингостійкості деталей трибомеханічних систем в ряд найбільш важливих напрямків трибологічних досліджень.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Дослідженню фретинг-корозії присвячено велика кількість праць, опублікованих у багатьох періодичних наукових виданнях, в матеріалах науково-технічних конференцій та у ряді монографій. Фретинг-корозія, як вид зношування, відрізняється

різноманітністю форм прояву як за механізмом і характером руйнування поверхонь, так і за наслідками та ступенем її впливу на надійність трибомеханічних систем. Систематизація результатів досліджень, присвячених проблемі боротьби з фретинг-корозією, свідчить, що пошук ефективних заходів підвищення фретингостійкості трибосистем може проводитись у наступних напрямках:

- конструктивними методами з метою попередження відносного вібраційного переміщення контактних поверхонь, або зменшення його амплітуди до безпечної величини;
- підбиранням найбільш сприятливого поєднання матеріалів контактної пари;
- застосування ефективних мастильних матеріалів і способів мащення;
- технологічними методами шляхом зміцнення, поверхневого модифікування, нанесення захисних покриттів.

Найбільш загальними конструктивними методами боротьби з фретинг-корозією є створення надійної напруженої посадки для з'єднань з натягом, збільшення зусиль затягування різьбових з'єднань, створення щільних штифтових, шпонкових та клепаних з'єднань, вибір раціональних конструктивних схем деталей і вузлів. Перша група методів дозволяють збільшити сили тертя в спряженнях та, як результат, знизити відносні переміщення контактних поверхонь. Вибором раціональної схеми конструкції можна досягти суттєвого зниження пошкодження від фретинг-корозії за рахунок оптимізації силових і кінематичних режимів роботи деталей, забезпечення зниження контактних мікропереміщень і місцевих концентраторів напружень. Рекомендується конструювати спряження так, щоб місця концентрації напружень на деталях не співпадали з місцями можливого виникнення фретинг-пошкодження.

Суттєве зниження пошкоджуваності від фретинг-корозії і зменшення її негативного впливу на втомну міцність металів можна досягти вибором

раціонального поєднання матеріалів фретинг-контактої пари [1-4]. Разом з тим можна констатувати, що для металевих матеріалів не існує такого поєднання матеріалів у контактній парі, яке б давало можливість повністю уникнути фретинг-корозії. До того ж, на тепер, не встановлено будь яких універсальних принципів для конструювання стійких до фретинг-корозії спряжень [3].

Як ефективний захід попередження пошкоджень від фретинг-корозії рекомендується забезпечувати відносно проковзування поверхонь при фретингу з мінімальним коефіцієнтом тертя. Це може бути досягнуто використанням різних мастильних матеріалів: рідких, пластичних, твердих. Мащення зменшує силу фрикційного навантаження поверхневих шарів, знижує корозійний вплив зовнішнього середовища, сприяє більш рівномірному розподілу на поверхнях контактних навантажень.

Найбільші можливості для попередження фретинг-корозії дають технологічні методи. Згідно класифікації, поданої авторами [1], до цієї групи відносяться різні способи оброблення контактних поверхонь деталей, які підвищують твердість, корозійну стійкість, попереджають металевий контакт, знижують коефіцієнт тертя, тобто методи, що гальмують розвинення провідних процесів фрикційного руйнування при фретинг-корозії – захоплення, втомно-окиснювальних, корозійно-утомних і абразивних процесів.

Технологічні методи підвищення зносостійкості і втомної довговічності деталей і з'єднань в умовах фретинг-корозії розглядались в багатьох працях. З цією метою застосовувались методи поверхневого пластичного деформування, модифікування поверхонь термодифузійним насиченням різними елементами, електроіскровим легуванням, оброблення поверхонь концентрованими джерелами енергії, нанесення гальванічних, газотермічних і інших захисних покриттів. В галузі триботехнології авіаційного спрямування, особлива увага надається методам підвищення фретингостійкості титанових сплавів і трибоспряжень деталей гарячої частини ГТД.

### Список використаних джерел:

1. Голего Н. Л., Аляб'єв А. Я., Шевеля В. В. Фреттинг-коррозия металлов. Київ: Техніка, 1974. 272 с.
2. Шевеля В. В., Калда Г. С. Фреттинг-усталость металлов. Хмельницький: Поділля, 1998. 299 с.
3. Комплексний підхід до вибору матеріалів пар тертя, що піддаються фреттинг-корозійному зношуванню / О. І. Духота, М. В. Кіндрачук, Н. О. Науменко, Л. Р. Кіндрачук, В. В. Харченко. *Проблеми тертя та зношування*. 2014. №4 (65). С. 19 – 28.
4. Духота О. І., Науменко Н. О., Богач Л. В. Зносостійкість композиційних газотермічних покриттів за умов фреттинг-корозійного зношування. Матеріали для роботи в екстремальних умовах : матеріали V Міжнар. наук. конф., 3-5 грудня 2015 р. Київ: НТУУ “КПІ”. 2015. С. 148 – 150.

**Науковий керівник: М. В. Кіндрачук**, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет

**M. V. Zhyvitskyi**

The student of the Institute of Aerospace Technology,  
National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

## **BASIC CONSTRUCTION MATERIALS APPLICABLE IN MODERN AIRCRAFT INDUSTRY**

In modern aircraft designs various materials are used, but among all these materials aluminum and magnesium alloys, steels of various grades, titanium and its alloys are most widely used. In addition to metallic materials, non-metallic (rubber, plastic and others) are also used. The problem of usage of materials is rather urgent because rightly chosen materials guarantee safety of the flights.

In aircraft manufacturing aluminum is used mainly in the form of alloys. The method of alloying aluminum with other metals (copper, magnesium, manganese, etc.) and the corresponding heat treatment produces alloys which are many times more durable than aluminum.

A large group of high-strength aluminum alloys containing copper as the main alloying ingredient is known in technology as duralumin. The relatively high corrosion resistance of pure aluminum is explained by the presence of an oxide film on its surface. It is quickly formed due to the easy interaction of aluminum with oxygen. Various additives that are brought into aluminum to give it the necessary mechanical properties, violate the uniformity of its surface [1]. That is why the alloys do not have a continuous, dense and congenerical oxide film as pure aluminum, which contributes to the reduction of its corrosion resistance. Depending on the method of production, all aluminum alloys are divided into deformable and casting.

Deformable alloys are produced in the form of semi-finished products: sheets, profiles, panels, pipes, bars, stampings, forgings, wires, etc. Sheets can be clad and non-clad. The cladding method means that an alloy plate is applied of a sheet of pure aluminum on both sides, after which the plate is hot rolled. In this process the

aluminum sheets are welded to the core. Cladding is made to increase corrosion resistance. Casting alloys have different corrosion resistance. The corrosion resistance of casting aluminum alloys depends not only on the composition, but also on the degree of porosity.

Aluminum alloys in aircraft and helicopter engineering are widely used for the manufacture of wings, fuselage and empennage (stabilizers, keels, steering wheels). For these purposes, approximately 60%-90% of aluminum alloys from all alloys used in aircraft structures are consumed. They are also used for the manufacturing of rivets, wheels, landing gears, blades of the rotors, interior fit-out and in aircraft instruments [3].

Due to low mechanical strength and low corrosion resistance, pure magnesium is not used in aircraft industry. Mainly parts made out of casting magnesium alloys are used in aircraft structures. Their big advantage against other alloys is a smaller mass, their density is 1.76-2.00 g / cm<sup>3</sup>, which is about 4 times less than that of steel, and 1.5 times less than that of aluminum alloys. The housings of compressors, blowers and instruments, crankcases of oil pumps and their covers, parts of air wheels (brake drums, pads, flanges, brake housings, etc.), steering wheels, control columns, trusses of landing gears, brackets, flashlight frames, windows, hatches, seats and many other parts of aircraft and aircraft engines are cast from magnesium alloys [2].

Different types of steel are used in the aircraft industry. According to their corrosion resistance under atmospheric conditions, they can be divided into two groups.

- 1). Carbon kinds of steel with low corrosion resistance. They are used for manufacturing of low-loaded and medium-loaded parts of airplanes, helicopters and engines (pipelines, gaskets, bushings, bolts, angle pieces, brackets, washers, plugs, elements of engine mount frames of light aircraft etc.). This group also includes low-alloyed kinds of steel. They are used for manufacturing of landing gear legs, shelves and belts of the spars and center wings, welded trusses of the fuselage and engine mount frames, joints of the wings, etc.

2). High-alloyed kinds of steel with relatively high corrosion resistance. They are used for manufacturing of parts of the turbine nozzle vane assemblies, engine manifolds, hot gas communication systems of turbochargers, exhaust tubes, etc. Titanium and its alloys have a very valuable set of properties – high strength and less density than steel. Besides, they have high corrosion resistance and do not need protection against corrosion in atmospheric conditions, river and sea water and in other aggressive corrosive media.

High physical and mechanical properties of titanium and its alloys make them an indispensable structural material for the manufacturing of some parts and vital components of modern aircraft. Especially widely titanium alloys are used in the structures of aircraft engines.

So, such materials are used in modern aircraft industry: aluminum and its alloys, carbon kinds of steel, high-alloyed kinds of steel, titanium and its alloys. These materials are corrosion resistant and durable. Their properties make the flights safe and allow the aircraft to serve a long period of time.

#### **References:**

1. Denker I.I., Vladimirskii V.N. The technology of painting of aircraft and helicopters of civil aviation. *Mashinostroyeniye*. 1998. 128 p.
2. Korovskii Sh.Ya. Flying metals. *Mashinostroyeniye*.1967. 256 p.
3. Mutylina I. N. Materials Science. Non-ferrous metals and alloys based on them. Training and methodology complex. *Publishing House «Progress»*. 2017. 160 p.

**Науковий керівник: В. В. Сухов**, д.т.н., професор,  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»



УДК 338.47:658.5

*В. В. Аврамчук, В. В. Гелетчук*  
*студенти Факультету транспорту, менеджменту та логістики,*  
*Національний авіаційний університет*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АВІАЦІЙНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ**

Розвинена авіаційна галузь сприяє підвищенню інвестиційної привабливості країни і розширенню можливостей для діяльності на її території міжнародних компаній.

Авіаційний транспорт позитивно впливає на розвиток туристичного бізнесу та міжнародної торгівлі. Сьогодні більше 52 % міжнародних туристичних подорожей здійснюються саме повітряним транспортом.

Авіаційний транспорт також забезпечує надзвичайно швидку доставку цінних та швидкопсувних товарів до місця призначення, чим зумовлюється його широке використання великими провідними міжнародними логістичними компаніями.

Галузь подорожей та туризму стала однією з найбільших жертв COVID-19. Перші рішення, які обрали уряди країн у зв'язку з пандемією, стосувалися саме закриття пасажирського авіасполучення і кордонів для іноземців. Тому мільйони людей в світі змушені були скасувати відпустки або робочі поїздки і повертати квитки [1]. Зокрема, аеропорт «Бориспіль» через падіння кількості пасажирських перевезень у 2019-2020 р.р. (рис. 1) змушений був відправити 70% своїх працівників в простий, а збитки через карантин там оцінюють в 380 млн грн (\$ 13,9 млн) в місяць. Також з рис. 1 видно, що у 2020 р. вперше спостерігалось перевищення кількості пасажирів на внутрішніх рейсах країни у порівнянні з міжнародними.



Рис. 1. Реальні об'єми пасажирських авіаперевезень з 2017 по 2020 роки

За січень – вересень 2020 року обсяги пасажирських перевезень українських авіакомпаній зменшилися порівняно з відповідним періодом минулого року на 64,7% та склали 3769,8 тис. осіб, у т.ч. міжнародні – на 65,4% та склали 3380 тис. осіб.

Пасажиropотоки через аеропорти України скоротилися на 62,9% та становили 6857,5 тис. осіб, у т.ч. у міжнародному сполученні – на 63,7% та становили 6063,6 тис. осіб. Упродовж січня – вересня 2020 року українськими авіакомпаніями виконано 33,5 тисяч комерційних рейсів (скорочення порівняно аналогічним періодом минулого року – на 58%), у т.ч. міжнародних – 26,7 тисяч (скорочення – на 60,1%).

В області вантажних авіаперевезень в усьому світі спостерігається зниження попиту на 15%. Так, скасування пасажирських рейсів вплинуло на вартість послуг доставки вантажів, оскільки більшість з них раніше доставлялися пасажирськими літаками. Вантажних літаків немає практично ні в одній авіакомпанії світу через дуже високу собівартість. Таким чином, тарифи підвищилися більш ніж в 2 рази: раніше - 4 дол / кг, зараз же стартують від 11 дол / кг. [3]. Також спостерігається збільшення перевезень вантажів медичного призначення. В Україні збільшили ватажні перевезення авіакомпанії МАУ,

SkyUp, яка через пандендемію оперативно отримала ліцензію на здійснення вантажних перевезень.

Однак, не зважаючи на негативні явища, авіаційна транспортна стратегія України визначає стратегічні напрями розвитку авіаційної галузі на період до 2030 року [4]. Прогнозовані показники розвитку авіаційного транспорту в результаті реалізації авіаційної стратегії та його вплив на розвиток економіки України показано в таблицях (табл. 1, табл. 2, табл. 3), що додаються.

Таблиця 1

**Базовий сценарій  
впливу залучених інвестицій на економіку України**

<b>Базовий сценарій</b>	2016	2020	2025	2030
Кількість пасажирів, млн. пас.	13	20	27	36
Обсяг інвестицій (власні та залучені кошти), млн. грн	616	616	616	616
Прогноз річних доходів аеропортів, млрд грн	5	7	10	15
Прогноз річних доходів авіакомпаній, млрд грн	19*	30	41	53
Оціночний кумулятивний вплив на щорічний ВВП країни**, млрд. грн	75	114	159	212
Оцінка росту кількості робочих місць в авіації, тис. робочих місць	44	69	94	122

\*- дані за 2015 рік

\*\* - попередня оцінка від зростання доходів аеропортів, торгівлі, туризмі

Таблиця 2

**Реалістичний сценарій  
впливу залучених інвестицій на економіку України**

<b>Реалістичний сценарій</b>	2016	2020	2025	2030
Кількість пасажирів, млн. пас.	13	24	44	71
Обсяг інвестицій (власні та залучені кошти), млн. грн	616	8956	6556	616
Прогноз річних доходів аеропортів, млрд грн	5	8	15	25
Прогноз річних доходів авіакомпаній, млрд грн	19*	30	41	53
Оціночний кумулятивний вплив на щорічний ВВП країни**, млрд. грн	75	137	253	408
Оцінка росту кількості робочих місць в авіації, тис. робочих місць	44	83	152	245

\*- дані за 2015 рік

\*\* - попередня оцінка від зростання доходів аеропортів, торгівлі, туризмі

**Оптимістичний сценарій**  
**впливу залучених інвестицій на економіку України**

<b>Оптимістичний сценарій</b>	2016	2020	2025	2030
Кількість пасажирів, млн. пас.	13	24	48	100
Обсяг інвестицій (власні та залучені кошти), млн. грн	616	8956	20493	4616
Прогноз річних доходів аеропортів, млрд грн	5	8	17	35
Прогноз річних доходів авіакомпаній, млрд грн	19*	36	73	151
Оціночний кумулятивний вплив на щорічний ВВП країни**, млрд. грн	75	137	279	575
Оцінка росту кількості робочих місць в авіації, тис. робочих місць	44	83	167	345

\*- дані за 2015 рік

\*\* - попередня оцінка від зростання доходів аеропортів, торгівлі, туризмі

Висновки. В роботі зроблено аналіз стану авіаційної галузі України, який має негативні тенденції до різкого зменшення авіаперевезень. Виявлено, що в цей період спостерігається незначне перевищення на ринку внутрішніх авіаперевезень у порівнянні з міжнародними. Також в Україні сформована стратегія розвитку авіаційного транспорту до 2030 р.

**Список використаних джерел:**

1. Перетин кордону / Коронавірус в Україні: офіційний інформаційний портал Кабінету Міністрів України. URL: <https://covid19.gov.ua/border>
2. Пустое небо: как коронавирус ударил по авиакомпаниям и когда они оживут / Громадське. URL: <https://hromadske.ua/ru/posts/pustoe-nebo-kak-koronavirus-udaryl-po-aviakompaniyam-i-kogda-oni-ozhivut>
3. Логистика в условиях карантина: есть ли шанс на восстановление / Ліга закон URL: [https://biz.ligazakon.net/ru/analytics/195323\\_logistika-v-usloviyakh-karantina-est-li-shans-na-vosstanovlenie](https://biz.ligazakon.net/ru/analytics/195323_logistika-v-usloviyakh-karantina-est-li-shans-na-vosstanovlenie)
4. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>
5. Науменко В. І., Пансюк Б. Я. Впровадження методів прогнозування і планування в умовах ринкової економіки. Київ : Глобус, 1995. 198 с.

**Науковий керівник: Т. А. Дерев'янюк**, к.е.н., доцент,  
 Національний авіаційний університет

**Д. О. Азбукін**

*студент Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. Л. Маляренко**

*аспірантка Кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ АВІАЦІЙНИМ ТРАНСПОРТОМ**

Проблеми правового регулювання перевезення небезпечних речовин авіатранспортом є досить актуальною темою. В Україні існує багато виробництв, що використовують радіаційні, отруйні і вибухонебезпечні речовини. Важливим є екологічний аспект перевезення небезпечних речовин. Інциденти, що виникають під час перевезення цих вантажів, спричиняють загибель і захворювання людей, тварин, забруднення доріг, промислових об'єктів, житлових будинків. Через це трапляються не тільки економічні, а й соціальні збитки.

**Постановка проблеми.** Питанням технологій перевезення небезпечних вантажів авіатранспортом приділялась велика увага. Водночас, і без того мінливе зовнішнє середовище останніми роками стає вкрай нестабільним, що багато в чому знецінило частину колишніх праць і зробило необхідним проведення нових, більш актуальних і відповідних поточним реаліям досліджень. Все викладене свідчить про недосконалість як теоретичного опрацювання, так і практичних аспектів технологій перевезення небезпечних вантажів авіатранспортом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний внесок у дослідження теоретичних і практичних аспектів технологій перевезення небезпечних вантажів зробили такі вчені, як Т. Ю. Габрієлова, С. Л. Литвиненко, О. В. Баннов. Незважаючи на наявність значної кількості наукових праць,

присвячених питанням практичних аспектів технологій перевезення небезпечних вантажів авіатранспортом, слід сказати про недостатнє висвітлення цих питань. Зокрема, необхідно додатково вивчити питання правового регулювання перевезень небезпечних вантажів.

Метою статті є аналіз законодавства та наукових праць, що регулює порядок перевезення небезпечних речовин авіатранспортом, виявити проблеми і недоліки, які при цьому виникають.

**Виклад основного матеріалу.** Авіаційний вантаж, або вантаж, належить до будь-якого виду майна, що перевозиться або прийнято до перевезення на повітряному судні, за винятком пошти, бортприпасів та багажу пасажирів. Також під терміном «авіавантаж» розуміють будь-яке майно (вантаж, термінові відправлення і пошту), що перевозиться повітрям, за винятком багажу [1].

Важливим чинником обслуговування авіаційних перевезень спеціальних вантажів є їхня технологія. Саме недоліки в ній можуть призвести до зниження рівня безпеки польотів, затримки перевезення, збільшення витрат чи пошкодження вантажу. Технологія обслуговування авіаційних перевезень спеціальних вантажів спрямована на якнайкращу організацію процесу перевезення спеціальних вантажів, яка унеможливорює виникнення явищ, що негативно впливають на процес обслуговування, а зрештою – і на імідж авіакомпанії, аеропорту, агентів чи інших учасників процесу перевезення.

Серед вантажів є й небезпечні. Згідно з класифікацією, небезпечні вантажі поділяються на дев'ять класів та окремі підкласи.

Перший клас – вибухові речовини – має шість підкласів, а саме:

- речовини і вироби, які характеризуються небезпекою вибуху масою;
- небезпекою розбризкування, але не створюють небезпеки вибуху масою;
- небезпекою загоряння, а також або незначною небезпекою вибуху, або незначною небезпекою розкидання, або тим і іншим, але не характеризуються небезпекою вибуху масою;

- які не представляють значної небезпеки; речовини дуже низької чутливості, які характеризуються небезпекою вибуху масою; вироби

надзвичайно низької чутливості, які не характеризуються небезпекою вибуху масою [2].

Другий клас – «гази» – має три підкласи: легкозаймісті гази, незаймісті нетоксичні гази та токсичні гази.

До третього класу віднесено «легкозаймісті рідини». Це рідини або суміші рідин, а також тверді речовини, що містяться в розчині, або суспензії.

До четвертого класу небезпечних вантажів віднесено «легкозаймісті тверді речовини», які розподілені на три підкласи:

1) легкозаймісті тверді речовини, які самі реагують, і подібні їм речовини та десенсибілізовані вибухові речовини;

2) речовини, схильні до мимовільного спалаху;

3) речовини, які виділяють легкозаймісті гази при зіткненні з водою.

П'ятий клас – речовини, які окиснюють, та органічні перекиси.

До шостого класу небезпечних вантажів віднесено «токсичні та інфекційні речовини», які поділяються на токсичні (отруйні) речовини та інфекційні речовини й генетично змінені організми.

Сьомий клас небезпечних вантажів – «радіоактивні матеріали» – поділяють на три категорії, а саме:

- речовини з незначним рівнем радіації, що не перевищує 0,005 мЗв/год на поверхні упаковки;

- рівень радіоактивності яких не перевищує 0,5 мЗв/год;

- рівень радіоактивності яких не перевищує 2 мЗв/год, а транспортний індекс не перевищує десяти.

Небезпечні вантажі восьмого класу – «корозійні речовини».

До дев'ятого класу небезпечних вантажів віднесено «інші небезпечні вантажі»: тверді й рідкі горючі речовини та матеріали, які за своїми властивостями не належать до 3 і 4 класів, але за певних умов можуть бути небезпечними у пожежному відношенні, та речовини, що стають їдкими й корозійними за певних умов.

Система регулювання перевезення небезпечних вантажів – досить складно та включає багато конвенцій і угод. До основних з них належать:

- Безпечне перевезення небезпечних вантажів повітрям. Додаток 18 до Чиказької конвенції про міжнародну цивільну авіацію.

- Технічні інструкції з безпечного перевезення небезпечних вантажів повітрям. Документ ICAO 9284-AN/905 (TI ICAO).

- Інструкція про порядок дій в аварійних обставинах у випадку інцидентів, пов'язаних з небезпечними вантажами, на повітряних суднах. Документ ICAO 9481 — AN/928.

- Документ ICAO Правила перевезень небезпечних вантажів IATA (DGR) [3].

Таким чином, перевезення небезпечних вантажів належить до найвідповідальнішої сфери перевезення та вимагає максимальної уваги від усіх учасників транспортного процесу: вантажовідправника, вантажоодержувача, агентів, перевізників, вантажних служб аеропортів, експедиторів та ін.

Недотримання хоча б однієї з вимог правил перевезень небезпечних вантажів може мати негативні наслідки як для відправника так і для перевізника й третіх осіб.

Комітетом експертів з перевезення небезпечних вантажів були розроблені рекомендовані процедури перевезення радіоактивних матеріалів. Дані процедури, що застосовуються на всіх видах транспорту, опубліковані в «Рекомендаціях з перевезення небезпечних вантажів – Типові правила». Рекомендації з випробувань та критеріїв містяться в окремому посібнику «Рекомендації з перевезення небезпечних вантажів. Посібник ООН з випробувань та критеріїв» [5].

Більшість з нормативних документів перевидаються через певні терміни часу. Застосовуючи конвенції, угоди, правила, кодекси, інші нормативні документи і додатки до них, що регламентують перевезення небезпечних вантажів, важливо пам'ятати, що варто використовувати лише чинні видання.



На національному рівні питаннями регулювання перевезень небезпечних вантажів у кожній країні займаються національні повноважні органи, зокрема Міністерство транспорту, окремі департаменти з видів транспорту. Вони здійснюють контроль за перевезенням небезпечних вантажів, видають різні дозволи [4].

На національному рівні також є документи, що регламентують пер перевезення небезпечних вантажів, зокрема закони України, постанови уряду, накази, правила та інструкції Міністерства транспорту, департаментів різних видів транспорту та ін.

Загально визнано, що основною метою перевезення є забезпечення найвищого рівня транспортного обслуговування клієнтів у процесі здійснення перевезення вантажів у встановлений час, у визначене місце й при оптимальному використанні матеріальних, фінансових, трудових, та інших ресурсів.

Технологія перевезення вантажів авіакомпанією, наведена нижче включає в себе ряд етапів:

- 1) приймання замовлення від вантажовідправника;
- 2) проходження формальностей та приймання небезпечного вантажу на склад аеропорту;
- 3) підготовка транспортного засобу до перевезення небезпечних вантажів;
- 4) транспортування небезпечного вантажу від складу аеропорту до повітряного судна;
- 5) приймання/здача комерційного завантаження на борт повітряного судна;
- 6) переліт повітряного судна з небезпечним вантажем;
- 7) приймання/здача комерційного завантаження з борту повітряного судна до складу аеропорту;
- 8) транспортування небезпечного вантажу від повітряного судна до складу аеропорту;

9) приймання небезпечного вантажу на склад аеропорту, проходження формальностей, остаточні розрахунки за перевезення.

10) видача небезпечного вантажу вантажоодержувачу [5].

Тобто, як бачимо, основним з цих етапів є переміщення небезпечних вантажів, а всі інші мають бути направлені на реалізацію саме переміщення небезпечного вантажу. Ефективність усього процесу перевезення та окремих технологічних операцій більше залежить від координації роботи транспортних підприємств та споживачів транспортних послуг. Розширення номенклатури послуг дає змогу транспортним підприємствам збільшити кількість клієнтів, максимізувати прибуток, полегшити впровадження нових транспортних технологій тощо.

**Висновки.** Отже, аналізуючи вищесказане можна зробити висновок, що перевезення небезпечних вантажів авіатранспортом є дуже важливим процесом від якого залежить як економічне, так і соціальне благополуччя держави. Міжнародним та національним законодавством досить чітко врегульовано порядок та технології здійснення перевезень небезпечних вантажів авіатранспортом, задля уникнення неприємних інцидентів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Повітряний кодекс України. *Офіційний вісник України*. Ст. 1881, № 46. 2011.
2. Про перевезення небезпечних вантажів: Закон України від 06.04.2000 № 1644-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 28. Ст. 1-3.
3. Про приєднання України до Європейської угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ДОПНВ): Закон України від 02.03.2000 № 1511-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 13. Ст. 116.
4. Габрієлова Т. Ю., Литвиненко С. Л., Василенко І. В. Організаційно-економічний механізм управління економічною ефективністю доставки спеціальних вантажів: монографія / за заг. ред. Т.Ю. Габрієлової. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 296 с.
8. Енглезі І. П., Пахно О. Е.. Організація перевезення небезпечних вантажів. Підручник. ДІАТ. Донецьк, 2008. 240 с.
5. Габрієлова Т. Ю., Литвиненко С. Л., Василенко І. В. Організація та технологія доставки спеціальних категорій вантажів: монографія / за заг. ред. Т. Ю. Габрієлової. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 367 с.

**Науковий керівник: Д. В. Мединський,**  
Національний авіаційний університет

**С. Є. Базановська, К. Т. Мухіна**  
*студентки Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ОЦІНКА СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Авіаційні вантажні перевезення є невід'ємною частиною глобального ланцюга постачань, відмінною рисою якого, нарівні з морським транспортом, є пристосованість до міжконтинентальних перевезень. Будучи дорогим видом транспорту, авіація продовжує залишатися головною складовою ланкою світового транспортно-логістичного ринку.

За даними Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA), світовий попит на вантажні авіаперевезення в тонно-кілометрах (ФТК) за підсумками 2019 р. скоротився на 3,9% у порівнянні з 2018 р., а середнє завантаження літаків зменшилося на 2,6%, незважаючи на збільшення вантажопідйомності літаків на 2,1%. Це був перший рік скорочення обсягів вантажоперевезень з 2012 р. та рік найбільшого падіння даного показника з часів світової кризи в 2009 р. (тоді ринок вантажних авіаперевезень скоротився на 9,7%) [1].

Регіональна структура обсягу вантажних авіаперевезень у 2019 р. залишилася незмінною у порівнянні з 2018 р. Так, у 2019 р. Азіатсько-Тихоокеанський регіон (АТР) зберіг найбільшу частку в загальному обсязі вантажних авіаперевезень - 34,6%. Частки Північної Америки та Європи у звітному році незначно збільшилися до 24,2% та 23,7% відповідно. Частка авіаперевізників Близького Сходу залишалася стабільною на рівні 13%. Питома вага Африки та Латинської Америки на світовому ринку авіаперевезень несуттєво зросла до 1,8% та 2,8% [1].

Як свідчать аналітичні матеріали IATA у 2019 р. найбільшою вантажною авіакомпанією у світі є FedEx Express, яка виконала 17500 млн. вантажних тонно-км (ФТК) (див.табл.1).

Таблиця 1

**Топ-5 авіакомпаній-лідерів  
на світовому ринку вантажних авіаперевезень [3]**

Ранг	Авіакомпанія	млн. ФТК		Темп змін,%
		2018	2019	
1	FedEx Express	17499	17503	0,02
2	Qatar Airways Cargo	12713	13024	2,45
3	UPS Airlines	12695	12842	1,16
4	Emirates SkyCargo	12459	12052	-3,27
5	Cathay Pacific Cargo	11284	10930	-3,14
Разом:		66650	66351	-0,45

Наступними за обсягами є Qatar Airways, UPS та Emirates SkyCargo, які виконали приблизно з 12500 до 12700 млн. ФТК. Cathay Pacific - п'ятий за величиною вантажний перевізник у світі з понад 11000 млн. ФТК.

За рейтингом ACI аеропорт Гонконг залишався найбільшим у світі вантажним вузлом у світі, з обробленими понад 4,8 млн.тонн вантажу в 2019 р., але він зазнав зниження обсягу на -6,1% порівняно з 2018 р. Аеропорт Мемфіса був на другому місці, а аеропорт Шанхаю - на третьому. Усі три аеропорти зазнали значного падіння в I кварталі 2020 р., тоді як аеропорти Луїсвілля та Інчхон зафіксували зростання вантажів на перших етапах спалаху COVID-19 (див. табл. 2).

У 2019 р. трійкою провідних світових експедиторів на ринку вантажних авіаперевезень стали європейські логістичні компанії DHL & Global Forwarding, Kuehne + Nagel та DB Schenker Logistics.

Під час дослідження встановлено, що прогнози IATA для вантажної авіації на майбутнє досить позитивними. Зростання ролі цієї галузі залишиться, а доходи від авіаперевезення вантажу зростуть до 138 млрд. дол. (на 25% більше, ніж у 2020 році). У 2021 року попит на вантажний повітряний

транспорт буде дуже високим, через те, що в світі буде відновлюватися робота підприємств [1].

Таблиця 2

**Топ-5 аеропортів-лідерів за обсягами обробки вантажів, тонн [2;4]**

Ранг	Аеропорт	Код IATA	2018 р.	2019 р.	Зміни,%	1 кв. 2020 р.	1 кв. 2019 р.	Зміни,%
1.	Гонконг (Гонконг)	HKG	5120811	4809485	-6,1%	988000	1108833	-10,9%
2.	Мемфіс (США)	MEM	4470196	4322740	-3,3%	1030854	1106420	-6,8%
3.	Шанхай Пудун (Китай)	PVG	3768573	3634230	-3,6%	743923	804917	-7,6%
4.	Луїсвіль (США)	SDF	2623019	2790109	6,4%	628942	615411	2,2%
5.	Інчхон (Південна Корея)	ICN	2952123	2764369	-6,4%	664889	648956	2,5%
Разом:			18934722	18320933	-3,2%	4056608	4284537	-5,3%

Згідно прогнозу Global Air Cargo Industry, світовий обсяг вантажних авіап перевезень до 2027 року збільшиться в середньому на 2,8% порівняно з результатами 2020 р. При цьому очікується, що до кінця аналізованого періоду глобальний вантажообіг складе 91,7 млрд. тонно-км. При цьому зростання сегмента авіапошти експерти скоригували до значення середньорічного зростання в 2,6% на наступний семирічний період [5].

Відзначимо, що ресурси вантажної авіації в умовах коронавірусної пандемії мають особливо важливу роль для поставки необхідних медикаментів та медичного обладнання в різні частини світу, а також для підтримки доставки швидкопсувних вантажів. Авіакомпанії, які мають в своєму флоті вантажні літаки, зараз у вигіршній ситуації та максимально використовують свої активи.

Слід зауважити, що для того щоб пережити економічну кризу, кожен авіаперевізник має оцінювати свій флот та свої можливості в області обробки вантажів. Багато авіакомпаній вже адаптували свої літаки для перевезення небезпечних та фармацевтичних вантажів, а також вантажів з підвищеною температурною чутливістю, тобто дотримуються галузевих нормативів.

Пасажирські авіакомпанії, які раніше не використовували вантажні судна, додали потужності для вантажоперевезень і, тому можуть стати активними гравцями на ринку вантажних перевезень. Всі ці заходи необхідні для подолання дефіциту потужностей вантажних авіаперевезень через істотне зменшення кількості пасажирських рейсів.

Таким чином, підсумовуючи все вищенаведене, можна зробити висновки, що глобальний ринок авіаційних вантажних перевезень зазнав значних змін, і авіакомпанії, для того, щоб вижити та міцно розвиватися в складних конкурентних умовах мають змінити свою бізнес-модель з урахуванням вже встановлених загальносвітових тенденцій. Саме тому, політика розвитку авіакомпанії в області вантажних перевезень має бути побудована на необхідності реалізації наступних пріоритетних завдань:

- модернізація та оновлення флоту літаків сучасними лайнерами з найкращими техніко-економічними характеристиками;
- підвищення ефективності використання існуючого парку літаків;
- удосконалення комерційної діяльності авіакомпанії, що сприятиме її пристосуванню до різних факторів зміни зовнішнього середовища, зростанню значень її економічних показників, а також забезпечить збереження існуючих позицій та завоювання більш стійких переваг на нових ринках авіаперевезень.

#### **Список використаних джерел:**

1. Офіційний сайт Міжнародної асоціації повітряного транспорту (IATA). URL: <http://www.iata.org/index.htm>.
2. ACI revealstop 20 airports for passenger traffic, cargo, and aircraft movements. URL: <https://aci.aero/news/2020/05/19/aci-reveals-top-20-airports-for-passenger-traffic-cargo-and-aircraft-movements>.
3. Cargo airline. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cargo\\_airline](https://en.wikipedia.org/wiki/Cargo_airline).
4. Cargo airports worldwide by freight volume 2014-2019. URL: <https://www.statista.com/statistics/270201/freight-volume-of-cargo-airports-worldwide>.
5. Global Air Cargo Industry. URL: [https://logirus.ru/news/transport/mirovoy\\_rynok\\_aviaperevozok\\_zhdut\\_sem\\_let\\_rosta.html](https://logirus.ru/news/transport/mirovoy_rynok_aviaperevozok_zhdut_sem_let_rosta.html)<https://www.globenewswire.com/news-release/2020/08/25/2083629/0/en/Global-Air-Cargo-Industry.html>.

**К. В. Безденежних**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ДОСЯГНЕННЯ СТРАТЕГІЧНОЇ МЕТИ АВІАКОМПАНІЇ «ТНТ»**

Важливу роль у доставці вантажів відіграє швидкість доставки від відправника до одержувача. Підвищення швидкості доставки – важливий фактор для покращення продуктивності та ефективності.

Останнім часом на підприємствах велика увага приділяється комплексній оптимізації з метою підвищення якості перевезень, зниження витрат на доставку. Подальше підвищення ефективності роботи підприємств може бути досягнуте за рахунок системного аналізу головних проблем, що висувають підприємства.

Найбільш характерною рисою логістичного управління є системний підхід до переміщення матеріалів і готових виробів на всьому шляху від їх виготовлення до кінцевого вжитку, тобто від джерела появи до кінцевого пункту. Він полягає у взаємозв'язку і взаємозалежності між складовими частинами системи переміщення товарно-матеріальних цінностей і безліччю функцій, викликаних цим переміщенням від джерела до споживача. Концепція управління ланцюгами постачань стимулює цілісний, системний підхід до управління замість функціонального, при якому відповідальність за транспортування є функцією кожного елемента транспортно ланцюга, і рішення, які часто не узгоджуються. Зрештою логістичне управління передбачає інтеграцію і координацію всіх учасників логістичної системи і видів діяльності так, щоб споживачі або кінцеві ринки обслуговувалися найбільш ефективним і економічним способом.

Логістика ставить і вирішує задачу проектування гармонійних, узгоджених вантажних перевезень із заданими параметрами матеріальних потоків на виході.

Вантажні перевезення займають одне з важливих місць у сфері не тільки державної економіки, а й світової. Велика компанія з могутнім потенціалом, як правило, надає увесь спектр транспортних послуг: автомобільні вантажоперевезення, вантажні авіаперевезення, залізничні контейнерні перевезення, морські транспортні перевезення.

Для України авіаційний транспорт є фактором нормального функціонування ринків товарів і послуг, соціального і економічного розвитку регіонів, міжнародних зв'язків. Тому щороку в Україні відкриваються нові транспортні компанії, що пропонують різноманітні послуги в даній області.

Для рішення поставлених задач використовуються методи системного аналізу, теорії ймовірностей і математичної статистики, теорії масового обслуговування, теорії графів, теорії прийняття рішень, методи імітаційного моделювання, методи багатокритеріальної оптимізації, методи аналізу ієрархій.

Реалізація вибору й прийняття рішень є однією із завершальних процедур системного аналізу. Проблеми прийняття рішень відносно функціонування складних систем займають у наш час особливе місце. Труднощі виникають, коли параметри системи або її складених елементів виявляються невизначеними. Перед фахівцями часто постає необхідність розрахунків залежностей з нечітко заданими параметрами або неточною технологічною інформацією. Такого роду ситуації можуть виникати внаслідок недостатнього вивчення властивостей об'єктів. Особливість систем такого роду полягає в тому, що значна частина інформації, необхідна для їхнього математичного опису, існує у формі уявлень або побажань експертів.

В залежності від обраних критеріїв якості обирається метод дослідження. До основних інструментів, що використовуються при аналізі логістичних систем:



- методи сценаріїв — для впорядкування логістичної проблеми, отримання і збору інформації про взаємозв'язки вирішуваної проблеми з іншими, про можливі та ймовірні напрями майбутнього розвитку;
- метод дерева аналізу проблем — для виявлення та структуризації важко зрозумілих та слабо сформульованих проблем з великою кількістю взаємозв'язків;
- метод побудови дерева цілей — для об'єктивного аналізу цілей та задач, що постають перед системою, яка аналізується, а також для забезпечення найкращих наборів засобів їх досягнення;
- матричні метод — для виявлення внутрішніх зв'язків між елементами, аналізу досліджуваної частини структури та кількісної оцінки цілей;
- методи діагностування економічних систем являють методіку виявлення актуальних та першочергових проблем для планування черговості їх вирішення.

Управлінське рішення — це трудомістка й відповідальна діяльність, від результатів якої залежить розвиток підприємства. Розробка рішення базується на аналізі сформованої ситуації, у процесі якого виділяються проблемні області. На основі аналізу ситуації й визначення критеріїв розробляється як змога більша кількість можливих варіантів рішень, з яких складається база даних. Цей процес дозволяє знайти найбільш оптимальне й об'єктивне рішення. Більш реальне рішення можна отримати, коли рішення приймається групою осіб – експертів.

Широко застосованими методами дослідження є експертні методи, до них відносять метод Делфі та матриця аналізу внутрішнього середовища. Ці методи будуть мати необхідну степінь надійності та ефективні лише за умови надання вихідних даних безпосередньо учасниками процесу.

Для забезпечення узгодженої роботи всіх підприємств, що беруть участь в проектуванні, виробництві, реалізації і експлуатації складної техніки,

використовується відповідна інформаційна підтримка етапів життєвого циклу промислових виробів – CALS-технології.

Призначення CALS-технологій – забезпечувати надання необхідної інформації в потрібний час, в потрібному вигляді, в конкретному місці будь-якому з учасників життєвого циклу промислових виробів.

З огляду на складність і масштабність процесів підготовки рекомендацій для прийняття рішень, недостатність або відсутність точного опису явищ і процесів, які підлягають аналізу, наявність значної частки невизначеної інформації, почали використовувати унікальну аналітичну FUZZY-технологію, що дозволяє обробляти нечітку й неточну вихідну інформацію – думки, експертні оцінки й ін.

Fuzzy-технологія – це сукупність алгоритмів, процедур і програмних засобів, що базуються на використанні нечітких знань і оцінок експертів для вирішення широкого кола завдань з різних наочних областей.

У даній роботі ставилось за мету виявлення слабких місць системи для підвищення ефективності вантажних закордонних перевезень за рахунок автоматизації. Основні проблеми, що виникають в логістичних системах були розв'язані за допомогою системного підходу.

Основними завданнями аналізу логістичних систем є:

- встановлення міри взаємозв'язку цілей логістичної системи із засобами їх досягнення;
- розробка програм розвитку логістичної системи підприємства;
- перевірка ефективності взаємодії елементів системи, виявити вузькі місця і усунути їх;
- виявлення ефективності організації управління підприємством, функції і структуру органів управління.

У ході дослідної роботи використовувалися експертні методи системного аналізу для визначення слабких місць системи. Перевагою таких методів є те, що експертами можуть виступати провідні працівники компаній, що дозволяє отримати оцінку, яка буде мати необхідний степінь надійності. Ці методи

застосовуються для вдосконалення надійності та підвищення ефективності системи в цілому.

Проведено аналіз статистичних даних по закордонних вантажних перевезеннях за 2016-2019 роки і виявлено як вони змінювались протягом цього часу.

Визначено основні параметри ефективної роботи TNT Express, а саме швидкість відповіді компанії-перевізника замовнику, вартість перевезення вантажу, час завантаження вантажу, швидкість доставки вантажу, ризик пошкодження вантажу. За допомогою методу Делфі враховано, що головним показником ефективної доставки вантажу є швидкість доставки. Використання матриці аналізу внутрішнього середовища компанії дозволило визначити сильні і слабкі сторони TNT Express. Таким чином, керівництву компанії слід покращити наступні критерії роботи, а саме систему підвищення рівня кваліфікації працівників, систему підбору персоналу, способи проведення рекламних компаній, систему розподілу обов'язків, прав, відповідальності.

Проведено розрахунки, які показали, що при закордонних вантажних перевезеннях, які здійснюються за допомогою авіації використання різних міжнародних аеропортів України дає можливість зменшити час доставки вантажу приблизно на 7 годин.

Проведено аналіз закордонних залізничних перевезень, який показав, що дублювання авіаційних закордонних перевезень залізничними не завдають економічної шкоди компанії TNT Express і навпаки навіть є частково прибутковими, а значить їх можна використовувати під час збоїв у роботі авіаперевізників.

#### **Список використаних джерел:**

1. Зубаков Г. Б. Проблеми авіаційної транспортно-експедиторської діяльності. *Вісник НАУ*. 2007. №3. С. 38-48.
2. Ісаєнко В.М., Криворотько В.М., Франчук Г.М. Екологія та охорона навколишнього середовища. Київ: НАУ, 2005. 192 с.

3. Казак В. М. Системний аналіз автоматизованих організаційно-технічних систем: Навчальний посібник К.: Книжкове вид-во НАУ, 2008.164 с.
4. Кирич Н. Б. Безпека життя та охорона праці. К.: Охорона праці, 2000. 568 с.
5. Кузьмин О.М. Дельфійський метод / Центр креативних технологій. URL: [//www.inventech.ru](http://www.inventech.ru)
6. Норенков І. П., Кузьмин П. К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 320 с.
7. TNT. URL: [www.tnt.com](http://www.tnt.com)
8. <http://www.ua.textreferat.com/referat-1780-1.html>
9. Українські реферати. URL: <http://www.refine.org.ua/pageid-4770-16.html>
10. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <http://www.zakon.rada.gov.ua>
11. <http://www.gorstat.kiev.ua>
12. Український транспортний союз. URL: <http://www.uts.in.ua>
13. МАУ. URL: <http://www.flyuia.com/ua/main.html>
14. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. URL:<http://www.mtu.gov.ua>
15. [http://www.1520mm.com/r/ua/mtu/tk1/tk4\\_2\\_15.html](http://www.1520mm.com/r/ua/mtu/tk1/tk4_2_15.html)

**Науковий керівник: В. М. Казак**, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет

**М. О. Болдирєва**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ЧОМУ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ Є МАЙБУТНІМ СКЛАДІВ**

Інтернет речей (Internet of Things) являє собою підключені до Інтернету і оснащені датчиками фізичні об'єкти – від смартфонів та планшетів до автомобілів і реактивних двигунів, які збирають дані і обмінюються ними по мережі [1]. Пристрої та об'єкти з вбудованими датчиками підключаються до платформи, яка інтегрує дані і застосовує аналітику для обміну найбільш цінною інформацією з додатками, створеними для конкретних потреб.

За даними Statista, сьогодні існує близько 10 мільярдів підключених IoT-пристроїв, і очікується, що їх число збільшиться приблизно до 22 мільярдів всього за 5 років [2]. Не дивно, що такі великі галузі, як обробна промисловість, банківська справа, телекомунікації та транспорт намагаються спростити свою роботу і отримати пристрої, які зроблять її простіше, дешевше і безпечніше.

Будучи ключовою ланкою в ланцюжках поставок, склади повинні швидко зростати в кількості і впроваджувати нові технології, щоб не відставати від попиту споживачів, особливо це стосується діяльності аеропортів. IoT надає революційні можливості оптимізації, так як усуває будь-які обмеження на кількість і обсяг: склад може підключати, контролювати і управляти майже необмеженим діапазоном точок даних. Всі ці фактори пов'язані між собою надійною IT-інфраструктурою, яка працює з системою управління складом (WMS). Розглянемо, як можна застосувати дану технологію в складському процесі та які успішні додатки для IoT вже існують.

*Активи та інвентар.* Завдяки IoT відомо, де знаходиться обладнання і рівні запасів – датчики з підтримкою Wi-Fi відстежують переміщення і використання активів по всьому об'єкту, а встановлені на полицях датчики і вагові пристрої передають інформацію про запаси в систему управління складом.

*Пристрої, які можна одягнути.* DHL впровадила такі пристрої Інтернету речей для моніторингу здоров'я своїх співробітників для підтримки їх здоров'я і

безпеки – мережа пристроїв підключається до інтелектуальної складської системи, обробляючи дані, щоб запропонувати періоди відпочинку і стежити за втомою. В аеропорті Ханеда персонал носить екзоскелети, які допомагають впоратися з високими навантаженнями. Після спалаху пандемії дані пристрої почали використовувати також для забезпечення соціальної дистанції між співробітниками. Наприклад, Amazon використовує смарт-пристрій, який сигналізує працівнику про порушення безпечної дистанції. Використовуючи підключені пристрої, співробітники складу можуть миттєво ідентифікувати продукти та упаковки.

*Складська робототехніка.* Роботизація означає, що склади можуть використовувати людські зусилля там, де це найбільш цінно. IoT дозволяє машинам взяти на себе прості та монотонні завдання, які є основними для складів. COVID-19 також сприяв використанню робототехнічних технологій на складах. Згідно з PitchBook, інвестиції в складську робототехніку в 2020 році зросли на 57% порівняно з аналогічним періодом минулого року. Роботи на базі Інтернету речей допомагають продовжувати бізнес-операції, скорочують взаємодію між співробітниками і дезінфікують робоче місце, щоб знизити ризик зараження. Автономні технології є також способом збільшення продуктивності складу: вони розраховують найкоротший маршрут до будь-якого проходу і поповнюють запаси без участі людини. Використання керованих засобів та роботів на складах вже не є новим – Amazon має понад 100 тис. роботів з технологією IoT на інтелектуальному складі.

*Технологія RFID.* RFID-мітки можуть зберігати значно більші обсяги даних, та зчитувати мітки швидше, ніж штрих-коди. Вони надають менеджерам додаткову інформацію про кожну партію товару — її розмір, виробника, термін придатності, серійний номер, виробничу лінію тощо.

*Системи управління складом.* Інтелектуальна система управління складом (Warehouse Management System) допомагає відстежувати всі дії, пов'язані з запасами. Її інструменти забезпечені функціями відстеження, документування та звітності, тому можливо управляти товарами, оцінювати ефективність співробітників і стягувати податки за допомогою єдиної платформи.

*IoT-інтегровані системи управління.* IoT для складських інструментів на порядок вище традиційних ERP (Enterprise Resource Planning) систем. Замість того щоб збирати дані інвентаризації вручну, співробітники можуть передати

це завдання на аутсорсинг ряду підключених датчиків або RFID-міток. Потім дані зберігаються на платформі, обробляються і аналізуються. Крім того, користувач ясно бачить запаси або інші дані, пов'язані зі складом, за допомогою візуальної панелі моніторингу.

*Датчики.* Датчики руху, світла, вологості і температури допомагають краще контролювати товар всередині складу і зовні. Інтегруючи їх в ланцюжок поставок, можна відстежити товари на кожному етапі доставки і контролювати температуру і вологість всередині вантажівки або літака. Так, компанія SITAONAIR розробила платформу, яка дозволяє вантажним авіаперевізникам стежити за станом фармацевтичних продуктів під час польоту.

*Цифровий близнюк.* Технологія Digitaltwin збирає модель інфраструктурного активу або системи активів, яка імітує їх оптимізоване використання та обслуговування. Цифрові близнюки допомагають в цифровому вигляді відтворити планування складу, його повсякденну діяльність і знайти оптимальне рішення для поліпшення ключових показників ефективності. Таким чином, цифрове моделювання замінює трудомісткі і дорогі експерименти в реальному житті і дозволяє компаніям приймати рішення, засновані на даних, покращувати оптимізацію процесів і прогнозувати еволюцію компанії [3].

Хоча Інтернет речей неухильно рухається до складських приміщень по всьому світу, впровадження таких складських систем залишається скоріше винятком, ніж правилом. WMS – яка вважається базовою лінією для впровадження більш передових технологій – досі відсутня на третині складських об'єктів. У більшості випадків компанії покладаються на електронні таблиці та автономні програмні рішення, такі як pick-to-light (система збору замовлень без використання паперової документації) або голосові інструменти підбору, які не працюють синхронно. Крім того, витрати на впровадження систем Інтернету речей — особливо в невеликих складських приміщеннях — часто переважають вигоди [3]. Незважаючи на зниження цін на сенсори і велику доступність хмарних інфраструктурних рішень, розробка промислових IoT-додатків передбачає інтеграцію зі сторонніми пристроями і сервісами, в той час як бізнес-логіка веб-і мобільних додатків кодується з нуля. У цей список також потрібно додати невирішені питання з енергоживленням датчиків, відсутність єдиних стандартів інтеграції даних, зростання навантаження на мережеві ресурси внаслідок зростання числа Інтернет речей, та складність у

підтримці безпеки екосистеми Інтернету, яка в майбутньому має вирішитись за допомогою блокчейну.

Розглянемо приклад застосування Інтернету речей такими глобальними компаніями як Amazon, DHL і Alibaba. Amazon експериментує з доставочними дронами і отримала два патенти на браслети, які визначають положення рук робітника і включають в себе тактильну систему зворотного зв'язку, призначену для моніторингу місця розташування складських бункерів. Нещодавно було запущено напівавтоматичний склад, де роботи працюють разом з людьми. Основні завдання, такі як переміщення пакетів або сканування штрих-кодів, передаються на аутсорсинг технологіям, а сортування упаковок і переміщення предметів складної форми (наприклад, пляшок) як і раніше є частиною людської роботи. В 2018 році Alibaba запустила повністю роботизований склад, на якому є понад 700 керованих роботів, призначених для транспортування посилок по всьому складу і доставки товарів до вантажівок. DHL випробувала цілий ряд інновацій на своїх складах. Компанія використовує розумні окуляри, роботів, дронів, автономні транспортні засоби і так далі. Нещодавно, було впроваджено інтелектуальну складську систему DHL, яка дозволяє переглядати дані, зібрані з WMS, сканерів і вантажно-розвантажувального обладнання в режимі реального часу, і зіставляти їх із записами замовлень для підвищення операційної ефективності та безпеки на робочому місці.

Переваги впровадження IoT на складах важко перерахувати. Це включає поліпшення прозорості – IoT збирає дані про склади і ланцюги поставок в реальному часі; оптимізацію доставки останньої милі – вантажівки можуть збирати замовлення більш ефективно, повністю використовуючи весь доступний простір; діагностичне обслуговування – прогностична система технічного обслуговування виявляє ранні ознаки несправностей обладнання, що дозволяє підготувати запасну техніку і уникнути простоїв. Вища продуктивність співробітників є також важливим драйвером для впровадження Інтернету речей. Дані платформи допомагають співробітникам отримувати миттєву допомогу на вимогу – таким чином, вони можуть виконувати більшу кількість завдань в день. IoT підвищує ефективність і продуктивність всього ланцюжка поставок, і тому стало неминучим включити його в кожен склад.



Згідно зі звітом Global IoT in Warehouse Market Research Report «очікується, що глобальний IoT на складському ринку розшириться в середньому на 21,21% протягом прогнозованого періоду 2019-2025 років» [2]. Це величезна кількість, і менеджери повинні враховувати це, якщо хочуть не відставати від поточних тенденцій. Технологія Інтернету речей є ключем до удосконалення вантажних терміналів аеропортів. Прорахувавши економічний ефект, стане очевидною його користь та максимальна оптимізація усіх процесів, які забезпечують авіап перевезення вантажів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Davies R. The Internet of things Opportunities and Challenges (May 2015) / European Parliamentary Research Service. Електронний ресурс: URL: [www.europarl.europa.eu/RegData/.../EPRS\\_BRI\(2015\)557012\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/.../EPRS_BRI(2015)557012_EN.pdf)
2. Global number of connected IoT devices. URL: <https://www.statista.com/statistics/1101442/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
3. How IoT is Making Warehouses Smarter: A guide. URL: <https://www.orderhive.com/iot-internet-of-things-for-warehouses>
4. Трегубов В. Н. Реализация автономной логистики на основе технологий интернета вещей и блокчейн. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2019. Т. 15, № 3. С.782-790.

**Науковий керівник: В. С. Коновалюк**, к.фіз-мат.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Т. О. Гармаш, І. Д. Гаєнко**  
*студенти Аерокосмічного факультету,  
Національний авіаційний університет*

## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Стрімкий розвиток техніки та нові технології значно розширюють можливості сучасного життя людини. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) не є виключенням. На сьогоднішній день дана технологія застосовується в багатьох сферах діяльності та має надзвичайно великі перспективи для інших напрямків. Оскільки БПЛА реалізовує своє функціональне призначення в автоматичному режимі відповідно до закладених у нього алгоритмів і програм функціонування (крилаті ракети, літаки-розвідники і т.п.).

Наявність розвиненого штучного інтелекту у БПЛА, яке забезпечує не тільки політ, але і процес ухвалення самостійного рішення на застосування бортової зброї, переводить їх не в наступне покоління БАС, а в окрему групу дистанційно керованих авіаційних систем [1].

Застосування БПЛА в сільському господарстві дає ідвищення конкурентоспроможності аграрного сектора економіки України. Одним з напрямків використання БПЛА є автоматизоване виконання авіаційних робіт та послуг з обмірів сільськогосподарських полів, створення карт рельєфу поверхні поля, виконання фото і відеомоніторинг полів, розпилення хімікатів, тощо. Як у всьому світі, так і в Україні спостерігається тенденція зростаючого попиту на використання БПЛА в сільському господарстві.

Так вже існує дослідження, що загальна економічна ефективність застосування БПЛА в сільському господарстві до 2025 року складе близько \$82 млрд доларів.

Крім високої економічної ефективності (здешевлення в десятки разів), БПЛА мають додаткові переваги порівняно з традиційним аеро- та космічним зніманням:

- невелика висота знімання;
- точковість;
- мобільність;
- висока оперативність;
- екологічна чистота польотів.

### **Основне дослідження**

Застосування БПЛА економічно виправдане тільки в тому випадку, якщо вартість льотної години не перевищує 20–25 доларів США. Методологічна база дослідження стосовно керування малим БПЛА ґрунтується на основі сучасних методів автоматизованого аналізу, синтезу та імітаційному моделюванні ІСК. Тому необхідним є виділення акценту на зменшення кількості датчиків, не втрачаючи при цьому якості функціонування, а дослідження цієї системи в умовах невизначеності становить цікаву та актуальну проблему [3].

Таким чином, важливо зрозуміти, що так ми не тільки економимо на дорогих трьохступневих та двохступневих гіроскопах, але й робимо великий прорив у вітчизняній науці як такий [2].

Для виконання польотного завдання справжній БПЛА здійснює політ на постійній висоті по кусочно-лінійній траєкторії

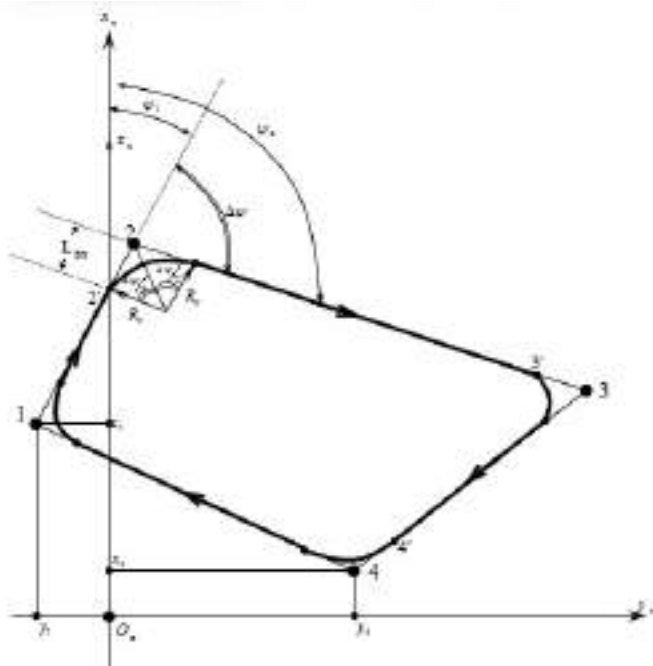


Рис. 2. Маршрут БПЛА на постійній висоті

Матриця поздовжнього керування (рис. 3.) БПЛА надає можливість краще оцінити результати.

11	$s_1^{11}$	$s_2^{11}$	$s_3^{11}$	$s_n^{11}$	$v_1$
12	$s_1^{12}$	$s_2^{12}$	$s_3^{12}$	$s_n^{12}$	
$1k_1$	$s_1^{1k_1}$	$s_2^{1k_1}$	$s_3^{1k_1}$	$s_n^{1k_1}$	
...					
$j^1$	$s_1^{j1}$	$s_2^{j1}$	$s_3^{j1}$	$s_n^{j1}$	$v_2$
$j^2$	$s_1^{j2}$	$s_2^{j2}$	$s_3^{j2}$	$s_n^{j2}$	
$jk_j$	$s_1^{jk_j}$	$s_2^{jk_j}$	...	$s_n^{jk_j}$	
...					
$r^1$	$s_1^{r1}$	$s_2^{r1}$	$s_3^{r1}$	$s_n^{r1}$	$v_r$
$r^2$	$s_1^{r2}$	$s_2^{r2}$	$s_3^{r2}$	$s_n^{r2}$	
$r^k_r$	$s_1^{rk_r}$	$s_2^{rk_r}$	$s_3^{rk_r}$	$s_n^{rk_r}$	

Рис. 3. Матриця поздовжнього керування

Для отримання оцінки даних з матриці повздовжнього керування БПЛА необхідно розрахувати додаткові дані:

- система логічних висловлювань може бути представлена в компактнішому виді:

$$\bigcap_{q=1}^{k_j} \left[ \text{intersect} \left( m_i = s_i^{jq} \right) \right] \rightarrow p = v_j, j = \overline{1, r} \quad (1)$$

де  $v_j (j = \overline{1, r})$  – лінгвістична оцінка вихідній змінної  $p$ , визначувана

з нечіткої множини  $P$ ;  $s_i^{jq}$  – лінгвістична оцінка вхідної змінної  $m_i$  в  $q$ -му рядку  $j$ -ої диз'юнкції, що обирається з відповідної нечіткої множини

$S_i, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, r}, q = \overline{1, k_j}$ ;  $k_j$  – кількість правил, що визначають значення вихідній змінної.

Таким чином, співвідношення (1), яке встановлює зв'язок між вхідними параметрами поздовжнього руху (швидкістю, висотою, кутом нахилу траєкторії тощо) та необхідним контрольним впливом (висота керма), формалізується в форма системи нечітких логічних висловлювань на основі введеної матриці знань.

Після проведення кроків з етапу оцінки вхідної інформації (рис. 4.) виконується етап подальшого дослідження за допомогою стадії імплікації та агрегації.

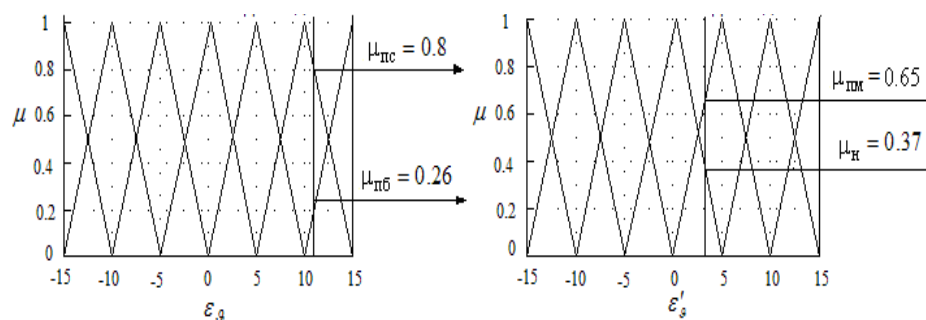


Рис. 4. Процедура вхідного перетворення

В результаті проведення цих кроків, в кінці, виконуються дії з оригінальних перетворень. Таким чином, здійснюється оптимізація основних параметрів задля зменшення витрат економічної складової. Це робиться шляхом мінімізації інтегрального критерію якості, метою якого є отримання оптимальної перехідної швидкості.

Проведення всіх вище перерахованих дій видає наступний результат (рис. 5.), що доводить ефективність методу.

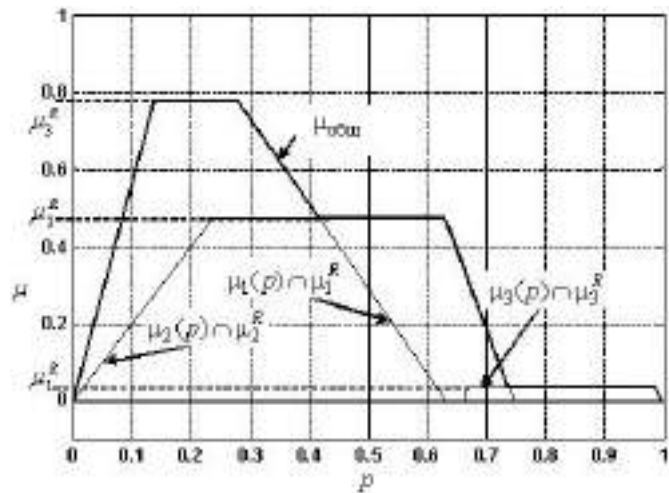


Рис. 5. Процес агрегування функцій належності вихідного сигналу

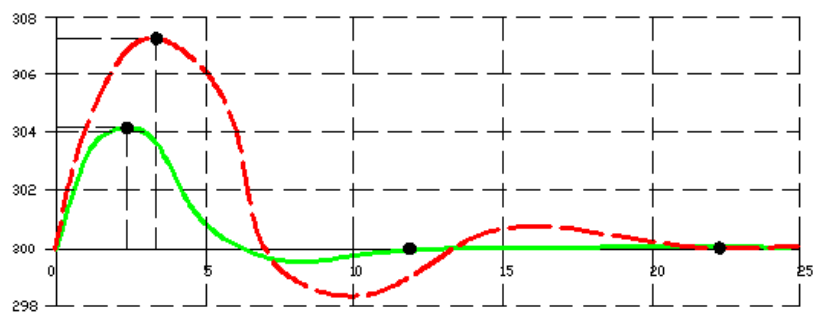


Рис. 6. Перехідні процеси стабілізації висоти БПЛА з використанням ПД- регулятора та ІСК в умовах пориву вітру з постійною швидкістю 15 м/с,

де: — ІСК, - - - - ПД – регулятор.

Система керування віддаленим каналом БПЛА на основі інтелектуальних технологій, що запропонована, дозволяє підвищити точність стабілізації польоту БПЛА у визначених умовах збурення.

Це дозволить зменшити економічну складову витрат без втрати технічних параметрів. Оскільки, під час нечіткого керування велика кількість часткових законів аналізує більше факторів.

Також важливим є те, що кожен закон діє в цій галузі інформаційного простору, що відображає аеродинамічні властивості конкретного типу БПЛА.

**Список використаних джерел:**

1. Енчев С. В., Павелко О. В. Динамічний синтез системи Linux двосторонньої системи управління вентилятором гвинта TGVD D-27. *Наукові технології - Наукові технології*. 2013. 4 (16). С. 14-19.
2. Енчев С. В., Товкач С. С. Використання нечіткої логіки для обробки інформації в електронних системах управління авіаційними двигунами. *MINTT-2013*: Матеріали 5-ї міжнар. конф. 1. С. 55-58.
3. Стійкість та контроль літака Малкольм Дж. Абзуг, Е. Юджин Ларрабі  
Розділ 17.

**Науковий керівник: Д. О. Шевчук**, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет

**М. Ю. Горідько**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Ю. В. Шевченко**

*к.е.н., доцент кафедри організації перевезень,  
Національний авіаційний університет*

**Р. В. Горідько**

*старший викладач кафедри вищої математики,  
Національний авіаційний університет*

## **АНАЛІЗ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УКРАЇНИ**

За останні роки популярність повітряного транспорту України постійно зростала, чому сприяла як технологічний розвиток і новітні розробки в авіаційній галузі, так і глобалізація і все тісніші ділові та культурні зв'язки між різними країнами світу.

Так, впродовж січня – вересня 2019 року 29 вітчизняних авіакомпаній загалом виконали 79,7 тис. комерційних рейсів, що перевищує показник аналогічного періоду минулого року на 3, 37%; пасажирів перевезено 10664,5 тис.чол, що на 10,2% перевищує аналогічний період 2018 року. Пасажирські перевезення здійснювали 18 вітчизняних авіапідприємств, серед яких традиційно лідером є авіакомпанія «Міжнародні авіалінії України» (зростання обсягів на 4,1 відсотка). Разом з цим, значні обсяги пасажирських перевезень виконано авіакомпаніями «Азур Ейр Україна» (зростання – на 48,1 відсотка), «Скайап» (зростання – у 4,3 раза) та «Роза вітрів» (зростання – на 10,8 відсотка). Також слід відмітити, що п'яту позицію зайняла авіакомпанія «Буковина», яка виконує пасажирські перевезення починаючи з листопада минулого року [1].

За 9 місяців 2019 року п'ятьма вищезазначеними найбільшими пасажирськими авіакомпаніями перевезено 10331,5 тис. чол., що складає майже 97 відсотків у загальному обсязі пасажирських перевезень українських авіакомпаній [1].



Стосовно статистичної інформації за 2020 рік, то спостерігається, на жаль, істотне зменшення авіап перевезень (як внутрішніх, так і зовнішніх), що зумовлено пандемією COVID-19 та її стрімким поширенням по всьому світу. Так, лише за січень-вересень 2020 року аеропорти України, за оперативними даними, обслужили 6,857 млн. пасажирів - це на 62,9% менше, ніж за аналогічний період 2019 року. В міжнародному сполученні пасажиропотік українських аеропортів упав на 63,7% - до 6,063 млн. осіб. При цьому, у січні-вересні українські авіакомпанії обслужили майже 3,770 млн. пасажирів, що на 64,7% менше показника за аналогічний період 2019 року. За 9 місяців 2020 року українські авіакомпанії виконали 33,5 тис. комерційних рейсів (скорочення - на 58%), в тому числі міжнародних - 26,7 тис. (-60,1%) [2].

Варто зазначити, що пандеміологічна ситуація у світі з початку 2020 року негативно вплинула не лише на авіаційну галузь України, що зумовлено різким спадом попиту на авіаційні перевезення, закриттям пунктів пропуску через державний кордон (у тому числі повітряного простору) переважної більшості країн. У результаті це призвело до того, що авіакомпанії були вимушені спочатку скоротити кількість авіап перевезень, а потім і взагалі відмінити виконання практично всіх рейсів, залишивши лише евакуаційні рейси, рейси для здійснення перевезень осіб з метою забезпечення захисту національних інтересів, у рамках виконання міжнародних зобов'язань, а також з метою перевезення представників дипломатичних установ та гуманітарних місій. Така ситуація, звісно, вимагає належного реагування з боку держави, тобто здійснення відповідного державного регулювання функціонування авіаційної галузі у період пандемії.

#### **Список використаних джерел:**

1. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-v-galuzi-aviatransportu.html>
2. Офіційний сайт Державної авіаційної служби України. URL: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>

**М. Ю. Горідько**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Ю. В. Шевченко**

*к.е.н., доцент кафедри організації авіаційних перевезень,  
Національний авіаційний університет*

**Р. В. Горідько**

*старший викладач кафедри вищої математики,  
Національний авіаційний університет*

## **ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ТУРИЗМУ В УМОВАХ ПАНДЕМІЇ**

Поряд з іншими галузями економіки, повітряний рух вразливий до зовнішніх факторів, таких як: нафтові кризи, стихійні лиха, збройні конфлікти, терористичні атаки, економічний спад та спалахи хвороб. Здається, ці зовнішні впливи мають більш серйозний і швидший вплив на кількість повітряних перевезень, оскільки раптове збільшення відміни рейсів, посадки літаків, заборон на перевезення та перекриття кордонів швидко відчувається при менших коефіцієнтах навантаження для авіакомпаній, тоді як аеропорти втрачають неповітряні доходи. Covid-19 вдарив по авіаційній промисловості. За січень – жовтень 2020 року обсяги пасажирських перевезень українських авіакомпаній зменшилися порівняно з відповідним періодом минулого року на 64,2% та склали 4271,8 тис. чол., у т.ч. міжнародні – на 65% та склали 3835,3 тис. чол. [1].

Криза Covid-19 швидко поширилася у всьому світі. Різні міжнародні галузеві організації намагалися скласти прогнози його впливу. Міжнародна рада аеропортів (ACI) прогнозувала, що Covid-19 зможе знищити дві п'яті пасажирських перевезень і половину доходів аеропорту в 2020 році [2]. Майже двом сотням аеропортів у Європі загрожує неплатоспроможність у найближчі місяці, оскільки коронавірусна криза продовжує завдавати збитків галузі [3].

Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) підрахувала, що протягом першої половини 2020 року, порівняно з їх початковим прогнозом, відбулося загальне скорочення від 47% до 58% місць, пропонувані авіакомпаніями, від 503 до 607 мільйонів пасажирів, і втрата валових операційних доходів авіакомпаній на 112-135 млрд. дол. США [4]. Міжнародна асоціація повітряного транспорту (IATA) прогнозує дуже повільне зростання на першу половину 2021 року, що виражається в загальному скороченні на 48% з точки зору доходу-пасажирських кілометрів (RPK) та 55% доходів пасажирів на 2020 рік.

COVID-10 дуже сильно вплинув і на туристичний бізнес в Україні. Ділові поїздки, зазвичай, є необхідністю, тоді як подорожі на дозвіллі, можуть включати ризики для здоров'я в умовах пандемії. Туризм та готельний бізнес – сектори, які найбільше постраждали через карантин.

На зниження попиту на авіаперевезення вплинули проблеми зі страхом та здоров'ям, нижчим рівнем наявного доходу, відсутністю довіри споживачів при поновленні рейсів та інше. Таким чином, стан авіаційної галузі буде формуватися через політичні судження щодо вироблення національної та міжнародної економічної політики. У зв'язку з цим, авіакомпаніям необхідно стимулювати попит на перевезення.

Серед факторів збільшення завантаженості літаків, деякі авіакомпанії пропонують впровадження обов'язкового медичного огляду в аеропортах, перевірку температури або швидкі тести на антитіла для Covid-19. Але цей контроль вимагатиме капітальних витрат, людських ресурсів та простору терміналів, тому це може перетворитися на нові аеропортові збори.

Великі аеропорти, що мають хаб, можуть зміцнити своє лідерство, залучаючи нові авіакомпанії, що забезпечать обсяги перевезень, а також забезпечать більш конкурентоспроможний ринок.

Такий розвиток сьогодення вимагає змін у авіаційній промисловості та інших суміжних галузях, таким як туризм. Необхідно детально проаналізувати зміни в авіаперевезеннях: деталі про авіакомпанії, літаки та маршрути. Також

необхідно детально вивчити поведінку потенційних пасажирів щодо інформаційної обізнаності.

Саме тому необхідна реструктуризація повітряних перевезень, що обов'язково повинно призвести до сталого економічного розвитку авіаційної галузі.

#### **Список використаних джерел:**

1. Оперативна інформація. Державна авіаційна служба України. URL: <https://avia.gov.ua/pro-nas/statistika/operativna-informatsiya/>

2. ACI 2020 COVID-19: Transition to Open Customer FAQ / ACI. Universal Payments. URL: <https://www.aciworldwide.com/-/media/files/other/aci-covid-19-transition-to-open-faqs.pdf>

3. Майже 200 аеропортів в Європі під загрозою закриття через COVID-19. Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2020/10/27/666676/>

4. Авіакомпанії світу через коронавірус зазнають збитків на 84 млрд дол. URL: <https://ua.112.ua/svit/aviakompanii-svitu-cherez-koronavirus-ponesut-zbytku-na-84-mlrd-dolariv-539906.html>

**Н. С. Гулієва**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту та логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ АВІАПІДПРИЄМСТВА**

Ефективність використання ресурсів сильно впливає на управління доходами авіакомпанії та її успіх на ринку авіаперевезень загалом. Попит на повітряні перевезення визначається валовим національним продуктом як зовнішнім фактором, вираженим у формі транспортного потенціалу і відображається у формі внутрішніх та контрольованих параметрів: тарифів, частоти польотів.

Фактичний пасажирообіг та операційний дохід залежать від цих факторів. Вантажопідйомність залежить як від внутрішніх факторів, так і від ситуації, що склалася на ринку. Це капітал, склад та структура флоту, мережа авіакомпаній, сформована авіаперевізником, стандарти цін та послуг на ринку та прийняті авіакомпаніями.

Було проаналізовано низку зовнішніх факторів, що впливають на діяльність авіакомпанії Alitalia, таких як геополітичне середовище в країні та світі, ціни на паливо тощо. Ведення рахунків компанії є важливим для обчислення річного обороту компанії або щорічних відомостей про прибутки та збитки компанії. Це допомагає вирішити, чи втрачає компанія збитки чи отримує прибуток від своєї господарської діяльності. Тому підтримка деталей у ідеальному порядку є важливою для вирішення майбутнього компанії.

Розробка та практичне застосування сучасних технологій у галузі повітряних перевезень тісно взаємопов'язані з вирішенням важливих економічних проблем, однією з яких є завдання зменшення витрат та підвищення ефективності діяльності авіакомпанії. Єдиного рецепту зменшення витрат не існує. Але існує ряд способів, які авіакомпанії можуть використовувати для підвищення ефективності та зменшення витрат. Є три способи зменшити витрати авіакомпанії. Однією із значних статей витрат у структурі витрат на транспорт на повітряному транспорті є витрати на паливо.

Зміна вартості авіаційного палива в першу чергу залежить від світових цін на нафту, що дуже важко передбачити.

Методом економії витрат, пов'язаних зі зміною ціни на паливо, є ризик хеджування. Інший відомий спосіб економії орієнтований на використання однотипних літаків у авіакомпаніях, що дозволяє зменшити частину витрат на придбання запасних частин та підготовку та перепідготовку льотних екіпажів. В умовах нестабільності ринку повітряного транспорту актуальними стають завдання зменшення витрат за рахунок ефективного використання літаків. Відповідно до цих фактів рішенням є підвищення ефективності використання літаків.

Запропонованим способом підвищення ефективності використання парку літаків Alitalia є збільшення пропускнуєї спроможності. Це можна зробити, збільшивши потужність 2-х типів літаків Alitalia Airlines, доставка яких відбуватиметься у 2019-2023 роках. Для підвищення ефективності використання парку літаків Alitalia шляхом придбання та використання нових надлегких місць для 92 A321 NEO та 10 B737-9 MAX необхідні інвестиції на суму 40 800 000 доларів США.

Оскільки літак стане власністю авіакомпанії, потужність флоту збільшуватиметься щороку до 2023 року, тому термін реалізації проекту становить 5 років. ЧПВ проекту становить 388 242 753. Це означає, що інвестиції у придбання нових місць для авіакомпанії Alitalia додадуть вартості авіакомпанії. У 2023 році, коли проект буде повністю реалізований, Alitalia отримає на 7,17% більше прибутку в порівнянні.

Враховуючи вищесказане, ефективна організація ефективного використання ресурсів роботи може бути представлена у вигляді схеми (див. рис.1).

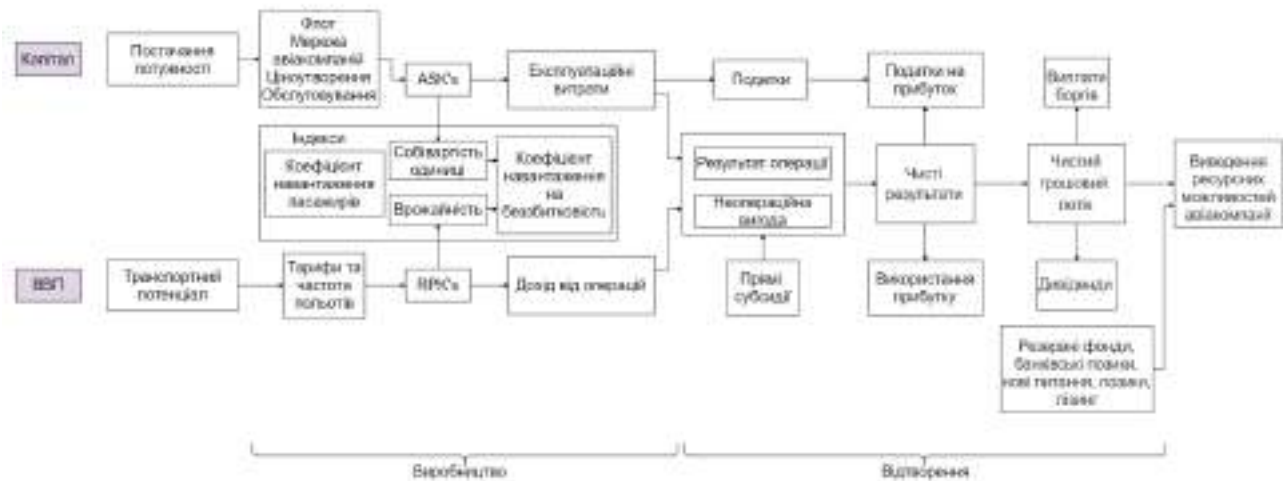


Рис.1. Схема компонентів використання ресурсів

Однак нинішня ситуація яка склалась загалом у світовій цивільній авіації через пандемію коронавірусу дуже негативно позначилось на економіці і планах авіакомпаній. Протягом багатьох років авіація була на піці свого економічного зростання. Оскільки пандемія коронавірусу фактично зупинила міжнародні авіаперевозення це призвело до найбільш різкого падіння попиту.

В результаті IATA очікувала, що попит на авіаперельоти, вимірюваний в оплачених пасажиро-кілометрах (RPKs), в цьому році знизиться майже вдвічі в порівнянні з рівнем 2019 року. По даним IATA рівень пасажирообігу знизився на 50% як і передбачалося.

Навіть при самому позитивному прогнозі, IATA і раніше вважає, що пасажиропотік в 2025 році залишиться на 10% нижче рівня, спочатку передбаченого до кризи.

Однак Alitalia усе поступово починає повертатись до норми. У результаті ретельної роботи з національними та міжнародними органами охорони здоров'я авіакомпанія повертається до роботи. Авіакомпанія відновлює польоти станом на листопад 2020 року на 94 напрямків, але вже з новими правилами безпеки пасажирів.

#### Список використаних джерел:

1. Alitalia official website. URL: [https://www.alitalia.com/ru\\_ru](https://www.alitalia.com/ru_ru)
2. IATA Industry Statistics Fact Sheet. URL: <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---industry-statistics/>
3. Flight Network of Alitalia. URL: <https://corporate.alitalia.com/en/network/company/network/network.html>

**Науковий керівник: Ю. В. Шевченко** к.е.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Д. О. Гуменюк**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. В. Мединський**

*асистент кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕРМІНОВИХ ВАНТАЖІВ**

**Вступ.** Класифікація вантажів - розподіл вантажів, що перевозяться, за розділами, групами і позиціями, який здійснюється за різними ознаками: по галузі; за призначенням - сировина, паливо, матеріали і готова продукція; за видами рухомого складу, який використовується для перевезень; за транспортними ознаками - об'ємність, тоннаж, громіздкість і т. д. Основні чинники, які враховуються при класифікації вантажів: спосіб навантаження і вивантаження, умови перевезення і зберігання, можливість використання вантажопідйомності рухомого складу, їх збереження при перевезенні, ступінь небезпеки при навантаженні, вивантаженні і транспортуванні [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Термінові вантажі розглянуті у багатьох наукових працях вітчизняних та зарубіжних авторів. Огляд ринку доставки таких вантажів та модель управління розглянуто у роботах Лашкевич А. А. Вибір транспорту для термінових доставок у працях Шафіркина Б. І., Міротина Л. Б. [2].

**Мета** – провести огляд класифікації термінових вантажів. Детально розібрати кожен з видів. Виокремити відмінності між ними. Виконати огляд специфіки перевезення кожного з них. Підвести підсумки.

Загальні поняття. Вантаж. Класифікація вантажів.

Є декілька визначень вантажу:

1. Вантаж - всі предмети з моменту прийняття для перевезень до здачі одержувачу вантажу

2. Вантаж — будь-яке майно, що перевозиться на борту повітряного судна, за винятком бортових припасів та багажу.



3. Вантаж — будь-яке майно за винятком пошти, бортових припасів та супроводжуваного чи невірно засланого багажу, що перевозиться на повітряному судні.

Вантажі можуть бути згруповані за рядом ознак. Вони розрізняються за галузевою ознакою та за параметрами, що характеризують умови виконання перевезень. За галузевою ознакою розділяють:

1. Вантажі промисловості;
2. Вантажі будівництва;
3. Сільськогосподарські вантажі;
4. Вантажі торгівлі;
5. Вантажі комунального господарства;
6. Поштові вантажі;
7. Термінові (спеціалізовані) вантажі [3].

Класифікація термінових (спеціалізованих) вантажів

Терміновий вантаж - означає партію будь-якого з наступних товарів, що ввозяться для домашнього споживання або призначені для експорту, за умови, що відповідний офіцер митниці впевнений, що вони потребують негайного та швидкого розмитнення як пріоритетного питання [4], а саме:

1. Органи людини, кров чи плазма крові;
2. Швидкопсувні лікарські засоби, (наприклад, інсулін);
3. Ліки, необхідні для підтримання життєдіяльності, у номінальній кількості, належним чином підтвержені медичним рецептом;
4. Живі тварини та живі рослини;
5. Газети, журнали та інші інформаційні матеріали;
6. Радіоактивні матеріали;
7. Запасні частини комп'ютерів, машин та бурового обладнання (наприклад, бурові долота);
8. Будь-які інші товари, терміново необхідні, за погодженням митниці, у письмовій формі, у кожному конкретному випадку;
9. Добрива.

Органи людини, кров чи плазма

Донорські органи та кров треба обробляти як надтерміновий вантаж. У супровідних документах і в телеграмах про завантаження використовують спеціальний службовий код “LHO”.

Вантажі, що містять донорські органи та свіжу плазму крові (LHO), зазвичай охолоджуються сухим льодом (ICE) або криогенними рідинами (RCL), тому мають оброблятися відповідним чином. Термінові вантажі LHO можна перевозити у пасажирському салоні ПС під наглядом екіпажу бортпровідників за умови, що їхній розмір дозволяє безпечно розміщення та кріплення. Вантажі LHO мають бути зазначені у NOTOC.

Якщо кров або органи перевозять як діагностичні зразки (дослідження на наявність вірусів), їх обслуговування має відповідати DGR. Донорські органи та кров можуть бути завантажені в той же вантажний відсік літака, що й радіоактивні матеріали категорії II і III (RRY), якщо органи/кров розділені відстанню, передбаченою DGR. Рекомендується відокремлювати донорські органи та кров від людських останків, що перевозяться у трунах (HUM) [5].

#### Лікарські засоби

Вакцину та медичні препарати перевозять звичайним порядком в упаковках, які захищають і запобігають пошкодженням вмісту. Їх обробляють як терміновий вантаж. Деякі подібні вантажі класифікуються як небезпечні, тому їх слід обробляти відповідно до DGR.

Ліки повинні транспортуватися з урахуванням їх фізичних і фізико-хімічних властивостей в умовах, що забезпечують належне збереження, цілісність, якість та захист від дії різноманітних факторів зовнішнього середовища (світла, вологи, пилу), а також контамінації іншими ліками. Лікарські субстанції повинні транспортуватися окремо від інших видів вантажу (харчових продуктів тощо). Наркотичні, психотропні речовини, прекурсори, до складу яких вони входять, транспортуються відповідно до вимог чинних нормативних актів, які регулюють їх обіг в Україні (на підставі документів суворої звітності та забезпечення умов). Кожне вантажне місце, що потребує особливої уваги, маркується певним позначенням: «Обережно», «Оберігати від нагрівання», «Боїться холоду», «Скло», «Крихке», «Верх» та ін. Ліки повинні мати належне пакування, яке забезпечує їхню якість під час завантаження, та

розвантаження. Ліки, які потребують особливих температурних умов зберігання, транспортують спеціально обладнаним транспортом, обладнаним рефрижераторними установками або термokonтейнерами. Транспортний засіб повинен бути обладнаний вантажними контейнерами, піддонами, які дозволяють проводити вологе прибирання з використанням дезінфекційних засобів (після кожного повного розвантаження товару), і мати санітарний паспорт [6].

#### Рослини та продукти рослинного походження

Продукти садівництва мають бути професійно упаковані, щоб гарантувати, що вміст надійно захищений і достатньо вентильований. Упаковки та картонні коробки мають не бути переповнені за вагою або обсягом. При використанні відкритих засобів пакування вантажі не слід закривати пластиковими матеріалами. Їх необхідно захищати від впливу прямих сонячних променів й уникати екстремальних температур; не переохолоджувати без вказівок відправника вантажу; відправляти зі стандартними етикетками, наприклад, "THIS WAY UP"; укладати вантаж рядами тільки відповідно до кількості рівнів, зазначених авіакомпанією; поводитись як із крихким вантажем. Квіти треба завантажувати окремо від свіжих фруктів та овочів, оскільки етиленовий газ, що виділяється у великому обсязі останніми, може викликати пошкодження квітів. Фрукти та овочі упаковують у добре провітрювані контейнери, що запобігають зминанню вмісту. Укладати їх слід так, аби нижні шари не були пошкоджені. Деякі фрукти та овочі вимагають контролю температури під час перевезення на далекі відстані, приміром, полуниця, спаржа, в цьому разі необхідно виконувати рекомендації відправника вантажу. Більшість фруктів і овочів слід обробляти при температурі від 2 до 7°C (від 36 до 45°F), для чого застосовують холодильні камери, але не морозильники. Сухий лід ніколи не використовується як охолоджувач для фруктів і овочів.

#### Тварини

При підготовці живих тварин до повітряного перевезення необхідно визначити класифікацію тварини. Класифікація необхідна для чіткого визначення правил перевезення, вибору контейнера, маршруту доставки. При

повітряному перевезенні живих тварин важливо забезпечити їм необхідні умови навколишнього середовища. До повітряного перевезення приймаються тварини, що здорові, перебувають у гарному стані та придатні до перевезення. При повітряному перевезенні живих тварин необхідне бронювання тоннажу на всіх ділянках перевезення, воно не тільки для повітряних перевезень підходить.

Також повинні дотримуватися наступні вимоги:

- до забезпечення їжею та водою;
- до вентиляції;
- до безпеки тварини;
- до безпеки персоналу.

Весь процес перевезення та наземної обробки живих тварин має бути спроектований таким чином, аби запобігти можливим затримкам вантажу на шляху прямування та забезпечити життєдіяльність і здоров'я тварини.

До відправлення тварини має бути заздалегідь зроблена вакцинація для вироблення імунітету.

Радіоактивні матеріали

ІКАО впровадила докладні технічні інструкції з безпечного повітряного транспортування небезпечних матеріалів. Технічні інструкції вводять єдину класифікацію і систему небезпечних вантажів. Інструкції містять визначення поняття «небезпечний вантаж» і виділяють дев'ять категорій (класів) речовин за критерієм джерела небезпеки: вогнебезпечний, токсичний, легкозаймистий, корозійний та радіоактивний. На авіаперевезення деяких речовин накладено сувору заборону. ІКАО забороняє приймати на борт повітряного судна певні корозійні, токсичні і радіоактивні речовини [7].

До класу радіоактивних речовин належать матеріали, що містять радіонукліди, в яких концентрація активності, а також повна активність вантажу перевищує значення, вказані в DGR. Можлива шкода від впливу променевого випромінювання: опіки; порушення імунної системи; зміни складу крові; ракові захворювання; лейкемія; генетичні порушення, що проявляються в потомства; смерть.

Упаковки із радіоактивними матеріалами мають бути віднесені до трьох категорій залежно від транспортного індексу та максимального рівня радіоактивного випромінювання на поверхні упаковки.

*Категорія I (БІЛА).* Рівень радіоактивного випромінювання цієї категорії незначний і не перевищує 5 мкЗв/год.

*Категорія II (ЖОВТА).* Рівень радіоактивного випромінювання цієї категорії середній і не перевищує 500 мкЗв/год.

*Категорія III (ЖОВТА).* Рівень радіоактивного випромінювання цієї категорії високий і не перевищує 2000 мкЗв/год.

До радіоактивних матеріалів також відносяться подільні речовини (уран-233, уран-235, плутоній-239, плутоній-241 або комбінація цих радіонуклідів).

Головна небезпека полягає у радіоактивному випромінюванні у формі альфа-, бета- чи гамма-випромінювання.

Для маркування радіоактивного матеріалу у звільнених упаковках використовують знак обробки «Радіоактивний матеріал — звільнена упаковка». Мінімальні розміри знаку 74-105 мм [8].

**Висновки.** Чітко класифікувати термінові вантажі доволі тяжко. В різних джерелах інформації класифікація відрізняється, зустрічається різна термінологія та визначення для понять (наприклад, багато спільного у визначеннях спеціальних та термінових вантажів). В даній роботі було виокремлено класифікація, що вважається доцільною, на думку автора статті. В першу чергу до таких відносяться швидкопсувні вантажі. Також, терміновими є «живі» вантажі – рослини та тварини. Терміновими вантажами пріоритетної значимості є донорські органи та лікарські речовини, що необхідні для підтримання людської життєдіяльності. Варто зазначити, що вимоги до транспортування кожного з цих типів кардинально відрізняються один від одного, як за умовами транспортування (необхідне різне обладнання), так і за процедурою оформлення необхідних документів, дозволів тощо. Найбільшою проблемою для класифікації термінових вантажів, є те, що будь-який вантаж, будь-якого типу може стати таким при відповідній вимозі клієнта. В такому випадку, різниця між терміновими та нетерміновими вантажами буде полягати лише в ціні транспортування.

**Перспектива подальших досліджень.** Дослідження термінових вантажів допоможе дізнатися про особливості таких вантажів та зрозуміти їх відмінність від інших видів. Подальшого вивчення потребує питання створення покращення перевезення термінових вантажів, розроблення нових методів скорочення часу доставки або покращення вже існуючих. Перспективою подальших досліджень є створення спеціальних методик, адже ця тема є актуальною для перевізників, транспортних підприємств та власників термінових вантажів.

#### **Список використаних джерел:**

1. TIS-TIR Transport-informationsserver. URL: <http://tis-tir.com/en/informatsiynyy-rozdil/klasyfikatsiya-vantajiv-vydy-vantajiv/>.
2. Законодавство України /Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/term/2405>.
3. Вантажі та їх класифікація / Студопедія. URL: [https://studopedia.com.ua/1\\_32638\\_vantazhi-ta-ih-klasifikatsiya.html](https://studopedia.com.ua/1_32638_vantazhi-ta-ih-klasifikatsiya.html).
4. Сайт LawInsider. URL: <https://www.lawinsider.com/dictionary/urgent-consignment>.
5. Габрієлова Т. Ю., Литвиненко С. Л., Баннов О. В. Організація та технологія доставки спеціальних категорій вантажів. Підручник. Київ, 2018. 416с.
6. Словник української мови. Академічний тлумачний словник. URL: <http://sum.in.ua/s/transportuvannja> .
7. Associatedtraffic AG. URL: <https://asstra.com.ua/ukr/nebezpechni-vantazhi/>.
8. Про затвердження Інструкції про повітряні перевезення спеціальних та небезпечних вантажів: наказ Міністерства транспорту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0385-00#Text>
- 9.

**К. В. Дерев'янку**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЕКОСИСТЕМИ АЕРОПОРТІВ**

Конкурування на ринках авіаперевезень призводить до збільшення та інформатизації функціоналу аеропортових систем, які перетворюються у своєрідну екосистему, дослідженню якої досі не приділялось значної уваги, що, у свою чергу, робить тему дослідження актуальною.

Процеси розвитку сучасних аеропортових систем на світовому ринку авіаційних перевезень присвячені праці багатьох світових вчених. Великий внесок у її вирішення зробили такі вчені, як Гринченко Ю., Ложачевська О., Сидоренко К., Уїнстон К., Вурд Е., Макаріо Р., Мердик Р., Одоні А., Рассел Р., Рус Ж. та інші. Не вирішеними частинами проблеми залишилось дослідження системи взаємопов'язаних функцій аеропортових систем, які по прикладу екології можна вивчати.

Мета роботи – розробити та обґрунтувати наукові засади формування та розвитку екосистем аеропортів.

В останні роки авіаційний транспорт перебуває під впливом великих трансформаційних процесів, пов'язаних з покращенням безпеки, збільшенням швидкості та вдосконаленням рівня комфорту і стає засобом який неможливо замінити.

Завдяки розвитку і впровадженню нових інформаційно-технологічних систем та розподільних каналів поняття «аеропорт» зазнало серйозних змін. Аеропорти набувають високого статусу в соціальній та комерційній сфері. В аеропорту тісно співпрацюють між собою багато систем та служб, які в цілому складають екосистему аеропорту [1].

В біології під екосистемою розуміється сукупність живих організмів, які пристосувалися до спільного проживання в певному середовищі існування, утворюючи з ним єдине ціле. Структури сучасного аеропорту також можна

розуміти як живі організми, що існують в середовищі аеропорту, життєві процеси яких мають тимчасові функціональні взаємозв'язки.

Було виділено наступні складові екосистеми сучасних аеропортів – логістична система аеропорту, авіаційна безпека, система забезпечення дозвілля пасажирів, обслуговування пасажирів і вантажів, підготовка та здійснення польотів (рис. 1).



Рис. 1. Тимчасово-функціональний зв'язок в екосистемі сучасного аеропорту

*Джерело: розроблено та запропоновано автором*

Розвиток авіаційного транспорту, важливішою складовою якого, є аеропортові системи, спричиняє розвиток туризму, ділових контактів між підприємствами і країнами, освітніх процесів, родинних зв'язків і т.д. Як наслідок відбувається підвищення частоти вільних перевезень, збільшення кількості подорожуючих та авіаційних маршрутів транспорту та аеропортової екосистеми.

Основним генератором фінансів аеропорту є пасажиропотік. Тому значних інноваційно технологічних змін потребують процеси обслуговування пасажирів на території аеропорту, особливо в тривалий період пандемії [2].

На рис. 2 наведено напрямки використання технологічного та інформаційного обладнання в екосистемах аеропортів.





Рис. 2. Технологічне обладнання пасажирських перевезень та засоби механізації

Джерело: узагальнено автором на основі [3]

**Висновки.** В роботі запропоновано сучасний підхід до розуміння сучасних аеропортів як системи тимчасово пов'язаних підприємств та процесів або екосистеми. Сформована узагальнена структура екосистеми сучасного аеропорту.

#### Список використаних джерел:

1. Гринченко Ю. Концепція екосистеми авіаційної галузі. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2020. № 1. С. 46-57.
2. Ложачевська О., Сидоренко К. Збільшення потужностей інфраструктури аеропортів як засіб підвищення ефективності їх діяльності. *Реструктуризація глобального простору : історичні імперативи та виклики*. Матеріали наук.-практ. конф. Київ: ДАУ при МС України, 2013. С. 69-71.
3. Сидоренко К. В. Особливості формування виробничої інфраструктури міжнародних аеропортів. *Стратегія розвитку України (економіка, соціологія, право): наук. журн. НАУ*. 2013. №3. С. 143-146.

**Науковий керівник:** Т. А. Дерев'янюк, к.е.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Д. О. Євменцев**

*студент Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **МЕТОДИ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Зміни, що відбуваються у світовій економіці, а саме глобалізація та інтеграція, призводять до того, що роль зовнішньоторговельних відносин зростає рік від року. Світова торгівля з початку 80-х років зростає більш ніж у два рази, а по проведенню дослідження прогнозується ще більше інтенсивне зростання. У той же час зазначений процес супроводжується зростанням витрат, пов'язаних з виконанням транспортно - складських, митних, страхових та інших операцій. У ряді випадків терміни доставки невиправдано високі і можуть бути знижені за рахунок раціональної логістичної організації процесу перевезення та виконання супутніх операцій. При цьому слід зазначити, що особливе місце займають змішані перевезення [1].

Організація змішаних перевезень складний і багатоплановий процес, що має на увазі використання переваг різних видів транспорту на окремих етапах, і особливості якого дозволяють говорити про необхідність використання логістичного підходу. При формуванні раціональної схеми доставки вантажу від постачальника до споживача на основі принципів логістики необхідно здійснити комплекс заходів щодо оптимізації вантажопотоків, основними з яких є вибір видів транспорту, маршруту слідування, визначення системи складування, рівня запасу і оптимальної партії замовлення. При цьому необхідно враховувати, що основними вимогами споживачів в даний час є виконання термінів поставок, то мережу реалізація логістичної концепції «точно під час» [1].

Однак, хоча відзначається вплив на процес формування логістичної мережі як транспортної, так і складської складових, всі джерела розглядають рішення задач функціональних логістик незалежно один від одного. При цьому

ряд показників, наприклад, витрати на виконання одного замовлення в складської логістики, розглядаються як постійні, хоча очевидна їх залежність від схеми доставки. Все вищесказане і визначило актуальність проведеного дослідження в області змішаних перевезень вантажів [2].

Мета дослідження полягає в розробці методичного підходу до вибору варіантів доставки вантажів при змішаних перевезеннях на основі спільного вирішення завдань транспортної та складської логістик.

Реалізація поставленої мети обумовила необхідність вирішення ряду взаємопов'язаних завдань:

- аналіз стану і виявлення тенденцій розвитку транспорту при виконанні внутрішніх та зовнішньоторговельних перевезень;
- уточнення поняття і визначення параметрів перевізного процесу, здійснюваного кількома видами транспорту;
- аналіз і систематизація методів вирішення завдань транспортної та складської логістик;
- розробка узагальненого алгоритму вибору маршрутів доставки вантажів в транспортно-складській мережі;
- виявлення закономірностей формування транспортної складової витрат, пов'язаних з виконанням замовлення;
- розробка методичного підходу вибору раціональних маршрутів змішаних перевезень з використанням мережевих методів;
- розробка і формування довідково-інформаційної бази параметрів і показників змішаних перевезень [2].

Теоретичною і методологічною основою дослідження послужили методи вирішення завдань оперативного планування вантажних перевезень в змішаному сполученні та на окремих видах транспорту, лінійне програмування, теорія ймовірності, теорія логістики, методи економіко-математичного моделювання.

Як інструменти дослідження в дисертаційній роботі знайшли застосування соціологічні методи, методи статистичної обробки інформації,

методи логічного аналізу і синтезу, мережеві моделі, критерії прийняття рішення в умовах невизначеності [3].

Практична значимість роботи полягає в тому, що розроблений алгоритм і його практична реалізація на прикладі внутрішньо перевезення показали складну залежність методів вирішення завдань транспортної та складської логістик.

Проведені дослідження дозволили визначити основні джерела формування інформаційної бази для організації змішаних перевезень вантажів. Наведені відомості отримані в результаті аналізу існуючої ситуації на ринку транспортних послуг в Росії і можуть бути використані в практичній діяльності підприємствами будь-якої галузі при формуванні схем доставки [4].

#### **Список використаних джерел:**

1. Козирев В. К. Грузоведение. М: «РКонсульт», 2005.
2. Методичні вказівки. URL: [www.oda333.ucoz.org](http://www.oda333.ucoz.org)
3. Сайт ВАТ «РЖД». URL: [www.rpp.rzd.ru/Rzd](http://www.rpp.rzd.ru/Rzd)
4. Сайт ТОВ «Іст Лайнс Груп». URL: [www.eastlines.ru](http://www.eastlines.ru)

**Науковий керівник: В. Г. Вовк**, к.т.н.,  
Національний авіаційний університет

**А. А. Задорожна**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. Л. Маляренко**

*аспірантка кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики  
Національний авіаційний університет*

## **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЇ В ЛОГІСТИЦІ**

**Анотація.** У питанні, що досліджувалося зазначено використання новітніх технологій в логістичній діяльності. Показано актуальність інноваційних технологій в логістичній діяльності. Позначено найбільш інноваційні технології в логістиці. Розкрито сутність про безпілотних літальних апаратів, які застосовуються в логістиці, охарактеризовано переваги та недоліки дронів на сьогоднішній день. Зроблено висновок про можливості і зміни розвитку в логістичній індустрії найближчими роками.

**Вступ.** У світі широко спостерігаються технологічні інновації в різних галузях, і логістична сфера не є винятком. За останній час у світі активно вивчаються різні аспекти створення та застосування безпілотних транспортних засобів, таких як автомобілів, самохідних механізмів, бронетранспортерів, літальних апаратах різного призначення [1].

Вибуховий розвиток подібних типів технологічних інновацій призводить до зміни моделей ведення бізнесу в багатьох сферах, включаючи сільське господарство, пошту, кур'єрські служби і т. п. На сьогоднішній день безпілотні літальні апарати використовують для:

- комерційних цілей, тобто моніторинг промислової інфраструктури, сільськогосподарських і лісових угідь, хімічне розпорошення в сільськогосподарських цілях, геофізична аерозйомка;
- розважальних цілей - фотографії і зйомки, моделювання.
- цілей безпеки кордонів і територій країни;

- наукових досліджень – наприклад моніторинг клімату і т.п.

Розвиток міжнародної торгівлі, підвищення вимог до швидкості і якості доставки - все це призводить до підвищення попиту на послуги авіаперевезень у світі [2]. У зв'язку з цим найбільші світові компанії вступають в конкурентну боротьбу за право лідерства в сегменті безпілотних транспортних систем. Використання в логістичній галузі сучасних технологій забезпечить високу швидкість виконання необхідних робіт, скорочення трудових витрат, які призведуть до підвищення конкурентоспроможності логістичної компанії та збільшить їх прибуток [3].

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Питанню використання безпілотної авіації в логістиці присвячено багато наукових праць вітчизняних та зарубіжних авторів. Питання використання інновацій в логістиці перебуває під дослідженням таких авторів як Н. Чухрай, І. Афанасенко, В. Борисова [4].

**Мета:** провести огляд використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у сфері логістики, провести аналіз використання БПЛА у світі та в Україні, представити застосування БПЛА на сьогоднішній день та в майбутньому.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У зв'язку з інтенсивним розвитком інноваційних технологій, в світі більш активно набирає популярність застосування автономної робототехніки та систем управління в логістичній сфері. Логістика на сьогодні є загальноживаним терміном, оскільки вона посідає важливе місце в постачанні, а також конкуренції між підприємствами.

Безпілотні літальні апарати або дрони, – це пристрої, призначені для безпілотної форми доставки товарів. Торгова мережа «Wal-Mart» у 2016 році подала заявку на патент летючого складу, а саме дирижабля. У 2017 року інтернет-магазин «Amazon» подав патент на вежу (склад), звідки БПЛА (дрони) мають вилітати з товаром. Вважають, що в подальшому дронами користуватимуться дуже багато галузей [5].

В умовах поступового скорочення традиційних поштових відправлень (паперові листи, друковані видання) і зростання електронної комерції, багато

поштові компанії в світі стали шукати нові шляхи для зміни доставки. З огляду на зростаючі очікування споживачів щодо швидкої доставки пошти, інтернет-покупок, що багато поштові служби звертають свою увагу на доставку з використанням дронів.

З точки зору, дуже показовими є результати оцінки громадського сприйняття доставки товарів дронами в США, проведеного поштовою службою країни. Опитування було проведено в червні 2016 року і охоплювало 1465 респондентів з 50 штатів. В результаті було виявлено, що 75% опитаних людей очікують впровадження доставки дронами протягом 5 років, однак лише 32% впевнені в тому, що така доставка буде безпечна [6].

В Україні компанія «Нова Пошта» також рухається пліч о пліч з новітніми технологіями. Власники компанії стверджують, що існує велика ймовірність того, що в структурі «Нової Пошти» з'явиться інжинірингова компанія, яка буде займатися питанням швидкої доставки товарів між містами за допомогою безпілотних літальних апаратів. Українська логістична компанія «Нова Пошта» на конференції iForum, що проходила 16 квітня 2015 року в Києві, продемонструвала свій робочий прототип робота-кур'єра [5].

**До переваг дронів (БПЛА)** належить доставка товарів як в міста, так і в райони з малорозвиненою транспортною інфраструктурою, тобто найчастіше в сільську місцевість, де відсутнє якісне дорожнє сполучення.

Однак існують значні **недоліки безпілотних** літальних апаратів, такі як:

- обмежена кількість товарів, які може доставити дрон;
- шум, який він створює;
- низька автономність роботи.

Директор американської фірми «Amazon» у 2013 році заявив про можливість використання дронів для доставки товарів. Така заява спочатку викликала бурю скептицизму, але потім викликала великий інтерес в аудиторії по всьому світу [7]. Дрони набули широкого використання у військових сфері, але з удосконаленням БПЛА, обчислювальні системи стають все компактнішими, а акумуляторні батареї все якіснішими, тому з'явилася

можливість створювати такі безпілотні літальні апарати для використання у різних сферах життя. На сьогоднішній день будь-хто може собі дозволити придбати власний безпілотний апарат, а їх конструювання у вигляді мультикоптерів (літальних апаратів з декількома несучими гвинтами) робить управління досить простим.

Використання дронів у логістиці, з метою доставки, все більше стає актуально для суспільства.

Нещодавно компанія «Amazon» підтвердила свої наміри щодо застосування безпілотних літальних апаратів, випустивши рекламний ролик, у якому було продемонстровано приклад пристрою і бачення компанії, як він може використовуватися. Тим не менш, технічний прогрес робить застосування дронів для доставки товарів дуже перспективним.

На сьогодні типові малі безпілотники на одному заряді акумулятора можуть знаходитися в повітрі 10-15 хвилин і переносити невеликі вантажі на відстані до кількох сотень метрів [5]. Крім того, маю зазначити, що використання таких пристроїв слабо регулюється законодавством, що вносить свою долю ризиків. Сукупність всіх факторів не дозволяє назвати використання дронів цілком доцільним, але досить перспективним з оглядкою на майбутнє і подальший розвиток технологій.

Англійська компанія «Windhorse Aerospace» представила БПЛА «Pouncer», з навантаженням понад 50 кг. У 2017 році компанія продемонструвала можливості дронів, скинувши 30 пристроїв з пілотованого вантажного літака C 130 Hercules. Дрони покинули борт на висоті близько 3 км зі швидкістю 35 км/сек і приземлилися в зазначеному районі з точністю до 7 метрів. Місія безпілотника «Pouncer» – це гуманітарна допомога, доставка їжі в важкодоступні райони, що знаходяться в тяжкому становищі [8].

У 2019 році компанія «Drone Delivery Canada» розробила і запустила перший сервіс повітряної доставки за допомогою дронів – безпілотники літають по заздалегідь прокладених маршрутах – відповідно до авіаційних правил Канади [8].



Проект Wing, розроблений компанією Google Alfabet, співпрацюватиме з двома австралійськими компаніями — медичною та ресторанною. Мережа мексиканських закладів Guzman y Gomez та фармакологічне підприємство Chemist Warehouse за допомогою дронів Alfabet доставляє їжу й ліки замовникам, які проживають у сільській місцевості. Зазвичай, аби отримати замовлення, такі клієнти мають 40 хвилин їхати автівкою, оскільки найближчий продуктовий магазин, ресторан чи аптека розташовані далеко від їхньої домівки. Проект Wing – експериментальний, тобто ті, хто візьмуть участь у використанні його послуг, стануть учасниками дослідження ефективності доставки дронами. Такий метод ще не є ідеальним, тому що навіть попри систему, яка може попередньо налаштовувати маршрути, дрони покладаються на бортові датчики, щоб уникнути перешкод. Та чим більше маршрутів буде пройдено, тим більше інформації зберуть дрони, а відповідно тим краще працюватимуть датчики на місцевості і забезпечуть захист безпілотних літальних апаратів від зіткнення [9].

Цей метод зручний також і для бізнесів — власники мексиканських ресторанів стверджують, що така доставка допоможе їм з точністю налаштувати логістику доставляти продукти для клієнтів, поки вони ще гарячі. Це також допоможе їм зрозуміти, скільки часу потрібно виділити, аби приготування, пакування та завантаження їжі відбувалися максимально оперативно. Водночас безпілотна доставка безрецептурних медикаментів і вітамінів допоможе фармацевтичній компанії знайти найкращий спосіб упаковки різних ліків та оптимізувати кількість предметів, що можна доставити за один рейс.

Каліфорнійський стартап розробляє літальні безпілотники для доставки донорської крові, ліків та вакцин у найбільш віддалені місця Сполучених Штатів. Компанія Zipline вже відправляє свої дрони з медикаментами до Руанди, а саме у ті райони країни, де відсутні дороги. Літаки Zipline масою 10 кг і доставляють вантаж до 1,3 кг. Вони можуть літати на відстань 120 кілометрів за один раз.

Крейсерська швидкість польоту: 100 км \ год	
Максимальна швидкість польоту: 120 км \ год	
Максимальна дальність польоту: 100 км	
Максимальна висота польоту: 2500 м	
Тип авіадвигуна: електричний	

Рис.1. Дрон компанії Zipline

Європейська компанія Airbus провела конкурс з розробки вантажного безпілотного літального апарату майбутнього – Airbus Cargo Drone Challenge. Компанія розглядає його в якості льотного випробувального стенду, який розвиватиме компоненти автономних технологій для майбутніх рішень. Лідер ізраїльської авіаційної промисловості - корпорація IAI проводить дослідження по конвертації пілотованих літальних апаратів в безпілотні.

У 2015 р. франко-німецький проект створив безпілотний літак-амфібію Singular Aircraft.

Розмах крила - 14 м	
Злітна маса - 4000 кг	
Корисний вантаж - 1800 кг	
Дальність польоту: з вантажем 1100 кг - 1400 км з вантажем 1600 кг - 420 км	
Статус: демонстратор	

Рис.2. Безпілотник-амфібія Singular Aircraft

Інший вантажний безпілотник, і теж амфібійного типу, розробляється в рамках американського проекту Nautilus.

Nautilus був заснований в 2014 році для розробки великих безпілотників, які доставляли би вантажі по всьому світу дешевше, ніж літаки, і швидше, ніж

кораблі. Компанія планує продавати в майбутньому безпілотник великим логістичним компаніям світу.

Злітна маса - 5,4 т	
Корисний вантаж - 2 т	
Дальність польоту ~ 2000 км	
Статус: випробування демонстратора з розмахом крила 9 м	

Рис. 3. БПЛА амфібійного типу Nautilus

Тим не менш, такі сучасні технології можуть бути використаними не тільки для доставки. На сьогодні вони часто комплектуються досить якісними камерами, а їхнє апаратне забезпечення дозволяє вести як постійну зйомку, так і трансляцію зображення на зовнішні пристрої у реальному часі. Це дає можливість застосування дронів на складах. З їх допомогою можна:

- здійснювати моніторинг технічного стану складу;
- контролювати реальну завантаженість складського приміщення;
- відстежувати внутрішньо-складське транспортування і перевалку вантажів.

Контроль технічного стану складського приміщення має важливе значення. Тим не менш, процедура детальної перевірки складу досить трудомістка і часто потребує часткової, або навіть повної зупинки роботи складу, а отже виконується якомога рідше за крайньої необхідності [3]. Безпілотник із засобами відеонагляду за допомогою оператора зможе досить просто зробити детальну інспекцію стану складу, а потім спеціаліст по відеозапису - визначити проблемні чи сумнівні ділянки і точково їх перевірити. Такий підхід дозволить значно підвищити якість обслуговування складу та безпеку його експлуатації [10].

**Висновки.** Отже, на сьогодні спостерігається тенденція серйозної зміни в індустрії логістики. Логістичною інновацією, яка зараз найбільш прогресивно розвивається є використання безпілотних літальних апаратів. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) з кожним днем стають все більш розвинені. Це свідчить про зростання кількості БПЛА у різних сферах галузі. БПЛА можуть змінити «завтрашню» логістику, додавши нову форму експрес-доставки через ретельно скоординовані повітряні мережі. Використання безпілотних літальних апаратів – дронів має великий ряд переваг, зокрема: зниження вартості транспортування вантажу; перевезення вантажів в небезпечних зонах, в період катастроф; доставка вантажу у важкодоступні райони; економічна витрата палива; мінімізація дорожніх аварій та подій; підвищення пропускної спроможності доріг.

#### **Список використаних джерел:**

1. Колосов С. В., Абдуллина А. Б., Шваюк В. Д. Правовые аспекты эксплуатации беспилотных летательных аппаратов. Теоретические и методологические проблемы современных наук: материалы XVII междунауч.-практ. конф. 2016. С. 95-99.
2. Кошкин Р. П. Основные направления развития и совершенствования беспилотных авиационных систем. *Научный вестник ГосНИИ ГА*. 2015. № 10 (321). С. 16-25.
3. Крикавський Є. В., Похильченко О. А. Економіка логістики. Навч. посіб. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2014. С.273-282.
4. Дрон. Безпілотний помічник чи шпигун. URL: <http://oksim.com.ua/index.php/234-dron-bezpilotnij-pomichnik-chishpigun>
5. Слідами Amazon: «Нова пошта» тестує доставку дронами. URL: <http://vkurse.ua/ua/business/novaya-pochta-testiruetdostavku-dronami.html> .
6. Титков О. С. Интеграция беспилотных авиационных систем в воздушное пространство. *Авиационные системы*. 2014. № 9. С. 20-32.

7. Титков О. С. Интеграция беспилотных авиационных систем в воздушное пространство (продолжение). *Авиационные системы*. 2014. № 10. С. 34-50.

8. Використання дронів в логистиці. URL: <https://www.microdrones.com/en/applications/growth-markets/quadcopter-for-logistics/> .

9. Матійчик М. П., Качало І. А. Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній авіації. *ABIA 2013*. Матеріали XI Міжнародної наук.-техн. конференції. 2013.

9. Харченко В. П. Інноваційний компонент національних економічних стратегій. *Стратегія розвитку України*. 2011. С. 8–10.

10. Rauh C. Use of Technology Innovation in Logistics. Otto-Friedrich-Universität Bamberg. URL: <http://www.morethanshipping.com/use-of-technology-innovation-inlogistics-2>.

**П. М. Кочмарівська**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту на логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ВПЛИВ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПРОЦЕС ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В АЕРОПОРТУ**

Сьогодні все більше аеропортів у всьому світі впроваджують нові технології для обслуговування пасажирів. Аеропорти Чангі, Інчхон, Схіпхол, Хітроу, Франкфурт, Мюнхен, Цюрих або Копенгагенський працюють над цифровізацією (digitalization), запускаючи спеціальні програми і охоплюючи ключові сфери, де вона має найбільший вплив: технічні операції, безпека, обслуговування пасажирів та роздрібна торгівля.

*Метою* даної роботи є дослідження впливу інноваційних технологій на процеси обслуговування пасажирів в аеропорту.

Дослідження показали, що в останні пару років аеропорти у всьому світі брали участь у випробуваннях різних технологій з метою перетворення їх на «smart airports». Найбільш популярними та ефективними інноваційними технологіями стали: проекти, пов'язані з біометрією; самообслуговування та автоматизація; штучний інтелект; програми передбачення; блокчейн; роботи-асистенти та інші [1, с.2].

Виділяють три рівні цифровізації аеропортів:

**1) Операції, пов'язані з технічним обслуговуванням та експлуатацією.** Запровадження нових технологій в операції, які пов'язані з технічним обслуговуванням повітряних суден та аеропортів.

**2) Обслуговування пасажирів в аеропорту.** Завдання – покращити процес обслуговування шляхом усунення черг та забезпечуючи безперервний потік пасажирів (автоматизовані стійки реєстрації з можливістю реєстрації багажу, пункти паспортного контролю, виходи на посадку).

### **3) Неавіаційна діяльність.**

Розглянемо другий рівень цифровізації, який стосується обслуговування пасажирів. У 2020 році через пандемію COVID-19 все більше аеропортів замінюють традиційну систему обслуговування пасажирів до автоматизованих стійок чи коридорів. Такі технології допоможуть зменшити контакти між людьми під час проходження всіх процедур в аеропорту. Сьогодні жоден аеропорт України не обладнаний такими автоматизованими технологіями. Їх впровадження дозволить аеропорту:

- вести діяльність компанії та надавати послуги на новому якісному рівні, відповідним кращим закордонним практикам, як в цей момент, так і в перспективі;
- покращити основні показники ефективності виробничого процесу;
- забезпечити істотне зміцнення позицій на ринку;
- впровадити ефективні механізми інноваційного надання послуг пасажиром.

Традиційний процес обслуговування пасажирів досить простий: пасажир купує квиток, а потім в аеропорту здійснює реєстрацію, здає свій багаж, отримує посадковий талон, проходить паспортний контроль та йде на посадку. Ще 10 років тому цей процес виглядав досить нормально для пасажирів. Однак вже сьогодні у 2020 році при створенні різноманітних технологій, які пришвидшують всі процедури, думка та очікування пасажирів змінились.

На рис.1-2. наведено етапи традиційного та інноваційного процесу обслуговування пасажирів [2, с.6]. Як бачимо, завдяки інноваційним технологіям пасажир, зареєструвавшись та здавши багаж в автоматизованій стійці, може одразу прямувати до паспортного контролю та виходу на посадку. Такі технології зменшать черги, що дозволить за 10 хв пройти всі процедури перед рейсом.



Рис. 1. Традиційний процес обслуговування пасажирів

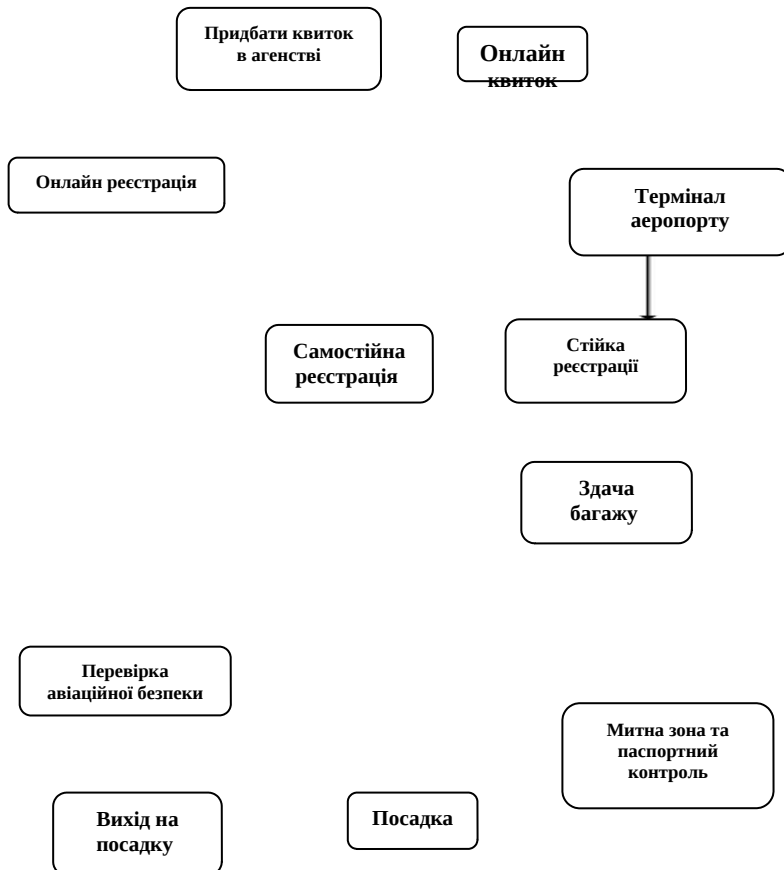


Рис. 2. Інноваційний процес обслуговування пасажирів



На жаль, українські аеропорти не можуть похвалитися технологіями штучного інтелекту чи автоматизацією процесу обслуговування. В Україні існує проблема розвитку аеропортів, яка сповільнює соціально-економічне зростання нашої країни. Тому, нам необхідно впроваджувати такі новітні технології в аеропортах України.

Для прикладу, запропонуємо впровадження автоматизованої реєстрації пасажирів з можливістю самостійно зареєструвати багаж для найбільшого аеропорту в західній Україні – «Львів» імені Данила Галицького.

Міжнародний аеропорт «Львів» обладнаний 28 стійками реєстрації [3]. Зрозуміло, що 28 стійок не можуть бути відкритими в один і той самий час, навіть у години пік. Припустимо, що в годину пік працює 5 автоматизованих стійок реєстрації з можливістю реєстрації багажу та 13 традиційних стійок.

Для традиційної стійки поточний час обробки становить в середньому 2 хв/люд. Це означає 30 людей/год або 390 пасажирів для всіх 13 стійок, розглянутих у нашій гіпотезі.

Водночас, маючи 5 автоматизованих стійок реєстрації з можливістю реєстрації багажу, час обслуговування пасажирів в середньому буде дорівнювати 30 с/пас. Це означає, що 120 пасажирів будуть обслуговуватись за 1 годину в 1 автоматизованій стійці та 600 пасажирів за годину для 5 таких стійок.

Отже, обсяги обслуговування пасажирів в зоні реєстрації після впровадження технології збільшаться в чотири рази.

Впровадження нових технологій потребує значних інвестицій в аеропорти, адже ціна на автоматизовані стійки реєстрації, паспортного контролю, виходів на посадку є досить високою (від 10 до 50 тисяч доларів за одиницю). Тому, аеропорт «Львів» не буде отримувати дохід від запровадженої технології перший час, але ефективність та пасажиропотік аеропорту буде зростати.

Отже, самообслуговування в аеропорту – це не просто тенденція, а технічна революція у сфері обслуговування пасажирів. Це справді змінює

спосіб авіакомпаній та аеропортів працювати та взаємодіяти зі своїми клієнтами. Ці технології підвищують ефективність діяльності аеропорту та виведуть його на новий рівень обслуговування. Від датчиків для контролю температури та освітлення до розумних міток багажу для відстеження та направлення багажу до літака, автоматизованої реєстрації пасажирів з розпізнаванням обличчя, технологія пронизує всі сектори аеропорту для оптимізації процесів та потоку руху.

#### **Список використаних джерел:**

1. Abdullah Alghadeir, H. A.-S. (2016). Smart Airport Architecture Using Internet of Things. *International Journal of Innovative Research in Computer Science&Technology (IJIRCST)*, 4(5), 148–155.
2. Gualandi N., Mantecchini L., Paganelli F. The impact of new technologies in airport passengers' processes. *International Conference*, 5th-6th November 2018, Venice, Italy, paper in Conference Proceedings.
3. Міжнародний аеропорт «Львів» імені Данила Галицького. URL: <https://lwo.aero/uk>

**Науковий керівник: В. С. Коновалюк**, к.фіз.-мат.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**М. В. Кравченко**

*студент Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. В. Мединський**

*асистент кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **МЕРЕЖА АЕРОДРОМІВ**

### **БАЗУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

Дослідженню присвячено вивчення розвитку галузі робототехніки а зокрема ринку безпілотних літальних апаратів (БПЛА). В даній статті було проаналізовано динаміку ринку БПЛА та визначено прогнозну перспективу його розвитку. Також було досліджено основні регіони країн світу за ступенем розвитку виробництва БПЛА та виділено основні компанії, які займають найбільшу частку на ринку. Нами були виявлені основні країни базування та тестування БПЛА, які на сьогоднішній день поступово збільшують свій вплив на світову економіку. На рахунок України, на сьогоднішній день виробництво і розвиток галузі БПЛА знаходиться на низькому рівні, у зв'язку з відсутність повноцінного фінансування у розвиток науки і техніки з боку держави [1].

**Постановка наукової проблеми.** Безпілотні літальні апарати вже не перше сторіччя займають конструкторів і вчених. Якщо в ХХ столітті безпілотник був сміливою фантазією, як і багато наукових і технічні ідеї, то сьогодні він стає частиною реальної економіки, створює нові методи діагностики і моніторингу, а ще - робочі місця.

Безпілотна авіація одна з найбільш динамічно прогресуючих галузей на сьогоднішній день. Маркетингові дослідження прогнозують зростання доходів глобального ринку БПЛА до 18 мільярдів доларів США в 2020 році, що є найвищим показником серед сегментів світової авіакосмічної галузі [2].

Вибухове зростання ринку БПЛА і пов'язаних з ним послуг прогнозується при подоланні незабаром ряду технічних і адміністративних бар'єрів, що обмежують використання БПЛА в національному повітряному просторі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання про поняття та дослідження мережі аеродромів базування безпілотних літальних апаратів були розглянуті багатьма західними дослідниками як: Клер Гаффі, Хакан Гюльтекін, Бюлент Тавлі, Донателла Домінічі, Пітер Хоббс, Вероніка Лехнер, Томаш Недзельський та Марко Пірас. У вітчизняній науці теж є зацікавлення на рахунок базування безпілотних літальних апаратів у працях таких дослідників як: В. Ілюшко, М. Митрахович, О. Харченко, С. Богословець, М. Павлушенко, Ю. Іванова, О. Краснов, Н. Василін, Л. Куліков, С. Семенов [3].

**Об'єкт дослідження** безпілотні літальні апарати.

**Мета та постановка завдань.** Метою дослідження є аналіз мережі аеродромів базування безпілотних літальних апаратів.

Серед основних **завдань** дослідження є:

- Визначити ступінь розвитку ринку БПЛА та його перспективу
- Проаналізувати основні регіони виробництва та БПЛА та визначити частку на ринку найбільших компаній
- Розглянути основні країни розміщення баз БПЛА
- Дослідити стан та перспективи розвитку ринку безпілотних літальних апаратів в Україні.

**Результати дослідження.** Світовий ринок робототехніки і безпілотних літальних апаратів в найближчі роки буде рости стійкими темпами, про що говорить прогноз InternationalDataCorporation (IDC).

Очікується, що до 2022 року обсяг світового ринку комерційних безпілотних літальних апаратів досягне 2,07 млрд. Дол. США, згідно з новим звітом Grand View Research Inc. Підвищення корисності в правоохоронних і сільськогосподарських додатках, як очікується, буде грати ключову роль в зростанні ринку протягом прогнозованого періоду [5]. Завдяки тому, що їх присутність відчувається в військовому секторі, ці безпілотні літальні апарати

(БПЛА) поступово придбали помітне значення в комерційному секторі і, як очікується, перевершать темпи зростання, які спостерігаються в першому. Детальніше ріст ринку БПЛА зображений на рис. 1.

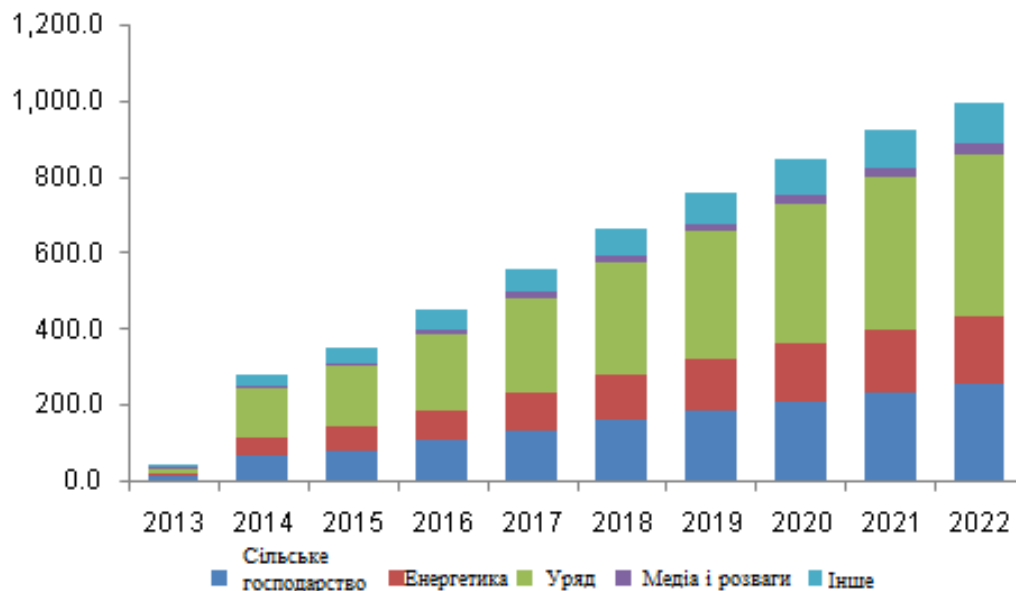


Рис. 1. Ринок безпілотних літальних апаратів, за період 2012 - 2022 рр. (млн дол. США) [2]

Урядовий сектор був найбільшою галуззю застосування БПЛА в 2018 році, і за прогнозами такою і залишиться в 2022 році. Проте, галузь енергетики залишатиметься найбільш швидкозростаючою. У той час як сільське господарство і будівництво в даний час займають лідируючі позиції на ринку безпілотних літальних апаратів, зростання транспортного сектора буде означати, що в 2022 році транспорт стане другою за величиною галуззю на ринку [6].

США і Китай в даний час домінують на ринку безпілотників - разом їх доходи становлять понад 2/3 світового ринку безпілотників. У той час як Північна Америка в 2018 році принесла трохи більше доходу, ніж Азія, завдяки зростанню не тільки Китаю, але і Японії, і особливо Індії, Азія в основному вирветься вперед вже до кінця 2020 року.

Узаконивши безпілотники в кінці 2018 року, Індія вже стала швидко зростаючим ринком. Ця тенденція зростання збережеться, і Індія, як найбільш

швидко зростаючий ринок, в 2025 році перетвориться на 3-й за величиною ринок безпілотників в світі (звісно менше, США і Китай). Детальніше динаміка ринку БПЛА за регіонами зображена на рис. 2.

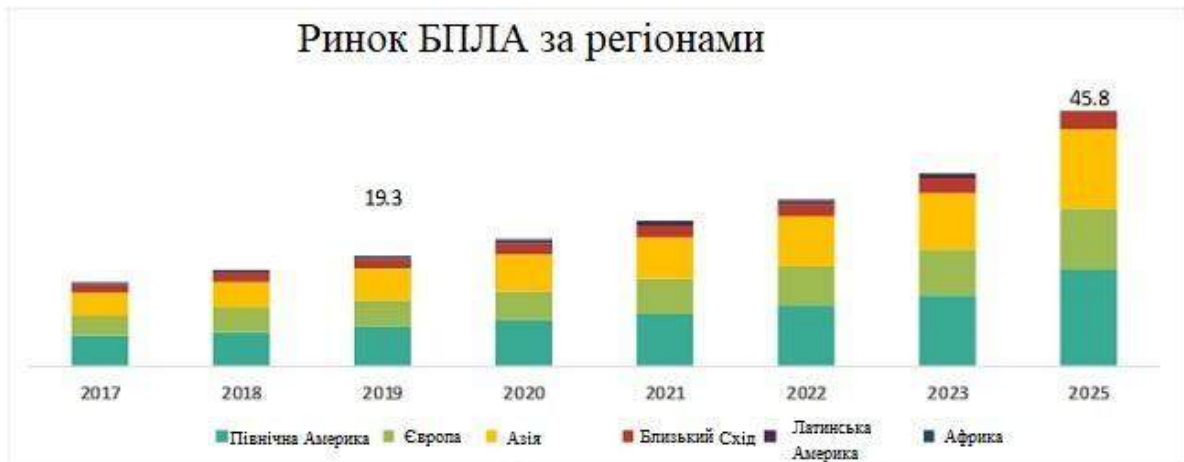


Рис. 2. Ринок БПЛА за регіонами станом за 2017-2025 рр.

Джерело: розроблено автором за [3].

Ринок виготовлення БПЛА дає величезні можливості як компаніям, так і інвесторам. Компанії по всьому світу, а зокрема в США поспішили акцентувати свою діяльність на інвестуванні у виробництво дронів, щоб скоротити витрати, підвищити операційну ефективність та відкрити нові потоки доходів [7].

Нижче (табл.1) наведено список державних і приватних компаній, які в даний час є найбільшими гравцями в індустрії безпілотних літальних апаратів.

Таблиця 1

### Основні компанії виробники БПЛА

Компанія	Основні типи БПЛА	Регіон базування	Рік заснування	Частка ринку, %
DJI (Dajiang)	Mavic, Phantom	Шеньчжень, Китай	2006	76,8
Intel	Shooting star, Falcon 8	СантаКлара, США	2015	3,7
Yuneec	h520, Thyrpoon H	Гонконг, Китай	2010	3,1
Parrot	Anafi, Верор 2	Париж, Франція	2009	2,2
Gopro	Karma	СанМатео, США	2016	1,8
BDR	Solo	Берклі, США	2009	1,5

Holy stone	HS100, HS700	Тайбей, Тайвань	2014	0,8
Autel	X-Star Premium, EVO	Бозелл, США	2014	0,8
SenseFly	eBee	Лозанна, Швейцарія	2009	0,3
Kerspry	Kerspry Drone 2	МенлоПарк, США	2013	0,3

*Джерело: розроблено автором за [4; 5]*

DJI Innovations, яка знаходиться в Шеньчжені, Китай, є найпопулярнішим виробником БПЛА в галузі, частка ринку якої складає 76,8% і яку можна вважати потужним олігополістом на ринку. Слідом за DJI Innovations йдуть Intel та Yuneec відповідно з частками на ринку 3,7% та 3,3% відповідно [8].

На сьогодні західна частина арктичної зони Росії знаходиться в сфері відповідальності НАТО. Тут розгорнуте потужне авіаційне угруповання, що включає літаки США, Великобританії, Данії і Норвегії. Великобританія має великий парком БПЛ, що налічує близько 210 літаків. Данські F-16 регулярно перекидаються в Гренландію для тренування дій в Арктиці. З 2019 року Норвегія зможе використовувати літаки-заправники A330 MRTT, які дозволять винищувачам діяти на великій відстані від баз. Північна і північно-східна зона Росії знаходиться в сфері відповідальності двох командувань ЗС США: Північного і Тихоокеанського [7].

Канада має в своєму розпорядженні 77 винищувачами CF-18 (F / A-18A / B), які регулярно відпрацьовують розгортання в арктичній зоні. ВВС США мають у своєму розпорядженні в Арктиці дві постійні авіабази на Алясці. На базі Елмендорф-Річардсон розгорнуті 36 винищувачів F-22A і 4 літаки АВАКС E-3. На базі Ейельсон постійно базуються винищувачі F-16C / D, які після 2020 року планується замінити на F-35A. Масштаби проведених на Алясці навчань демонструють потенціал ВПС США з нарощування авіаційного угруповання в Арктиці.

У США є плани організувати постійне базування винищувачів в Ісландії. Крім того, в разі загострення обстановки бойові літаки США можуть

повернутися на авіабазу Туле в Гренландії. До числа переваг Заходу слід віднести великі можливості розвідувальної та патрульної авіації. Наприклад, в складі ВПС США є 55 безпілотників RQ-4, здатних вести розвідку на відстані до 5 тис. Км від своїх баз. [8].

Сьогодні понад 30 країн світу займаються розробкою, виробництвом, використанням та експортом БПЛА різного класу і призначення. На даному етапі розвитку БПЛА чітко визначилися світові лідери, які можуть розробляти, виробляти та експлуатувати сучасні багатофункціональні БПЛА. Це такі країни як США, Ізраїль, Російська Федерація й Китай. Розглянемо деякі найбільш важливі аспекти створення сучасної безпілотної АТ у цих країнах.

Аналіз програм досліджень і розробок, які виконуються за завданням міністерства оборони США, показує, яке значення надають США застосуванню і розвитку перспективних бойових безпілотних систем для потреб сухопутних військ, військово-морських сил, військово-повітряних сил, морської піхоти та берегової охорони. [7].

Отже, простий огляд арсеналу великих БПЛА, що перебувають на озброєнні країн НАТО, свідчить, що всі великі дрони в даний час розроблені і вироблені в США та Ізраїлі. Так, за підрахунками Міжнародного інституту стратегічних досліджень, в даний час на озброєнні німецького бундесверу знаходиться 3 великих дрона, французької армії – 4, італійської – 9, британської – 10. І це в той час, коли збройні сили США мають у себе на озброєнні 429 важких дронів. Очевидно, що європейські збройні сили тут істотно відстають в якісному і кількісному відношенні від США. Однак у кількісному відношенні різниця тут не представляється настільки великою. Наприклад, за відомостями експертної організації Eurocontrol, в 2011 р. США мали у себе 13195 військових і допоміжних ЛА – літаків і вертольотів, а всі 27 держав ЄС володіли в сумі 8111 одиницями подібної техніки: Франція – 1339, Великобританія – 1296, Німеччина – 1096 та Італія – 901. При порівнянні ударної бойової авіації (без вертольотів) розрив між американцями і європейцями збільшується: США – 3630 бойових машин, Франція – 380, Німеччина – 346, Великобританія – 213 та



Італія – 164. Навіть кризова Греція в 2011 р. мала в строю своїх військово-повітряних сил 304 бойових літаки проти 401 у Туреччині.

За роки незалежної України жодне міністерство і відомство не змогло замовити та завершити розробку БПЛА, незважаючи на наявність наукових, виробничих та випробувальних організацій, здатних розробляти і виробляти міні і тактичні БПЛА, і в цьому полягає перша проблема.

Основними організаціями України, здатними в різного ступеня розробляти БПЛА, можна назвати наступні:

- Харківське державне авіаційне виробниче підприємство «ХДАВП» (м. Харків);
- ВАТ «Мотор-Січ» (м. Запоріжжя);
- ДП ЗМБК «Івченко-Прогрес» (м. Запоріжжя);
- ДП «Орізон-Навігація» (м. Сміла);
- НВП «Укртехно-Атом», ТОВ «Юавіа» (м.Київ);
- ОКБ «ТЕКОН-Електрон» (м.Львів).

Далеко не повний перелік державних підприємств і організацій - ентузіастів говорить про досить солідний науковий, технічний і технологічний потенціал в Україні, який через відсутність державного фінансування, привабливості для інвестування приватним бізнесом і недалекою військово-технічної політикою може втратити свою актуальність.

Друга проблема лежить в області організації в Україні повного замкнутого циклу розробки і виробництва БПАК силами виключно вітчизняного ВПК. Сьогодні десятки підприємств займаються даними питаннями, хоча юридичної підстави для цього у більшості з них немає, результати їх роботи є дослідними зразками, які використовують зарубіжну елементну базу, що ставить під питання можливість подальших успішних випробувань, постановки на озброєння і експлуатації.

Обґрунтування сценарію і вибір напрямку розвитку БПАК в Україні. Початкові етапи створення складної наукомісткої програми БПАК вимагає використання великого обсягу інформації та залучення експертів [1].

Побудуємо процедуру обґрунтування вибору напрямків розвитку БПАК. Для цього необхідно вивчити потреби щодо можливих державних інтересів, розвиток високих технологій, зайнятість населення в авіа промислової сфері.

Таким чином, враховуючи перспективність розвитку вітчизняної безпілотної АТ, використовуючи державну підтримку пропонується виконати наступні заходи:

1. Провести економічну оцінку можливості придбання (за кордоном) БПЛА й виготовлення власними силами компонентів БПАК.

2. Розробити стратегію розвитку БПЛА, так званої дорожньої карти БПЛА, головною метою якої була б підготовка відповідей на наступні три ключові питання:

- які потенційні завдання здатні вирішити БПЛА;
- які обладнання та технології для цього необхідні;
- в які терміни ці технології можливо реалізувати.

3. На підставі загальносвітового досвіду щодо виробництва складних технічних систем, реалізація проекту вітчизняного БПАК вимагає розробки державної цільової програми, що визначає головне підприємство, учасників, терміни реалізації проекту, обсяги необхідного фінансування.

**Висновки.** Вплив технологічного прогресу спричинив велику хвилю зрушень у галузі робототехніки, а зокрема у виробництві безпілотних літальних апаратів. БПЛА стали невід'ємною частиною сучасного світу і їх роль зростає колосальними темпами. Безпілотна авіаційна техніка переживає справжній бум. Сучасний комплекс БПЛА є високотехнологічною системою з елементами штучного інтелекту, інтегрованою у загальновійськовому систему збору інформації та прийняття рішень. Основними країнами базування БПЛА є США, Китай, Росія, Франція та Індія, в яких розміщені головні аеропорти для базування та тестування найсучаснішої техніки.

**Список використаних джерел:**

1. Харченко О. В., Кулешин В. В., Коцуренко Ю. В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення. *Наука і оборона*. 2005. №1. С.47 – 54.
2. Commercial Drone Market Size, Share&Trends Analysis Report By Application (Filming&Photography, Inspection& Maintenance), By Product (Fixed-wing, Rotary Blade Hybrid), By End Use, And Segment Forecasts, 2019-2025. URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4827913/commercial-drone-market-size-share-and-trends> .
3. Lukas Schroth. The Drone Market 2019-2024: 5 Things You Need to Know. URL: <https://www.droneii.com/the-drone-market-2019-2024-5-things-you-need-to-know>.
4. World's largest drone companies and manufacturers to watch and stocks to invest in 2020. URL: <https://www.businessinsider.com/drone-manufacturers-companies-invest-stocks>.
5. Производитель дронов DJI - лидер на рынке США. URL: <https://russiandrone.ru/publications/proizvoditel-dronov-dji-lider-na-rynke-ssha/>.
6. Global Drone Regulation Database. URL: <https://www.droneregulations.info/Hungary/HU.html#country-search>.
7. Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005-2030. URL: [https://fas.org/irp/program/collect/uav\\_roadmap2005.pdf](https://fas.org/irp/program/collect/uav_roadmap2005.pdf).
8. Global Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market 2020-2026. URL: <https://www.asdreports.com/market-research-report-505475/global-unmanned-aerial-vehicle-uav-market>.

**П. А. Лиман**

*студент Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. В. Мединський**

*асистент кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСТАВКИ ТЕРМІНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

В умовах швидкого становлення інформаційного суспільства, розвитку ІТ-технологій та переходу до Індустрії 4.0 прискореного розвитку набувають процеси впровадження інновацій – технологічних, продуктових, маркетингових та сервісних. Яскравим прикладом є поширення використання безпілотних літальних апаратів, які застосовуються для різноманітних господарчих цілей – від розвідки, відео- та фотозйомки до внесення добрив, доставки вантажів та виконання інших задач. Особливого поширення доставка вантажів за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА, або безпілотників) набула в результаті епідемії COVID-19, оскільки такий спосіб доставки дозволяє мінімізувати ризики контакту між отримувачем відправлення та кур'єром. Крім того, доставка з використанням безпілотників є максимально швидкою, що зумовлено не тільки швидкісними характеристиками цих апаратів, але й повітряним способом їх пересування (рух найкоротшою траєкторією, нівелювання чиннику заторів на автошляхах). Все це зумовлює зростання зацікавленості до використання безпілотників в сфері доставки термінових вантажів. Отже, застосування будь-якої інновації вимагає попереднього ретельного аналізу: економічного ефекту, окупності та супутніх ризиків. Тому питання визначення економічної ефективності доставки термінових вантажів за допомогою безпілотних літальних апаратів є гостро актуальним та своєчасним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання господарчого та комерційного використання БПЛА активно досліджуються численними вітчизняними спеціалістами, такими, як Купріянова В. С. та Матюшенко І. Ю., що досліджують перспективи застосування БПЛА в Україні [1], Лаврівський М. З. та Гаврись А. П., розвиток використання БПЛА в сфері цивільного захисту [2], Лаврівський М. З. та Тур Н. Є., що приділили увагу проблемам використання БПЛА для моніторингу надзвичайних ситуацій у лісових насадженнях [3] та ін., втім, праць, присвячених саме визначенню економічної ефективності використання БПЛА в економіці, зокрема – у сфері доставки, критично мало. Саме це і зумовило вибір теми даного дослідження.

**Мета** – обґрунтувати методичний підхід до визначення економічної ефективності доставки термінових вантажів за допомогою безпілотних літальних апаратів.

**Методологія дослідження.** В процесі дослідження використовувалась система загальнонаукових та спеціальних методів, що включають:

- методи аналізу та синтезу, індукції та дедукції – в процесі дослідження розвитку господарчого та комерційного використання БПЛА в державах світу та в Україні;

- методи порівняння, систематизації та узагальнення – для співставлення різних підходів щодо визначення економічної ефективності;

- методи економічного аналізу - для обґрунтування методичного підходу до визначення економічної ефективності доставки термінових вантажів за допомогою безпілотних літальних апаратів.

Дослідження ґрунтується на фундаментальних положеннях економічної науки, на працях провідних фахівців, що досліджують використання ДПЛА в Україні, на інформації Інтернет-ресурсів, що висвітлюють стан використання ДПЛА в Україні та інших країнах світу, та на законодавстві України.

**Основні результати дослідження.** Питання використання безпілотних літальних апаратів в Україні є недостатньо регламентованими законодавчо. У Повітряному кодексі України. використовується термін «безпілотне повітряне

судно», під яким розуміється „повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном» [4]. Але, в інших документах, якими регламентується використання повітряного простору, БПЛА не зазначаються. Це створює, з одного боку, необмежені можливості для використання таких пристроїв у господарській та комерційній діяльності, а з іншого – зумовлює ризики, що можуть бути пов'язаними з їх використанням, оскільки пристрій, що може стати некерованим або вийти з ладу в повітрі, може завдати травм або спричинити матеріальну шкоду. Вчинення дій у повітряному просторі, що спричинили загибель людей, тілесні ушкодження або велику матеріальну шкоду (або створили таку загрозу), підпадає під дію статті 282 Кримінального кодексу України [5]. Тому такі ризики повинні враховуватись в процесі оцінки ефективності використання БПЛА, в тому числі – як засобу термінової доставки вантажів.

Одною з перших компаній, що почала використовувати безпілотну доставку спеціальними пристроями (БПЛА або дронами), є транснаціональна торгівельна корпорація Amazon, яка повідомила про плани налагодити термінову (протягом 30 хвилин) доставку дронами ще в 2013 р. Перша така доставка була здійснена в грудні 2016 р. [6]. Послуга швидкої доставки замовлень дронами від Amazon представлена на рисунку 1.

У даного способу доставки є ціла низка переваг:

- нівелювання «людського фактору» – на відміну від людини-кур'єра автоматизована доставка БПЛА зменшує ризики неналежного виконання послуги доставки (запізнення, пошкодження з необережності чи навмисне, помилки у доставці вантажів тощо);

- висока швидкість доставки – БПЛА є швидшим за види транспорту, які зазвичай використовуються для кур'єрської доставки, вони літають за оптимальною траєкторією та не стикаються з проблемами перевантажених наземних транспортних ліній;

- економія витрат – безпілотний спосіб доставки є максимально економічним завдяки економії на оплаті часу кур'єрів та мінімізації енерговитрат;

- максимальний рівень безпеки в умовах несприятливої епідеміологічної ситуації (як зазначають фахівці, епідемії на кшталт COVID-19 будуть повторюватись і в майбутньому).

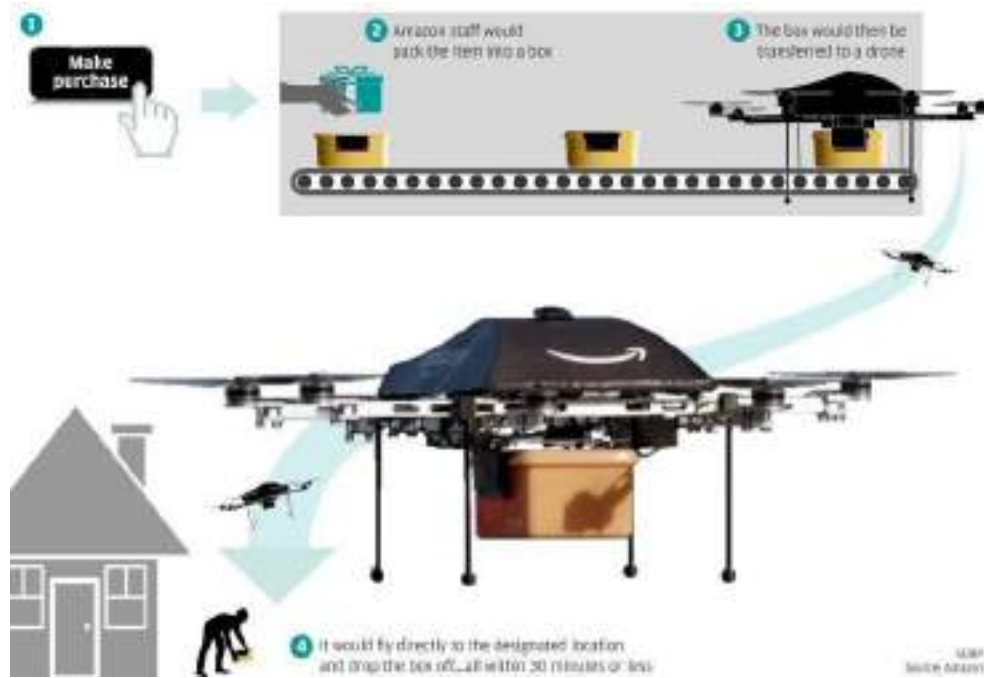


Рис.1. Доставка замовлень Amazon Prime Air's [4]

Втім, існує й ціла низка обмежуючих чинників, які також слід враховувати, визначаючи економічну ефективність використання БПЛА для доставки термінових вантажів, зокрема:

- законодавча неврегульованість;
- ризик кримінальної відповідальності у випадку створення аварій (або аварійних ситуацій), загибелі людей, травмування, пошкодження майна;
- обмежена вантажопідйомність;
- ризик перехоплення вантажу та / або дрону на шляху до отримувача;
- ризик крадіжки БПЛА на шляху від отримувача;

- ризик пошкодження дрону (навмисного чи ненавмисного) під час польоту (людиною, пристроями, зокрема – іншими БПЛА, тваринами);
- ризики кібератак на систему доставки.

Втім, незважаючи на наявні ризики, з огляду на зазначені вище переваги даний напрямок є надзвичайно перспективним, тому, як вважають фахівці, буде надалі активно розвиватись.

Визначення економічної ефективності доставки термінових вантажів за допомогою безпілотних літальних апаратів повинне базуватись на чіткому розумінні поняття економічної ефективності взагалі.

Поняття економічної ефективності тісно пов'язане з поняттям економічного ефекту – в той час, як останній є абсолютним кількісним (грошовим) показником, ефективність є відносним і якісним показником. Перевага якісних показників перед кількісними полягає в їх порівнянності (за періодами, за бізнесами компанії, за різними компаніями в галузі), а також в тому, що вони нівелюють вплив інфляційного чинника.

У загальному вигляді всі показники економічної ефективності (прибутковості, доходності, рентабельності, економності) можна представити як відношення економічного ефекту (доходу, прибутку, економії) до певної бази (в процентному вираженні або у вигляді коефіцієнта). Вибір методики оцінки економічного ефекту (чисельника) і бази (знаменника) визначає саму оцінку ефективності.

При оцінці ефективності доставки термінових вантажів за допомогою БПЛА ключовим питанням є:

- як обчислити ефект;
- яку обрати базу: вартість БПЛА або витрати, пов'язані з операцією доставки вантажу.

Ефектом від використання БПЛА для доставки вантажу може бути, в залежності від бізнес-моделі, використовуваної компанією:

- дохід від однієї операції доставки (або загальний дохід);



- прибуток від однієї операції доставки, як різниця між вартістю доставки для замовника та витратами, пов'язаними з операцією доставки, (або сумарий);

- економія, яка отримується від використання БПЛА замість інших видів доставки (велокур'єр, автокур'єр, піший кур'єр), на одну доставку чи сумарна.

Економія може бути розрахована як різниця між вартістю послуг кур'єра за одну доставку (що, в залежності від використовуваної бізнес-моделі та виду транспорту може враховувати або не враховувати вартість пального) та експлуатаційними витратами, пов'язаними з використанням БПЛА. Крім того, можна також врахувати чинник терміновості доставки, що є особливо актуальним для великих міст або міжміської доставки.

Базою для розрахунку економічної ефективності може бути, зокрема, вартість пристрою (пристроїв), що доцільно, наприклад, у випадку, коли розглядається ефективність інвестування у закупівлю БПЛА для доставки, тоді таку ситуацію можна розглядати як інвестиційний проект, а ефективність використання БПЛА буде, фактично, показником рентабельності інвестицій. В такому випадку в чисельнику в якості економічного ефекту слід брати дисконтований дохід (або сумарну економію) від використання БПЛА за певний період (наприклад, за звітний рік, або за весь гарантійний період БПЛА).

Інший підхід – більш простий, оскільки дозволяє визначити ефективність однієї операції доставки: в знаменнику можна використовувати суму експлуатаційних витрат, пов'язаних з операцією безпілотної доставки.

Сума експлуатаційних витрат, пов'язаних з доставкою вантажу БПЛА, повинна враховувати:

- вартість енерговитрат на доставку;

- якщо БПЛА працює не в автоматичному режимі – то вартість часу роботи оператора;

- амортизацію (останню доцільно враховувати не за бухгалтерською методикою, а виходячи з вартості та ресурсу пристрою, обчисленого в кількості середніх доставок, які він може зробити протягом гарантійного періоду – в

такому випадку до кінця гарантійного періоду можна буде накопичити суму, необхідну для заміни пристрою);

- компенсацію ризиків – оскільки є певна ймовірність втрати пристрою із зазначених вище причин, доцільно або застрахувати пристрій, або створити страховий резерв на його відновлення.

Таким чином, пропонується декілька методик обчислення економічної ефективності використання БПЛА для доставки термінових вантажів:

- інвестиційна ефективність;
- прибутковість операції доставки;
- економічність операції доставки.

Показник інвестиційної ефективності можна використовувати для визначення доцільності інвестування в апарати БПЛА та для вибору між альтернативними варіантами капіталовкладень (різними моделями БПЛА).

$$PI = \frac{\sum \text{ЧДГП}}{PI}, \quad (1)$$

де: PI – рентабельність інвестицій в БПЛА;

$\sum \text{ЧДГП}$  – сумарний чистий дисконтований грошовий потік від використання БПЛА за період, що відповідає гарантійному терміну;

PI – початкові інвестиції в БПЛА, відповідають сумарній вартості пристроїв.

Даний показник, який фактично є показником рентабельності інвестицій, повинен бути  $> 1$ .

Показник прибутковості операції доставки доцільно використовувати компаніям, які доставляють (або планують доставляти) вантажі дронами на платній основі (між іншим, це стосується компаній-аутсорсерів, що співпрацюють з Інтернет-магазинами, ресторанами, аптеками та агрегаторами, надаючи їм послуги з доставки товарів, які замовляють покупці).

$$PD = \frac{PD}{EBD} \times 100\%, \quad (2)$$

де: PD – рентабельність середньої доставки БПЛА;

ПД – прибуток на одну середню доставку (різниця між ціною доставки та ЕВД);

ЕВД – експлуатаційні витрати доставки БПЛА.

Даний показник, як і інші показники рентабельності, розраховується у відсотках.

Показник економічності операції доставки варто використовувати тим компаніям, що доставляють товари власним клієнтам на безоплатній основі. В тому числі – тим компаніям, які досі передавали доставку на аутсорс стороннім організаціям, але планують почати використовувати безпілотними.

$$ЕД = \frac{Е}{ЕВД}, \quad (3)$$

де: ЕД – економічність доставки БПЛА, розраховується як коефіцієнт;

Е – економія від доставки БПЛА, розраховується як різниця між альтернативною вартістю доставки та ЕВД.

**Висновки.** Таким чином, оцінка економічної ефективності доставки термінових вантажів за допомогою безпілотних літальних апаратів – досить складне, але необхідне завдання. Вона необхідна для прийняття обґрунтованих економічних рішень щодо застосування БПЛА в якості засобу доставки. Вибір методу обчислення економічної ефективності залежить від декількох чинників, зокрема від управлінських цілей та використовуваної бізнес-моделі.

#### **Список використаних джерел:**

1. Купріянова В. С., Матюшенко І. Ю. Стан та перспективи розвитку безпілотних літальних апаратів в Україні. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stan-ta-perspektivi-rozvitku-bezpilotnih-litalnih-aporativ-v-ukrayini/viewer>.

2. Лаврівський М. З., Гаврись А. П. Розвиток безпілотних літальних апаратів в Україні та світі для виконання завдань цивільного захисту. *Науковий вісник НТЛУ України*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vikoristannya-bezpilotnih-litalnih-aporativ-dlya-monitoringu-nadzvichaynih-situatsiy-u-lisoviy-mistsevosti/viewer>.

3. Лаврівський М. З., Тур Н. Є. Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу надзвичайних ситуацій у лісовій місцевості. *Науковий вісник НТЛУ України*. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rozvitok-bezpilotnih-litalnih-apativ-v-ukrayini-ta-sviti-dlya-vikonannya-zavdan-tsilnogo-zahistu/viewer>

4. Повітряний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 2011, № 48-49, ст.536. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/339317/paran195#n195>.

5. Кримінальний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 2001, № 25-26, ст.131 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14>.

6. Amazon video channel. Amazon Prime Air's First Customer Delivery. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vNySOrI2Ny8>.

**І. С. Ляшок, Д. А. Белічко**  
*студенти Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ПРЕТЕНЗІЙНА РОБОТА ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ АВІАПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Звісно, що основною метою будь-якого авіаперевізника є високоякісне обслуговування пасажирів, що користуються його послугами. Питання надання пасажиру максимального комфорту є не менш важливим, ніж питання безпеки та регулярності польотів. Однак не виключені випадки, коли незручності, спричинені пасажиру, а також збитки, завдані його майну, викликають з його боку критичні зауваження, протести, звернення (скарги та претензії), які можна віднести до загального поняття – рекламація.

Згідно з Авіаційними правилами України «Правила повітряних перевезень та обслуговування пасажирів і багажу», претензія – це складена у письмовій формі вимога заінтересованої особи про відшкодування заподіяної шкоди, що виникла в результаті внутрішнього або міжнародного повітряного перевезення, виплату компенсації тощо [1].

Процес розгляду та відповіді на претензії підлягає чіткому нормативно-правовому регулюванню та відображає бажання та можливість авіапідприємства зберегти лояльність власних клієнтів, таким чином результати претензійної роботи впливають на якість обслуговування.

У зв'язку з типовими помилками та непрозорістю організації претензійної роботи, у першу чергу страждає незадоволений клієнт, а вже потім і саме підприємство, яке у результаті може втратити цього клієнта. Правильно організована претензійна робота дозволяє уникнути передачі спорів у вищі інстанції (позови в суди), адже повністю або частково задовольняє претензії від клієнта.

На міжнародному рівні, причини та розгляд претензій авіакомпаніями мають різні підходи у різних регіонах, однак як у Європі, так і у США, ефективно організовану претензійну роботу розглядають в якості можливості надавати якісний сервіс авіаційним пасажиром.

Принципи опрацювання претензій авіакомпанією часто спираються на хитке підґрунтя, як наслідок недооцінювання важливості претензійної роботи. В процесі дослідження встановлено, що в роботі з претензіями в авіакомпанії (АК) є найбільш типові недоліки, а саме:

1. Керівництво АК часто розглядає претензію як суб'єктивну критику з боку пасажирів. Таке ставлення демонструє відсутність організаційної філософії стосовно опрацювання скарг та виявляється через відсутність чітких процедур та правил претензійної роботи.

2. Реактивний підхід до претензійної роботи. У випадку скарг від громадян застосовується реактивний, а не проактивний підхід до претензійної роботи, що виражається через: намагання знайти негайне вирішення проблеми, з якою зіткнувся пасажир; небажання проводити аналіз причин подачі претензій, адже він не входить у сферу інтересів керівництва АК; виключення претензій зі списку показників, які показують рівень якості сервісу авіакомпанії; відсутність спроб отримати зворотній зв'язок від клієнта, який поскаржився; відсутність бази даних претензій для покращення якості обслуговування.

3. Невдала організація претензійної роботи як наслідок повільної роботи з претензіями. Відсутність налагодженої співпраці між різними рівнями та підрозділами авіакомпанії, взаємодії з іншими органами влади та пасажиром загалом негативно впливає на якість претензійної роботи авіакомпанії. Вдала та вчасна реакція на претензію дуже часто є результатом особистих знайомств незадоволеного пасажиром з керівництвом авіакомпанії або відповідальними за претензійну роботу.

Враховуючі вищенаведені недоліки, ефективна організація претензійної роботи може бути представлена у вигляді схеми (див. рис.1), для реалізації якої потрібно вжити наступні заходи: отримати претензію; сприйняти та визнати

претензію; оцінити претензію; дослідити претензію; відповісти на претензію; плановий облік; перегляд можливостей для вдосконалення системи [2].

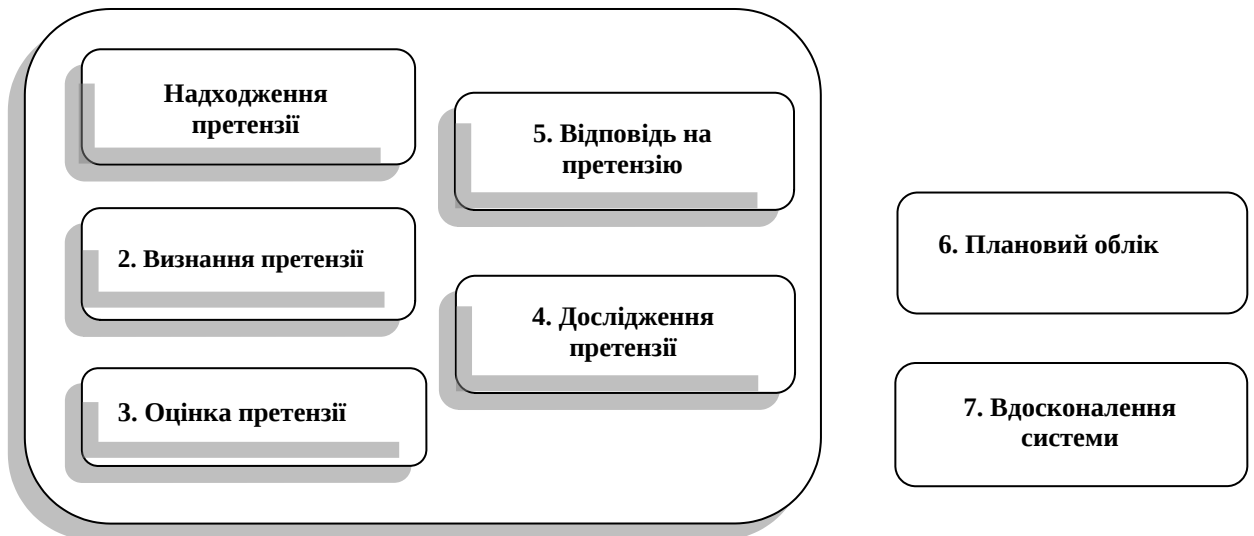


Рис.1. Схема процесу здійснення претензійної роботи в авіакомпанії

Отже, в результаті проведеного дослідження можна зробити висновки, що удосконалення претензійної роботи в авіакомпанії можна здійснити на основі ідентифікації систематичних проблем, про які зазначається у претензіях та запровадження ефективних заходів щодо їх усунення. Ефективною вважається така організація претензійної роботи, яка використовується для вдосконалення цілої системи якості обслуговування, а не виключно для безпосередньої реакції на окрему скаргу від пасажирів.

#### Список використаних джерел:

1. Авіаційні правила України «Правила повітряних перевезень та обслуговування пасажирів і багажу». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0141-19#n16>.

2. Окулов В. М. Эффективность пассажирских авиаперевозок / В. М. Окулов, М. И. Полубояринов, Е. П. Курочкин, Н. Ф. Акимова, В. Г. Дубинина. М.: ВКІШ «Авиабизнес», 2008. 296 с.

**Науковий керівник: Г. Я. Мозилевич**, к.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**А. О. Макеєв**

*студент Факультету транспорту менеджменту та логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ГІПЕРЛУП – ТРАНСПОРТ МАЙБУТНЬОГО**

У сучасному глобалізованому світі транспорт та його вдосконалення має дуже важливе значення для розвитку національної економіки певної країни.

Транспорт відіграє роль фундаменту національної економіки країни, виконуючи роль найважливішого складника виробничої та соціальної інфраструктури. У цьому значенні транспорт є об'єктом ринкових відносин, від ефективної діяльності якого залежить нормальне функціонування і розвиток усіх обслуговуваних транспортом галузей економіки, підприємств, їх об'єднань і комплексів економіки, якість життя населення [1, с.402].

Одним із важливих напрямків інноваційного розвитку транспорту є впровадження Гіперлупа— проекту різновиду вакуумного потягу, що вперше був запропонований американськими інженерами Джеймсом Пауелом (James R. Powell) та Гордоном Денбі (Gordon Danby) у 2003 році.

Вперше гіперлуп презентував Ілон Маск (винахідник та співзасновник фонду SpaceX) 12 липня 2012 року на заході, присвяченому техніці та інноваційним технологіям, що проходив в штаті Каліфорнія в місті Санта-Моніка. Проект Hyperloop був запропонований як альтернатива проекту високошвидкісної залізниці Каліфорнії.

Дана система використовує турбіни та магніти, що запускають капсули на магнітній подушці, для руху з величезною швидкістю по вакуумних трубах. Принцип Гіперлупу схожий з пневматичною поштою, яка використовувалася для транспортування документів. Теоретично Гіперлуп уможливить півгодинні подорожі між середмістями Лос-Анджелеса та Сан-Франциско, зі швидкістю 670 миль/год або 1080 км/год. Але максимальна швидкість Гіперлуп складе 1100 км/год (у підвісного Гіперлуп).



У лютому 2017 року були проведені переговори між керівництвом компанії Hyperloop One (Virgin) та урядом Індії щодо будівництва траси на території країни. У березні 2017 року компанія Hyperloop Transportation Technologies підписала угоду з урядом Словаччини про можливість будівництва системи Hyperloop, яка сполучить столиці трьох європейських країн. Передбачається прокласти маршрути між Віднем і Братиславою, а також між Братиславою та Будапештом. Також планують з'єднати з Братиславою місто Кошице.

В майбутньому американська компанія Virgin Hyperloop з Лос-Анджелеса, що займається розробкою такої системи планує розганяти свої капсули до 966 кілометрів на годину та швидше. В компанії наголошують, що поїздка між Вашингтоном та Нью-Йорком (відстань 320 км) займатиме у їхньому Hyperloop всього півгодини, що є вдвічі швидше, ніж політ комерційного реактивного літака, і в чотири рази швидше, ніж поїздка швидкісним потягом. Virgin Hyperloop прогнозують, що завершать роботу над сертифікацією безпеки системи до 2025 року, а комерційні перевезення планують розпочати до 2030 року.

22 лютого 2018 року міністр інфраструктури Володимир Омелян заявив про заснування Центру транспортних інновацій Hure UA, який має створити тестовий майданчик для реалізації проекту Hyperloop в Україні. За ідеєю Омеляна, випробувальний майданчик планувалося створити поблизу Дніпра, а перший тунель мав поєднати це місто із Києвом.

14 червня 2018 року Міністерство інфраструктури України та компанія Hyperloop transportation technologies підписали меморандум про співпрацю у сфері технологій вакуумного поїзда Hyperloop. З боку міністерства меморандум підписав Міністр інфраструктури Володимир Омелян, від Hyperloop — генеральний директор компанії Дірк Алборн. За різними оцінками будівництво 1 км наземної труби Hyperloop в Україні коштуватиме близько \$10 млн.

В січні 2019 року Національна академія наук України представила Міністерству інфраструктури України звіт щодо побудови тестової лінії

Hyperloop. Звіт має назву «Перспективи розвитку транспорту п'ятого покоління в Україні»; у ньому описані питання побудови магнітного підвісу, забезпечення герметичності високошвидкісного наземного транспорту та оцінка аеродинамічних та теплових навантажень.

Поруч з Hyperloop Transportation Technologies, Укроборонпром, «Агентством розвитку Дніпра», Інтерпайпом, Unit.City, Українським інститутом майбутнього, Південмашем та Каховським заводом електрозварювального устаткування Національна академія наук України є одним із партнерів проекту HyperUA.

Проте, 20 вересня 2019 року новий міністр інфраструктури Владислав Криклій повідомив, що проект Гіперлупу в Україні не буде розвиватися.

На думку Х. П. Данилківа, Х. В. Горбової, О. Я. Побурко пріоритетами мають стати формування в Україні ефективного конкурентоспроможного ринку транспортних послуг та побудова збалансованої за видами транспорту національної транспортної системи, здатної задовольнити в повному обсязі потреби економіки та населення у перевезеннях, забезпечити належну якість і безпеку перевізного процесу, зменшити негативний вплив транспорту на довкілля, а також повною мірою реалізувати транзитний потенціал України [2, с.34].

До речі, на підтвердження перспективності даного проекту 8 листопада цього року американська компанія Virgin Hyperloop вперше у світі здійснила запуск надшвидкісної системи вакуумних капсул Hyperloop із пасажирами всередині. Капсулу вдалося розігнати до 172 км/год під час першого запуску. Щоб досягнути такого результату компанія Virgin Hyperloop провела більш ніж 400 тестів без пасажирів всередині.

Отже, на підставі проведеного дослідження можна зробити висновок, що транспортна галузь України потребує впровадження сучасних інноваційних технологій та впровадження нових сучасних видів транспорту. На мою думку, Гіперлуп є перспективним видом транспорту, при цьому потребує великих капіталовкладень, проте не державного фінансування, а створення

інвестиційних проектів, спільно з іноземними партнерами. Важливим є створення в Україні сприятливого інвестиційного клімату та ефективного законодавства, що регулюватиме правовідносини у сфері транспортних перевезень. Однак, головне щоб іноземні інвестори довіряли Україні та сприяли розвитку сучасної транспортної галузі.

**Список використаних джерел:**

1. Комчатних О. В. Фінансування інноваційного розвитку транспорту України. *Економіка та управління підприємствами*, 2018, випуск 2. С. 402-407.
2. Данилків Х. П., Горбова Х. В., Побурко О. Я.. Інноваційний розвиток транспортної системи України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018. т. 28, № 4. С. 31-35.

**Науковий керівник: В. С. Коновалюк**, к.фіз.-мат.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Д. Л. Малярєнко, Д. В. Мединський**  
*аспіранти Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **АЕРОПОРТ ЯК СКЛАДНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ**

Аеропорт – повітряна брама будь-якої держави, що зустрічає людей які прибувають з інших міст та країн світу. По суті, аеропорт – це комплекс службових та технічних об'єктів, спеціально побудованих для прийому та відправки літаків і інших одиниць авіатехніки, а також для обслуговування повітряних рейсів [2].

Аеропорт – це елемент авіатранспортної системи (АТС).

АТС - складається з аеропортів, авіакомпаній та підсистеми організації повітряного руху (ОПР), які пов'язані відношеннями попиту на авіаційні перевезення, ресурсами, техніко-технологічними обмеженнями, економіко-організаційними та правовими вимогами, безпекою та екологією [1].

Окремо від авіакомпаній, держустанов, ОПР, міжнародних організацій (ІСАО, ІАТА), законодавствота ін.. аеропорт працювати не може. Тому що, на діяльність аеропорту постійно впливають керівні вказівки від установ, які знаходяться на вищій ієрархічній сходинці.

Але сам аеропорт також може бути адміністративною одиницею системи керування.

Аеропорт складається з: аеродрому та льотної смуги (ЛС); службово-технічної території; об'єктів радіонавігації; аеровокзального комплексу; вантажного комплексу; наземних споруд; обладнання тощо.

За правилами та рекомендаціями споруди для обслуговування повітряних суден (ПС) поділяють на міжнародні та внутрішні рейси, що набагато спрощує роботу авіаційного персоналу. Саме завдяки такому поділу для міжнародних рейсів передбачено території для проходження прикордонного та митного контролю. В кожному аеропорту передбачено: місце для стоянки та

обслуговування ПС; графік рейсів, який показує регулярність виконання рейсів; служби імміграційного та митного контролю, фіто санітарна інспекція.

При взаємодії вище наведених об'єктів в аеропорту виникають потоки, а саме такі їх види: потоки повітряних суден, пасажирські, вантажні, матеріальні, інформаційні, фінансові та трудові потоки (рис.1).

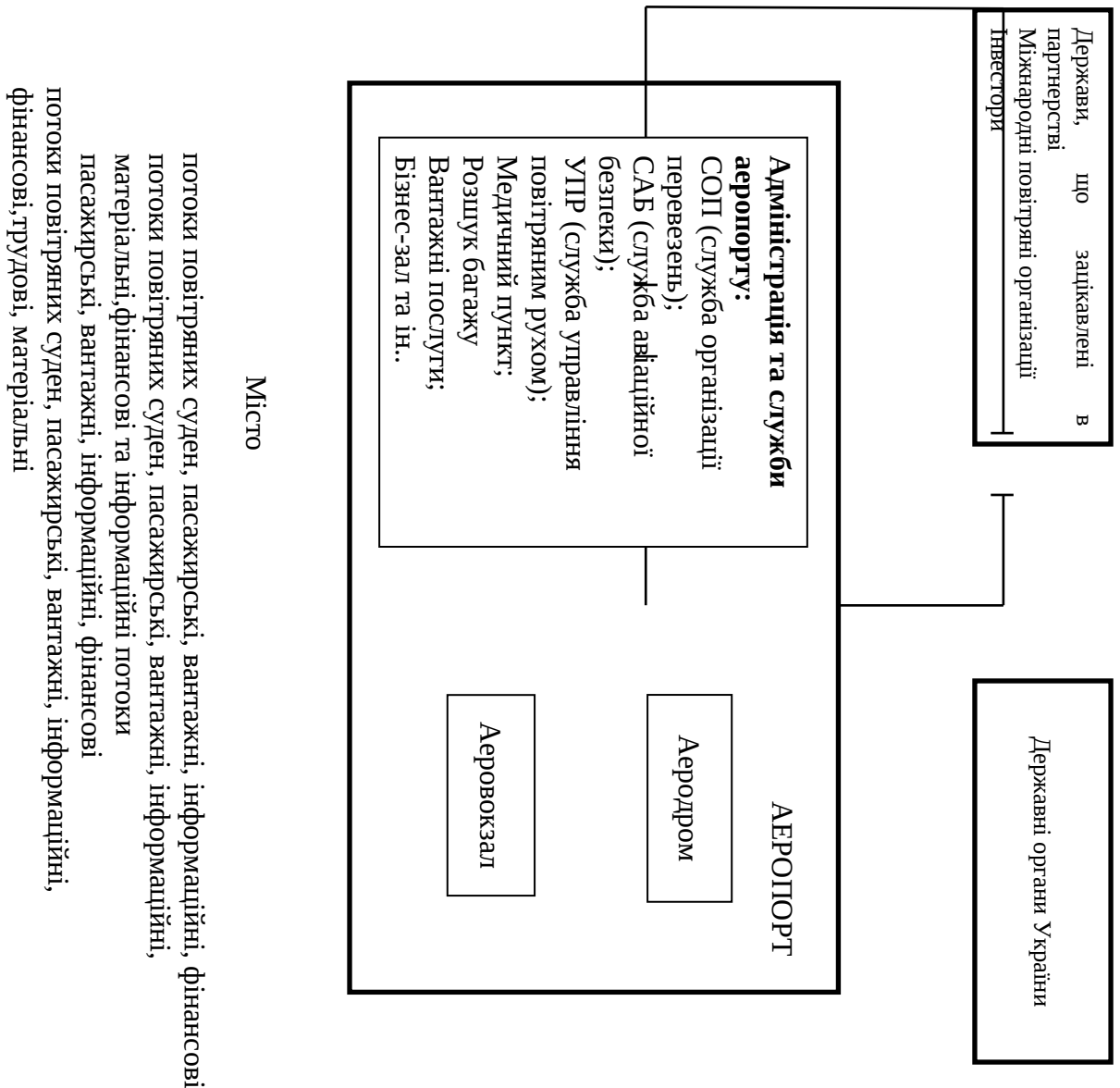


Рис. 1. Аеропортові потоки

Рух потоків в аеропорту характеризує його діяльність, тому що їх рух відбувається як всередині самого аеропорту між певними підрозділами, так і під час взаємодії з зовнішнім середовищем (пасажирів, споживачів, постачальників, контролюючі органи та ін.).

На рис.1. зображено взаємодію аеропорту з державними органами та зовнішнім середовищем (містом) та взаємодію всередині між підрозділами, при взаємозв'язку між ними відбувається рух потоків, а саме: повітряних суден, пасажирських, вантажних, фінансових, матеріальних, інформаційних, трудових.

Різні потоки рухаються в різних напрямках, і між різними підрозділами та органами, забезпечуючи таким чином аеропортову діяльність. Звичайно, що потоки не рухають самі по собі та за бажанням, потоками - керують. Задля того, щоб запобігти помилок, непотрібних витрат, зберегти певні ресурси, залучити додаткові ресурси, для відкриття нових рейсів, надання кращого сервісу споживачам та іншого.

Отже, розглянувши аеропорт як комплекс споруд, та як елемент АТС можна зробити висновки, що:

1. Аеропорт – це самостійна адміністративна одиниця керування;
2. Рух різних потоків зображує діяльність аеропорту;
3. Аеропорт - це система керування різними потоками, що забезпечує стабільний стан та розвиток її підсистем.

#### **Список використаних джерел:**

- 1.Марінцева К. В. Наукові основи та методи забезпечення ефективного функціонування авіатранспортних систем: дис....канд. техн. наук: 05.22.01. Київ, 2015. 561 с.
- 2.Харченко М. В. Управління логістичними витратами аеропорту: дис....канд. екон. наук: 08.00.04. Київ, 2018. 275 с.

**Д. В. Мединський, Д. Л. Маляренко**  
*аспіранти Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ТЕХНОЛОГІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ІНТЕГРОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ**

Згідно з вимогами законодавства України та для здійснення ефективних транспортних процесів, визначені головні завдання управління в галузі транспорту, які мають забезпечувати своєчасне, повне та якісне задоволення потреб населення і суспільного виробництва в пасажирських перевезеннях. Значним завданням для досягнення цієї мети є здійснення ефективної координації роботи різних видів транспорту загального користування, а саме: авіаційного, автомобільного, водного та залізничного [1].

Із здобуттям незалежності, Україна відкрила для себе нові горизонти у сфері зміцнення дружніх зв'язків та взаємовигідної міжнародної співпраці у галузі розвитку транспорту для економічного та соціального прогресу, Можливості використати переваги авіаційного транспорту для розвитку економіки, зовнішніх торгових та культурних зв'язків та активації спільних дій щодо координації національних та регіональних транспортних політик. В зв'язку з чим, згідно з транспортною стратегією України, визначено пріоритети розвитку транспорту на довгостроковий період і стратегічні завдання розвитку та функціонування транспортного сектору економіки країни, передбачено розширення міжнародних транспортних зв'язків, ефективне використання транзитного потенціалу країни та інтеграція транспортної системи до світової. Основними цілями розвитку транспортного сектору визначено модернізацію транспортної інфраструктури та рухомого складу для забезпечення зростаючої мобільності населення, забезпечення конкурентоспроможних та якісних транспортних послуг, підвищення екологічності, енергоефективності транспортних процесів та безпеки перевезень пасажирів [8].

Серед пріоритетів транспортної стратегії щодо авіаційного транспорту є приведення його інфраструктури у відповідність з міжнародними вимогами шляхом сприяння концентрації транзитних перевезень пасажирів через аеропорти країни та створення на базі державного підприємства «Міжнародний аеропорт «Бориспіль» (далі – ДП МА «Бориспіль») провідного вузлового термінального району країни для забезпечення безперебійної роботи. У зв'язку з чим виникає необхідність вирішення проблем впровадження нових технологій пасажирських перевезень в інтегрованих транспортних системах (далі – ТПП в ІТС) за рахунок узгоджених дій та взаємодії системи авіаційного транспорту з іншими видами транспорту для його ефективного розвитку та покращення рівня транспортного обслуговування і скорочення витрат часу на пересування користувачів цими видами транспорту [2].

У зв'язку з чим виникає необхідність вирішення проблем впровадження нових ТПП і ІТС за рахунок узгоджених дій та взаємодії системи авіаційного транспорту з іншими видами транспорту для його ефективного розвитку та покращення рівня транспортного обслуговування і скорочення витрат часу на пересування користувачів цими видами транспорту [3]. Важливим засобом впровадження ТПП в ІТС є створення ефективної системи управління, яка включає організацію і координацію роботи всіх видів транспорту. Вирішенню цих важливих проблем повинно передувати системне, комплексне дослідження процесів управління ІТС.

ІТС відносять до складних систем і тому важливим засобом удосконалення транспортного процесу є створення ефективних методів організації та координації пасажирських перевезень різними видами транспорту. Їх технологічна взаємодія повинна розповсюджуватись на весь шлях слідування пасажирів від пункту відправлення до пункту призначення, на основі розробки і впровадження прогресивних технологій з використанням інформації про потребу населення в перевезеннях, а саме: здійснення координованого регулювання пасажиропотоків; формування транспортної



мережі; раціональний розподіл рухомого складу на визначених маршрутах та ефективну побудову розкладів руху [4].

Більш дослідженою в теоретичному та практичному аспектах є організація взаємодії різних видів транспорту при виконанні вантажних перевезень, тоді як на пасажирському транспорті у даному напрямку не приділялась належна увага. Проблеми організації та управління процесом перевезень при взаємодії транспортних систем, в основному, розглядали Бакаєв О. О., Губенко В. К., Вельможин А. А., Воронов О. О., Гудков В. А., Канторович Л. В., Комаров О. В., Миротіна Л. Б., Новікова А. М., Омельченко О. Д., Персіанов В. О., Петров А. П., Резер С. М., Цветов Ю. М., Юн Г. М., Яновський П. О. та інші.

Системний аналіз, започаткований на комплексному підході до вирішення координації, є єдиною гарантією прийняття рішення близького до оптимального і дійовим та ефективним засобом вирішення складних проблем в різних галузях економічної діяльності (рис. 1).

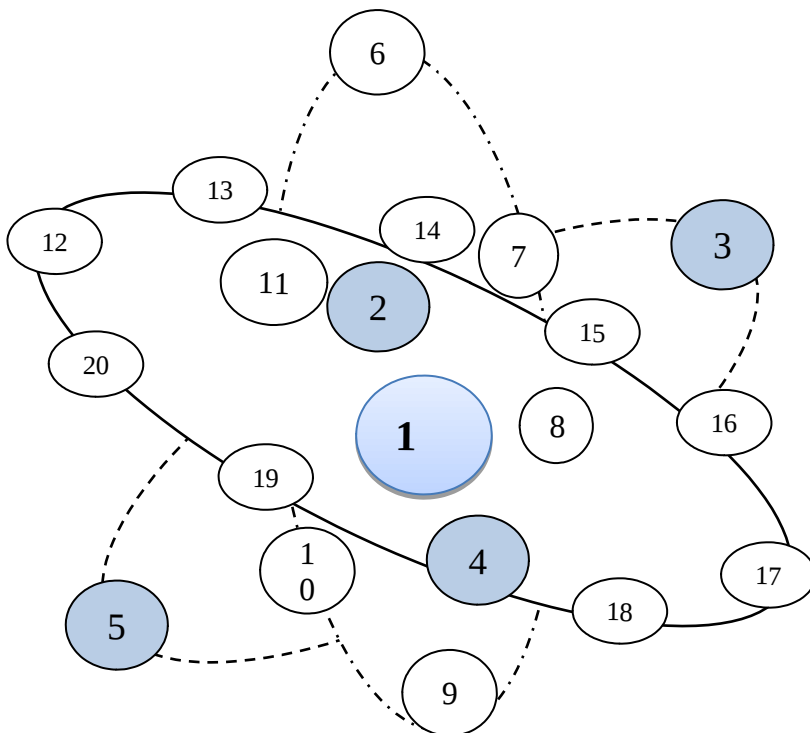


Рис. 1. Система удосконалення транспортного обслуговування

Пояснення до рис. 1:

*основоположний принцип:* 1 – задоволення попиту населення на перевезення; 2 – врахування якості транспортного обслуговування; 3 – відповідність перевізної здатності системи величині та коливанням попиту; 4 – своєчасність перевезень; 5 – віднесення до сфери послуг;

*забезпечуючі принципи:* 6 – фінансоводостатність розвитку системи; 7 – оптимізація структури парку транспортних засобів; 8 – диференціація тарифів за рівнем якості транспортного обслуговування; 9 – досконалість правового врегулювання; 10 – системна безпечність пасажирських перевезень; 11 – комерціалізація та конкурентоспроможність;

*принципи узгодження:* 12 – реалізація логістичного підходу; 13 – загальна координація функціонування окремих видів транспорту; 14 – комплексність технологічного забезпечення; 15 – кваліфікаційна відповідність персоналу; 16 – уніфікація звітності та введення єдиного квитка на проїзд; 17 – упорядкування взаємовідносин; 18 – єдність процесу управління; 19 – автоматизація процесу управління; 20 – циклічна замкненість процесу управління.

Доведено, що для дослідження ТПП в ІТС необхідна розробка спеціальної методики проведення системного аналізу з використанням при цьому його основних положень і принципів, яка повинна враховувати особливості складної системи пасажирських перевезень [5].

Пасажирські перевезення представлені як координована система, виходячи з розробленої технології системного аналізу транспортного комплексу, постановки задачі координації пасажирських перевезень різними видами транспорту та методики організації та управління пасажирськими перевезеннями в ІТС. Технологія системного аналізу пасажирських перевезень при взаємодії різних видів транспорту включає вибір системи, основних її елементів і функцій управління, організацію взаємодії між елементами, оцінку відповідності обраного варіанту вимогам системи. При цьому проводиться: аналіз діючих систем організації за видами транспорту; аналіз функціонального складу систем, їх інформаційного, математичного, технічного, організаційного, правового і кадрового забезпечення; аналіз форм взаємодії всіх видів

транспорту і транспортної системи з суміжними галузями народного господарства; визначення функцій і конкретних задач координованої системи; обґрунтування критеріїв оптимальності вирішення загальнотранспортних задач [6].

В результаті розгляду системних аспектів моделювання ТПП в ІТС:

1. Розроблена технологія системного аналізу транспортного комплексу, яка визначає структуру системи, розподіл функцій за елементами системи, склад робіт з її удосконаленням та методи їх проведення;

2. Здійснена постановка задачі координації функціонування різних видів транспорту в ІТС з врахуванням транспортно-технологічної схеми доставки пасажирів до пункту призначення;

3. Проведено системний аналіз та розроблена принципова схема управління процесом перевезень в умовах взаємодії різних транспортних систем, що покладено в основу побудови АСУ ТПП в ІТС, рис.2;

4. Розроблена технологія організації та управління пасажирськими перевезеннями у змішаних сполученнях на основі використання динамічної моделі процесу перевезень та методів узгоджень рішень, що приймаються.

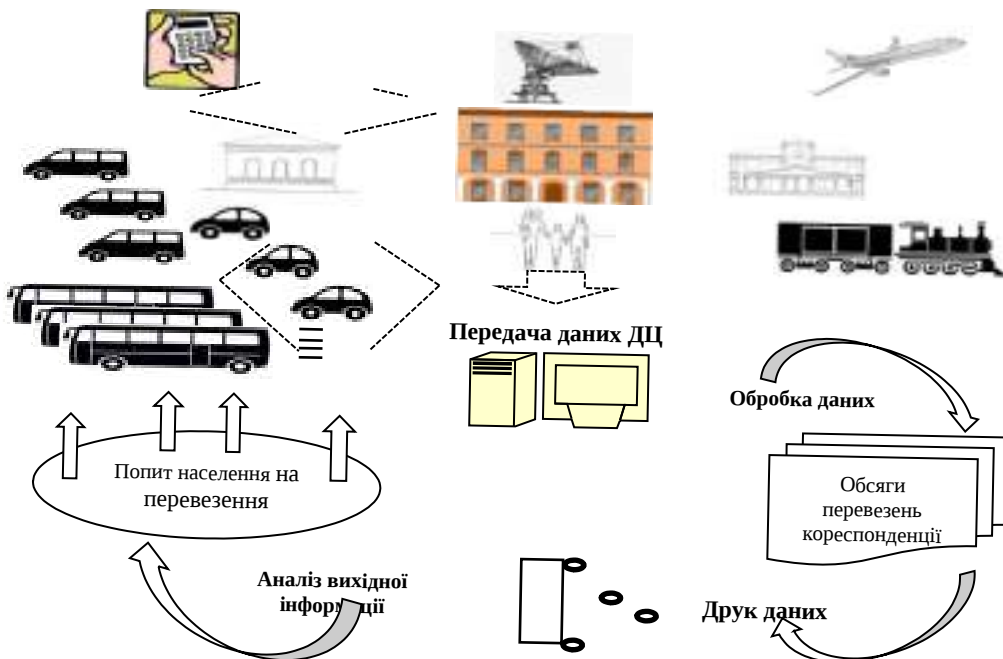


Рис.2. Принципова схема управління процесом перевезень в ІТС

Отже, пасажирські перевезення розглянуто як координовану систему на прикладі взаємодії різних видів транспорту в ІТС, а саме авіаційного, автомобільного та залізничного видів транспорту, рис. 3 [7]. Розроблена концептуальна модель передбачає, що процес перевезень характеризується множиною стану ( $x$ ), управляючими діями ( $u$ ) показниками виконання дій ( $\alpha$ ) за елементами з відповідно позначеними індексами:  $a$  – авіа;  $ав$  – авто;  $з$  – залізничний;  $тв$  – транспортний вузол. Організація системи представлена операторами: функціонування  $F$ , вимірювань  $M$  та прийняття рішень  $\Pi$ .

$$\begin{aligned} F; \{u(t), y(t), x_0, t\} &\rightarrow x(t), \\ M; \{x(t), y(t)\} &\rightarrow \mu(t), \\ \Pi; \mu(t) &\rightarrow u(t). \end{aligned} \quad (1)$$

де,  $x(t)$  вектор координат;  $y(t)$  – збудження;  $x_0$  – початковий стан системи у момент часу  $t=0$ ;  $\mu(t)$  – величина, що характеризує обмін інформацією при управлінні системою.

Функція координованої системи оцінюється наступним чином:

$$\begin{aligned} H &= \Phi_1(Q, t_n), \\ P &= \Phi_2(Q, t_{mo}, \Pi, N). \end{aligned} \quad (2)$$

де,  $H, P$  – відповідно показники задоволення попиту населення на перевезення і ефективністю роботи транспортних операторів;  $\Phi_1, \Phi_2$  – параметрично визначені функціонали,  $Q$  – обсяги перевезень;  $t_n$  та  $t_{mo}$  – тривалість пересування пасажирів та оборту транспортних одиниць відповідно;  $\Pi$  – рівень тарифу на перевезення;  $N$  – кількість транспортних одиниць.

Для вибору варіанту координованої системи пасажирських перевезень, виходячи з рівня її ефективності, розроблена схема обміну інформацією про стан процесу перевезень та прийняття рішень, яка передбачає, що на кожному рівні управління проводиться узгодження проектів із суміжниками, причому на тому рівні деталізації, на якому здійснюється організація перевезень. Загальною постановкою задачі координації пасажирських перевезень різними видами транспорту є побудова динамічної моделі транспортного процесу у змішаних

сполученнях. Розроблена математична модель дозволить вирішити задачі синтезу системи пасажирських перевезень різними видами транспорту.

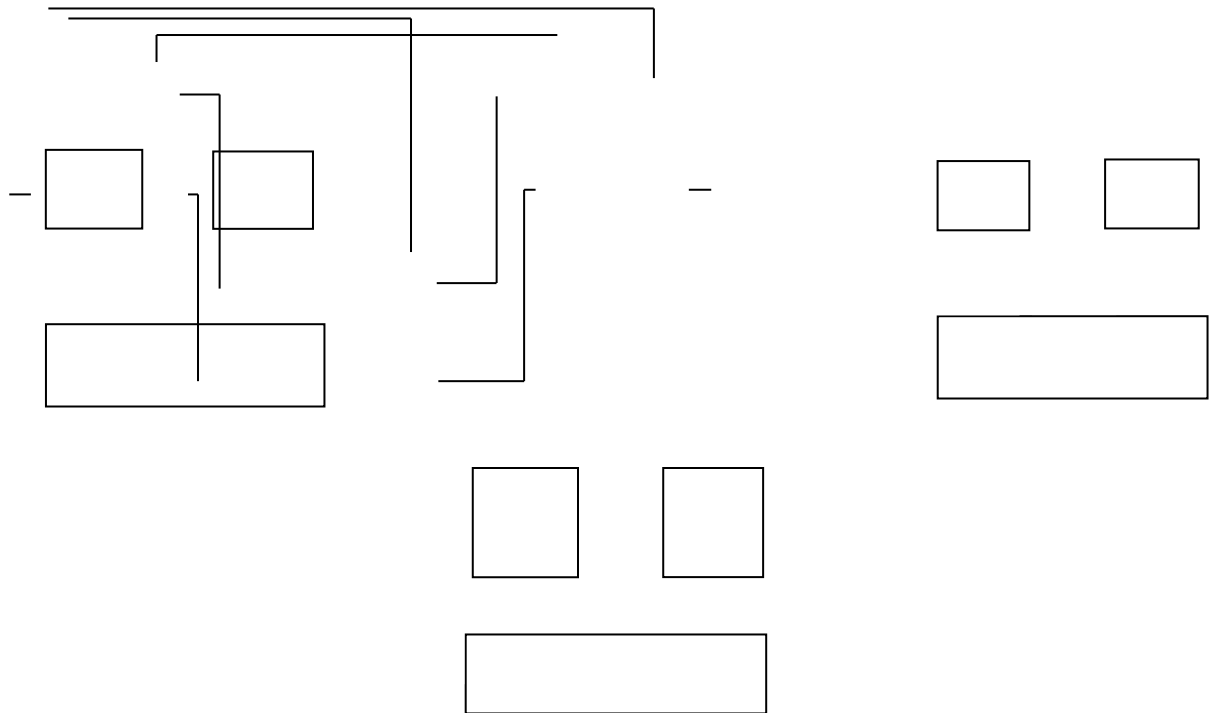


Рис.3. Концептуальна модель взаємозв'язку елементів координованої системи пасажирських перевезень

**Висновки.** Серед пріоритетів транспортної стратегії щодо авіаційного транспорту є приведення його інфраструктури у відповідність з міжнародними вимогами шляхом сприяння концентрації транзитних перевезень пасажирів через аеропорти країни та створення на базі державного підприємства «Міжнародний аеропорт «Бориспіль». Тому, виникає необхідність вирішення проблем впровадження нових ТПП і ІТС за рахунок узгоджених дій та взаємодії системи авіаційного транспорту з іншими видами транспорту для його ефективного розвитку та покращення рівня транспортного обслуговування і скорочення витрат часу на пересування користувачів.

Удосконалення методів обслуговування споживачів будується на принципах: основоположних, наукових та за допомогою методів оптимізації.

Тому, що завдяки принципам споживачів, можна створити якісний продукт або послугу.

Розглянувши схему управління процесом перевезень в ІТС, бачимо, що пасажирські перевезення представлені як координована система, де взаємодіє декілька видів транспорту.

#### **Список використаних джерел:**

1. Аксенов И. М. Повышение эффективности пассажирских перевозок с учетом зарубежного опыта. *Залізничний транспорт України*. 2005. №2. С. 82-86.
2. Аксьонов І. М. Організація пасажирських приміських перевезень. Навчальний посібник. Київ, 2002. 69 с.
3. Аль-Маайя Ахмад Халіф. Дослідження нормативно-правової бази в системах окремих видів транспорту. *Вісник Інженерної академії України*. 2010. №3-4. С.151-155.
4. Аль-Маайя Ахмад Халіф. Перспективи України в програмах європейського співтовариства. *Зб.наук. праць НТУ*. 2010. №7. С. 255-259.
5. Аль-Маайя Ахмад Халіф. Результати впровадження євразійської транспортної ініціативи. *Зб. наук. праць НАУ*. 2010. № 35. С. 75-80.
6. Артынов А. П. Системный анализ процес сов взаимодействия транспорта в регионе и в транспортных узлах. ДВНЦ АН СССР. Владивосток, 1983. С. 25-38.
7. Артынов А. П. Автоматизация процес сов планирования и управления транспортными системами. Москва, 1981. 208 с.
8. Редзюк А. М. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку. ДП «ДержавтотрансНДІпроект». Київ, 2005. 400 с.

**А. М. Нор**

*студент Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ПРОБЛЕМИ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОТИ МІЖНАРОДНОГО АЕРОПОРТУ «ДНІПРОПЕТРОВСЬК»**

Міжнародний аеропорт «Дніпропетровськ» - великий регіональний аеропорт України, важлива ланка повітряно-транспортної системи, яка пов'язує Дніпро з іншими містами та країнами. Відповідно до річного обсягу авіаперевезень аеропорт Дніпропетровськ відноситься до 5 класу аеропорту. Працюючий в повному обсязі аеропорт для міста - це зв'язок зі світом, можливість розвивати бізнес, отримувати інвестиції і т.д.

Одним із пріоритетних завдань аеропорту «Дніпропетровськ» є забезпечення безпеки польотів і авіаційної безпеки осіб та об'єктів на території підприємства. Безпека гарантується безумовним дотриманням міжнародних стандартів і інструкцій, передбаченням ризиків і самої можливості інцидентів і подій. З цією метою впроваджуються інноваційні технології управління, модернізується обладнання та інфраструктура, поліпшуються умови праці.[2]

Окрім цього, з метою мінімізації негативний впливу на прилеглі території та навколишнє середовище загалом, впроваджуються енергозберігаючі та екологічно чисті технології у всіх сферах функціонування аеропорту.

Однак, для продуктивного розвитку і виходу на міжнародний рівень необхідно вдосконалювати та впроваджувати нові технології. Тому питання модернізації аеропорту з метою забезпечення високоякісного авіаційного сполучення є надзвичайно актуальним.

Проаналізувавши показники пасажирообігу міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ» можна зробити висновок, що за останні роки пасажиропотік та кількість рейсів дуже знизилися.

Причиною такої ситуації є як неефективна роботи пасажирських перевезень та системи авіаційного транспорту в Україні у цілому так і необхідність модернізації аеропорту «Дніпропетровськ».

Зокрема стан злітно-посадкової смуги аеропорту в Дніпрі не дозволяє здійснювати велику кількість авіарейсів. Це одна з причин того, що аеропорт Дніпра сьогодні працює лише на 10% своєї потужності. Вирішення цієї проблеми дозволить збільшити товарообіг, прискорити доставку багатьох вантажів до Дніпропетровської області, наприклад, запчастин. У разі несправності, на виробництво необхідно швидко доставити запчастини для обладнання. Це зараз актуальне питання для багатьох підприємств. Доставка літаком за такої потреби – найоперативніше [1].

#### **Список використаних джерел:**

1. Історія та розвиток аеропорту «Дніпропетровськ». URL: <http://budport.com.ua/news/10375-kakoe-buduschee-zhdet-aeroport-dnepra-s-novym-hozyainom>
2. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Дніпропетровськ». URL: <http://dnk.aero/>

**Науковий керівник:** Т. А. Галагуз, к.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет



**Т. В. Речижкова**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. В. Мединський**

*асистент кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПРЕС-ДОСТАВКИ ТЕРМІНОВИХ ВАНТАЖІВ**

**Вступ.** Нинішня тенденція повністю розглядає роль безпілотних літальних апаратів у нашому найближчому майбутньому. У ньому йдеться про течію можливостей та обставин, вивчаючи позитивний потенціал, а також існуючі обмеження безпілотних літальних апаратів (БПЛА), також відомі як безпілотники. На сьогоднішній день дуже багато розмов і думок щодо цивільних заяв для БПЛА, але фактичні випадки використання напрочуд тонкі на землі. Тут працюють три аспекти - технологічна дієздатність, регулятивний тиск та громадськість - і дана робота підкреслює взаємодію між усіма трьома в поточних додатках, отриманих з різних секторів, акцентуючи увагу на логістичну галузь.

**Актуальність.** На сьогоднішній день багато організацій використовують БПЛА спеціально через високий рівень інтерес [1]. Хорошими прикладами у світі є найбільший інтернет-магазин Amazon та найбільша у світі логістична компанія DPDHL, яка тестує доставку БПЛА. І незліченна кількість стартапів стрибнула на естакаді щоб отримати розголос та збільшити продажі (наприклад, Zookal заявив намір доставити підручники через БПЛА в Австралію). Враховуючи великий інтерес до даного виду транспорту, актуальною тематикою є оптимізація доставки вантажів, особливо швидкопсувних, так як вони завжди стоять в пріоритеті при перевезенні.

**Мета.** Провести аналіз застосування безпілотних літальних апаратів в логістичній галузі та знайти шляхи для оптимізації доставки вантажів.

Роль безпілотних літальних апаратів в інтралогістиці

БПЛА можуть відігравати життєво важливу роль в інтралогістиці. Розглянемо автомобільну промисловість з її масовим виробництвом, сайти, процеси, що відбуваються вчасно, і вражаючі витрати непрацюючих виробничих ліній: БПЛА можуть підтримувати внутрішньоплановий транспорт, а також заводи-постачальники екстреної поставки, які зазвичай виконуються сьогодні вертольотом. Масштабні видобувні райони можуть також отримувати прибуток від експрес-доставки предметів на місця, які мають вирішальне значення для підтримання операцій (наприклад, доставка інструментів, деталей машин і мастил) [2].

БПЛА легко керувати і вони можуть дотримуватися заздалегідь визначених шляхів польоту, тому немає особливих вимог до навчання персоналу для їх запуску та польоту. Так довго, як системні операції обмежуються лише приватними приміщеннями, організація має мати справу з мінімальними нормативними актами кордонів та проблемами конфіденційності (проблеми, які можуть бути такими згубними, що вони роблять інші випадки використання нездійсненними) [1].

Найбільш суттєвим обмеженням для інтралогістики є ймовірно, питання корисного навантаження. Менші, доступні БПЛА як і раніше невітшно дорогі а великі безпілотники вертольоти конкурують зі своїми пілотованими колегами з точки зору витрат, обслуговування та вимогами інфраструктури, виключаючи їх основні переваги.

Тобто, аналізуючи всі вище перераховані плюси і мінуси даних апаратів, можна сказати, що вони найбільш пристосовані саме для невеликих внутрішніх перевезень або складських робіт, з малими відстаннями перевезень та мінімальними ризиками для вантажів.

Німецький дослідний проект IML Fraunhofer досліджує використання платформи БПЛА для внутрішніх і зовнішніх рейсів [3]. Ця концепція

заснована для Інтернет речей, орієтуючись на самоорганізацію машини та взаємодія між системами. Датчики дозволяють системі самостійно спостерігати та аналізувати навколишнє середовище, щоб БПЛА був здатний пересуватися по складу, знаходити логістичні об'єкти та провести інвентаризаційну перевірку. Зібрана інформація також передається стороннім системам через інтелектуальні інтерфейси та послуги. Це дозволяє безпосередньо передати обрану контекстну інформацію.

Беручи за основу даний проект, можливо розробити аналогічну систему, яка буде націлена на проблему конфіденційності, а в подальшому і в швидкості доставки.

Зрозуміло, що перед БПЛА стоять значні виклики, зокрема, регуляторне середовище, питання конфіденційності, та інтеграція в існуючі мережі. Це, швидше за все, займе чималий час та зусилля для подолання цих викликів і, власне, багато підгалузей логістичної галузі можуть ніколи не розвинути регулярне використання БПЛА [4].

На сьогоднішній день два найбільш перспективні напрями використання в логістичній галузі щодо потенціалу бізнесу - це:

1. Термінові експрес-відправки у багатолюдних мегаполісах - підвищення швидкості доставки, гнучкості мережі, і потенційно навіть екологічні записи.

2. Сільські поставки в районах, де не вистачає адекватної інфраструктури (наприклад, в Африці) - сприяння людям у віддалених місцях для підключення до глобальних торгових мереж.

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу застосування безпілотних літальних апаратів в логістичній галузі, в тому числі в інтралогістиці, було виявлено нинішню ситуацію використання їх саме в доставці. Найголовніше, були доведені плюси і мінуси використання цих літальних апаратів, що в результаті дає нам змогу виявити слабкі сторони, які потрібно удосконалювати. У роботі розглядався приклад німецького проекту, який наводить погляд на удосконалення системи використання безпілотних літальних апаратів.

На сьогоднішній день даний вид транспорту знаходиться в високій тенденції росту, і всі виявлені недоліки в швидкому темпі досліджуються і незабаром будуть усунені.

Ця тема буде продовжувати викликати великий інтерес наступні кілька років, особливо якщо технологічні події та зміни в законодавстві прискорять розповсюдження БПЛА.

#### **Список використаних джерел:**

1. Приймак А. В., Дар'їн Я. В., Стрюк Д. М. та ін. Аналіз доцільності створення та застосування багатофункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення. *Системи озброєння і військова техніка*. 2010. №3(23). С. 142-145.

2. Барабан М. В., Бевз О. М., Кулик Я. А. Моделювання системи доставки об'єктів безпілотними авіаційними засобами. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2018. № 3. С. 54-63.

3. The Inventairy Research Project. *Digital technologies*. URL: <http://www.autonomik40.de/InventAIRy.php>.

4. UAV teamsup with AMP. URL: [http://ampelectricvehicles.com/wp-content/themes/amp\\_v1/images/horsefly\\_crop.jpg](http://ampelectricvehicles.com/wp-content/themes/amp_v1/images/horsefly_crop.jpg).



**Д. О. Сельванович**

*студентка Факультету менеджменту, транспорту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ОРГАНІЗАЦІЯ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ПАНДЕМІЇ**

Проблема пандемії на сьогодні є однією з найбільших проблем населення та світової економіки. Захворюваність на Covid-19 на початку 2020 року набрала обертів і згодом переросла у пандемію. За рік країнам світу, окрім Китаю за наявною інформацією з відкритих джерел, не вдалося ні побороти хворобу, ні винайти вакцину чи ліки від цього небезпечного вірусу. [5]

Станом на 9 листопада 2020 року кількість хворих на коронавірус в світі склала 50,5 млн. чол.(Європа – 12,2 млн. осіб, Азія – 14,4 млн. осіб, Північна Америка – 12,1 млн. осіб, Південна Америка – 10 млн. осіб, Австралія та Океанія – 40 тис. осіб, Африка 1,8 млн. осіб). В Україні ця кількість майже досягла 0,5 млн осіб [8].

Роль авіаційного транспорту в перші місяці розповсюдження вірусу SARS-CoV-2 була відверто негативною, оскільки разом з пасажирами літаків цей вірус швидко опинився в більшості країн світу, і першими після Китаю удар відчули Італія, США, Іспанія та Великобританія. Починаючи з кінця першого кварталу 2020 року країни світу почали вводити заборону на в'їзд громадян інших країн, вводити обов'язкове тестування після перетину кордону або самоізоляцію протягом 14 днів. Все це миттєво вплинуло на обсяги авіаційних перевезень та призвело до масового банкрутства авіаційних компаній, звільнення тисяч працівників авіаційної галузі.

На даний момент єдиним засобом протистояння вірусу є карантинні обмеження, але вони мають негативні наслідки у вигляді падіння ВВП, падіння світової економіки, зростання безробіття, зниження попиту та цін на нафту. [4].

Тому світ з нетерпінням чекає на винайдення вакцини від Covid-19, адже прогнози вчених невтішні і пандемія не закінчиться у 2020 році.

Вакцини потрібно транспортувати відповідно до суворих правил, в умовах контролю температури, адже більшість вакцин потребує зберігання та транспортування лише при певному температурному режимі. Також вакцини мають прибути до місця призначення в межах визначеного терміну, щоб якомога швидше можна було починати боротьбу з хворобою [1].

Тому найкращим та практично єдиним варіантом для транспортування вакцин буде авіатранспорт, який може успішно перевозити цінні та швидкопсувні вантажі за специфічних умов у найкоротший термін, навіть у ту точку світу, куди не можна доставити вантаж наземним транспортом. Швидкість доставки матиме безпосередній вплив на зменшення кількості хворих та померлих людей (для України це наразі щодоби понад 10 тис нових хворих та майже 200 померлих [5]).

Треба зазначити наявність успішного досвіду перевезення авіатранспортом в Україну вакцини від гепатиту В (Корея), туберкульозу (Данія), краснухи (Індія), дифтерії (Франція), правця (Бельгія), кашлюку (Бельгія, Франція), поліомієліту (Франція). Дані вакцини перевозились в спеціальних термобоксах Боїнгами 767-200 [6].

Пошук діючої вакцини проти коронавірусу йде на всіх континентах. Найкращі вчені світу практично по всьому світу об'єднуючись в команди та зачасту обмінюючись даними спостережень ведуть пошук безпечного та швидкого способу боротьби з пандемією. 95% варіантів вакцин (223 з 235) розробляються в Північній Америці, Європі та Азії. Найбільша кількість вакцин-кандидатів на основі білкових субодиниць (44% від загальної кількості), РНК (14,4%), нереплікуючих вірусних векторів (13,9%) та інактивованих вірусів (6,7%) [10].

Інактивовану вакцину розробляє Китай, над РНК-вакциною працює Німеччина та США, вакцину на основі білкової субодиниці розробляють

Канада, США, Китай та Великобританія, а над нереплікуючою вірусною векторною вакциною працює Великобританія [10].

Інактивована вакцина та вакцина на основі білкових субодиноць вимагає температуру зберігання та транспортування від 2° до 8° С. Нереплікуюча вірусна векторна вакцина та РНК-вакцина потребують особливих умов транспортування, а саме температуру -80°С. Тобто незалежно від того, на основі якої платформи буде винайдена вакцина від коронавірусу, вона буде потребувати особливих температурних умов для перевезення та зберігання, до чого треба бути готовими авіаційним компаніям, які в умовах стагнації галузі повинні бути готовими для миттєвого виходу на новий ринок [10].

Вибір типу повітряного судна є окремою оптимізаційною задачею, але вже зараз зрозуміло, що перевезення вакцини від Covid-19 доцільно буде здійснювати найбільшими вантажними літаками, для того, щоб забезпечити перевезення необхідної кількості вакцин по всьому світу.

За даними IATA більшу частину вакцин для країн світу можуть бути перевезені в термоконтейнерах RKNCSafe літаком Boeing 747-400F (вантажопідйомність 128,5 тон), АН-225 «Мрія» (вантажопідйомність 250 тон), АН-124 «Руслан» (вантажопідйомність 120 тон), А300-600ST Beluga (вантажопідйомність 47 тон) [3].

Досвід перевезення вакцин в контейнерах RKNCSafe літаком Boeing 747-400F був у авіакомпанії Air Bridge Cargo. Максимальне оптимальне завантаження даного типу ПС склав 21 000 контейнерів. В кожному контейнері можна розмістити 560 вакцин по 1 мл або 380 вакцин по 1,5 мл, або 280 вакцин по 2 мл[2].

Одна доза РНК-вакцини та нереплікуючої вірусної векторної вакцини імовірно буде вагою 8,5 грам та об'ємом 1,5 мл, а вакцина на основі білкової субодиноці та інактивована вакцина будуть вагою 6 грам та об'ємом 1 мл [10].

Кількість доз вакцини від Covid-19, що можуть бути перевезені певними типами ПС наведена в табл.1.



**Імовірна кількість перевезених доз вакцини певними типами ПС**

Тип ПС	Кількість доз вакцини	Кількість доз РНК-вакцини та нереплікуючої вірусної векторної вакцини	Кількість доз вакцини на основі білкової субодиноці та інактивної вакцини
Boeing 747-400F		7 980 000	11 760 000
АН-225 «Мрія»		15 580 000	22 960 000
АН-124 «Руслан»		7 600 000	11 200 000
A300-600ST Beluga		2 850 000	4 200 000

За даними ВОЗ треба буде здійснювати пріоритетну вакцинацію, тобто в першу чергу будуть вакцинувати частку населення, чия робота пов'язана з безпосереднім контактом з великою кількістю людей, а саме медичні працівники, поліція, працівники освітніх закладів, співробітники громадського транспорту та торгівлі, органи соціального захисту населення, працівники громадського харчування та інші [7].

В середньому по світу кількість населення зайнятого в сфері послуг становить близько 67% (5 237 664 700 осіб). Але слід урахувати, що на одну людину необхідно дві дози вакцини [9].

Для пріоритетної вакцинації населення всього світу РНК-вакциною або нереплікуючою вірусною векторною вакциною необхідно буде здійснити 673 рейсів літаком АН-225, 1313 рейсів літаком В747-400F, 1379 рейсів літаком АН-124 та 3676 рейсів літаком А300-600ST.

Для пріоритетної вакцинації населення світу вакциною на основі білкових субодиноць або інактивною вакциною необхідно буде здійснити 457 рейсів літаком АН-225, 891 рейс літаком В747-400F, 936 рейсів літаком АН-124 та 2495 рейсів літаком А300-600ST.

В Україні частка населення зайнятого в сфері послуг складає 61%, тобто близько 25,5 млн. осіб [9]. Для України необхідно буде два рейси літаком АН-225 та один рейс літаком АН-124, щоб забезпечити повну вакцинацію пріоритетного населення. І ще 2 рейси щоб забезпечити потребу населення в цілому.

Отже, наукою розглядається чотири види вакцини від Covid-19, які будуть транспортуватися по країнам світу авіаційним транспортом. Деякі вакцини потребують умов перевезення при температурі  $-80^{\circ}\text{C}$ , деякі вакцини потребують температуру від  $2^{\circ}$  до  $8^{\circ}$  C. Усі чотири види вакцин будуть перевозитись в термобоксах. Забезпечення перевезень вакцини прогнозовано буде здійснено найбільшим в світі вантажним літаком АН-225, літаками В747-400F та АН-124. Літаком А300-600ST можна здійснювати транспортування для країн з низькою захворюваністю або населенням до 3-4 млн людей. Україна на ринку вантажних авіаперевезень достатньо конкурентоспроможна та зможе внести свій вклад в швидке та надійне перевезення вакцин під час пандемії.

#### Список використаних джерел:

1. Транспортування вакцин / Європейська правда. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/rus/news/2020/09/10/7114208/>
2. Airbridge Cargo готується до перевезення вакцини / Інформаційне агентство SeaNews. URL: <https://seanews.ru/2020/08/04/ru-airbridgecargo-perevozka-vakciny-ot-koronavirusa/>
3. Розвозка вакцини від Covid-19 по світу / Інформаційний портал BBCNews. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/news-54098685>
4. Наслідки корона вірусу / Інформаційний портал BBCNews. URL: <https://www.bbc.com/russian/features-52493422>
5. Карантинна реальність / Мультимедійна платформа України «Укрінформ» URL: <https://www.ukrinform.ru/rubric-society/3048835-karantin-adaptivnyj-ili-ze-lokalnyj-nasa-realnost-pohoze-nadolgo.html>
6. Доставка вакцин в Україну. / НВ. Новини України та світу. URL: <https://nv.ua/ukr/ukraine/events/koronavirus-v-ukrajini-hto-i-yak-dostavlyatime-vakcinu-novini-ukrajini-50118751.html>
7. Офіційний сайт Всесвітньої організації охорони здоров'я. URL: <https://www.who.int/features/immunization/ru/>
8. Офіційний сайт Міністерства фінансів України. URL: <https://index.minfin.com.ua/reference/coronavirus/geography/>
9. Населення зайняте в сфері послуг / Статистичний портал Economic Data. URL : [https://www.economicdata.ru/economics.php?menu=macroeconomics&data\\_type=economics&data\\_ticker=ServicesEmploy](https://www.economicdata.ru/economics.php?menu=macroeconomics&data_type=economics&data_ticker=ServicesEmploy)
10. Center for Global Development : COVID-19 Vaccine Predictions. URL : <https://www.cgdev.org/sites/default/files/COVID-19-Vaccine-Predictions-Full.pdf>

**Науковий керівник: Г. Я. Мозолевич**, к.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Ю. В. Сташкевич**

*студенка Факультет транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ПРОБЛЕМИ ПІДПРИЄМСТВ В СИСТЕМІ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ**

В сучасних умовах більше уваги приділяється питанню забезпечення ефективності функціонування ринкової економіки, розвитку конкурентоздатних стосунків та ефективному використанню економічних ресурсів [1; 4]. Враховуючи світову кризу в кінці 2019 початку 2020 року, у зв'язку зі світовою пандемією Covid-19, економіка України перебуває в "летаргічному сні".

МВФ прогнозує спад ВВП на рівні 7,7% і ріст в наступному році на 3,6%, натомість Мінекономіки прогнозує показники на рівні, відповідно, 4,2% та 2,4%. Ця сумна статистика вказує нам на єдиний можливий варіант розвитку подій. Попри заклики міжнародних інституцій про відкриття ринків після пандемії, більшість країн "закрилися в собі" і орієнтуються на внутрішнього виробника та внутрішній ринок [3].

На весні 2020 року для українських підприємств настали "скрутні часи". Кабмін запроваджує в Україні карантин до 3 квітня. Наказано припинити авіасполучення з деякими країнами, закрити навчальні заклади, не збиратися понад 200 осіб, зупинити роботу більшості КПП на кордонах. Люди починають масово скуповувати продукти та товари першої необхідності. ВООЗ оголошує пандемію у зв'язку з поширенням у світі COVID-19.

А згодом у Києві, Харкові та Дніпрі закривають метро. У наземний транспорт столиці пускають лише у масках і не більше десяти осіб одночасно. Припиняється залізничне, авіа- та автобусне міжміське сполучення. На Київщині вводять режим надзвичайної ситуації [7].

Враховуючи всі обставини виробничі підприємства опинилися у «пасці». Оскільки, великі заводи України не можуть зупинити свої потужності тож виробники змушені були реагувати негайно.

Гостро постала проблема доставки сировини на підприємства, а особливо, якщо це імпортні матеріали. У зв'язку з даною проблемою виникають затримки в роботі підприємства, менеджерів, планового, виробничого та відділу збуту.

Проблема змішаних перевезень вантажів досліджувалася на сучасному українському підприємстві, де лівова частка вантажу перевозиться морем, залізницею та автотранспортом.

Міжнародні перевезення автомобільним транспортом є одним з найефективніших та рентабельних видів перевезень вантажів та пасажирів у близьких сполученнях та в порівнянні з іншими видами транспорту(табл. 1).

Таблиця 1

**Порівняльна таблиця при перевезенні вантажів  
різними видами транспорту**

Вид транспорту	Переваги	Ризики при транспортуванні
Автомобільний транспорт	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька вартість;</li> <li>- великі дорожні мережі;</li> <li>- можливість запланувати транспортування та відстеження;</li> <li>- місцезнаходження товарів;</li> <li>- безпечна та приватна доставка.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- великі відстані на суші можуть зайняти більше часу;</li> <li>- можуть бути затримки та поломки під час маршруту;</li> <li>- існує ризик пошкодження товарів, особливо на великих відстанях;</li> <li>- високі збори в деяких країнах;</li> <li>- різні правила дорожнього руху в деяких країнах.</li> </ul>
Залізничний транспорт	<ul style="list-style-type: none"> <li>- широка залізнична мережа по всій Європі;</li> <li>- екологічно чистий спосіб в порівнянні з іншими транспортними системами.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- залізничний транспорт може бути дорожче, ніж автомобільний;</li> <li>- складність доставки у віддалені регіони;</li> <li>- для транспортування від залізничного пункту до кінцевого може знадобитися додатковий транспорт.</li> </ul>

Продовження таблиці 1.

Вид транспорту	Переваги	Ризики при транспортуванні
Морський транспорт	<ul style="list-style-type: none"> <li>- можливість транспортувати великі обсяги за низькими витратами;</li> <li>- вантажні контейнери можуть також використовуватися для подальшого транспортування автомобільним або залізничним транспортом</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- доставка по морю може бути повільніше, ніж за допомогою інших способів транспортування;</li> <li>- маршрути і розклад, як правило, негнучкі;</li> <li>- відстеження прогресу транспортування товару важко відслідкувати;</li> <li>- портові збори і податки;</li> <li>- для транспортування від порту до кінцевого пункту може знадобитися додатковий транспорт.</li> </ul>

*Джерело: складено на основі [2; 5; 6]*

Для транспортування вантажів за допомогою автомобільного транспорту використовують як власний, так і транспорт загального користування. При укладанні транспортного договору клієнт повинен переконатися, що перевізник має ліцензію на здійснення тих або інших робіт, пов'язаних з перевезенням вантажів. Залізничний транспорт є економічно ефективним та вигідним способом переміщення товарів.

Організація перевезень вантажів залізничним транспортом регламентується Законом України «Про залізничний транспорт». Ним визначаються економічні, організаційні та правові засади діяльності залізничного транспорту. Також за допомогою положень даного закону визначається роль та місце залізниці в економічній та соціальній сфері країни [2].

Питання, що пов'язані з міжнародними транспортними перевезеннями являються одними з найскладніших у сфері комерційного права. Будь-які перевезення товарів – це справа, що пов'язана з ризиком. Перевізники завжди прагнули максимально обмежити свою відповідальність. З іншого боку, вантажовідправники мають договірні зобов'язання перед своїми покупцями і теж прагнуть зменшити ризик втрати або псування перевезених товарів.

Можливо вирішити дані проблеми допомогло б страхування, але перевізник, розуміючи, що товар застрахований, може поводитися менш обережно, ніж під час перевезення незастрахованого товару. Ризик, таким чином, збільшується, а вартість страховки, що частково залежить від ступеня можливості виникнення страхової події, зростає. Ускладненням проблеми може бути те, що страхова компанія може намагатися уникати сплати страховки. В даних умовах необхідним стає втручання держави в даний конфлікт. Коли перевезення міжнародні, недостатньо втручання тільки однієї держави. Якщо заходи втручання будуть різними, це призведе до додаткових ускладнень і проблем з приводу того, право якої країни слід застосовувати. Тому бажано, щоб правила перевезення різних країн були однаковими [6].

#### **Список використаних джерел:**

1. Білокур І. П. Основи дефектоскопії: підручник. Київ: Азимут-Україна, 2004. 496 с.
2. Вельможин А.В., Гудков В.А и др. Грузовые автомобильные перевозки. разное. Учебник для вузов. А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2006 - 560 с.
3. Економічний розвиток України - перспективи та умови світового економічного середовища [Електронний ресурс] // 112 Україна – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.112.ua/mnenie/hlobalna-ekonomichna-shakhivnytsiata-ukraina-534028.html>.
4. Мочерний С.В. Політекономія /Мочерний С.В. – 2-ге вид., випр.- К.:Вікар, 2005. – 386с.
5. Сугоняко Д. О. Економічно-організаційні проблеми транспортного обслуговування в регіоні та напрямки їх вирішення / Д. О. Сугоняко // Проблеми економіки транспорту: ІХ Міжнародна наукова конференція, 22.04.-23.04.2012 р.: тези доп. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2010. – С 106.
6. Устенко М.О. Основні проблеми транспортної логістики // Вісник економіки транспорту і промисловості, УкрДАЗТ. – 2010. – № 29. – С. 2
7. Як ми пережили весну [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrainer.net/holovkivka/>

**Науковий керівник: В. Г. Вовк**, к.т.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Д. Ю. Степаненко**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Д. В. Мединський**

*асистент кафедри організації авіаційних перевезень  
Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ**

**Вступ.** З розвитком технологій безпілотні літальні апарати (БПЛА) посіли важливе місце у житті сучасної людини. Розробка та серійне виробництво БПЛА здійснюється у багатьох країнах світу, лідерами в цій галузі є США, Ізраїль, Франція, Китай. Сучасні БПЛА широко використовуються у військових та цивільних цілях [1]. БПЛА проникли майже у всі галузі науки та техніки, а особливо успішними є у доставці вантажів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженням БПЛА та їх використанням займалися багато вітчизняних та зарубіжних вчених. В роботі [2] описано історію розвитку БПЛА, роль апаратів у військових конфліктах та аналіз перспектив подальшого використання БПЛА. Класифікація та тенденції створення БПЛА викладено у праці [3]. Перспективи майбутнього розвитку та стану БПЛА висвітлюються у роботах [4; 5]. Питанням дослідження БПЛА займаються багато фахівців, і сьогодні актуальність їх використання тільки зростає.

**Мета** – проаналізувати розвиток БПЛА у різних країнах світу, визначити можливі способи доставки вантажів за допомогою БПЛА. Представити SWOT-аналіз доставки вантажів БПЛА.

Аналіз світового ринку БПЛА

Майбутнє авіап перевезень вантажів за безпілотними літальними апаратами. Більше 30 організацій Європи і всього світу наполягають на розробці БПЛА. За попередніми підрахунками БПЛА обійдуться дешевше і будуть більш продуктивні в порівнянні з пілотованими судами, а їх виробники бачать можливості комерційного розвитку напрямку авіап перевезень вантажопідйомністю до 10 тонн для охоплення маршрутів з невисоким вантажопотоком [6].

Очікується, що на ринку БПЛА протягом прогнозованого періоду (2020 – 2025 рр.) середній темп зростання буде зареєстрований більше 10%. В Азіатсько-Тихоокеанському регіоні прогнозують найшвидше зростання на ринку БПЛА через великий інтерес до апаратів, труднощі при досягненні кордонів (покритими горами), таких як кордон між Індією і Китаєм, через розвиток технологічних досягнень та для збору розвідувальних даних. В даний час Північна Америка займає значну частку на ринку БПЛА в усьому світі. Компанії Boeing, NorthropGrumman, IsraelAerospaceIndustries, ElbitSystemsLtd і General Atomics є одними з найрозвинутіших організацій у військовому сегменті ринку. Навпаки, в сегменті комерційних БПЛА домінують такі компанії, як DJI і ParrotDrones SAS, які мають значну частку в невеликому сегменті БПЛА досліджуваного ринку [7].

Найбільшого успіху в сфері використання та виробництва БПЛА здобули такі країни як: США, Ізраїль, Франція, Великобританія, Китай, Німеччина. Серед основних виробників безпілотників місця на ринку до 2023 року розподіляться наступним чином: «NorthropGrumman» з БПЛА «GlobalHawk» – 18,2 відсотка, «General AtomicsAeronauticalSystems» з сімейством БПЛА «Predator» – 15,5, компанія AAI Corporation з БПЛА «Shadow» – 2,2, компанія «IsraelAerospaceIndustries» з БЛА «Heron» – 1,9, компанія «Boeing» з БПЛА «ScanEagle» – 1,6 відсотка. На всі інші світові компанії-виробники БПЛА відведено 60,6 відсотка [8].

Одним з кращих комерційних застосувань БПЛА є доставка вантажів та різної продукції. Так, в різних країнах світу доставляють пошту, продукти



харчування, ліки, одяг та особисті речі пересічним громадянам у віддалені або важкодоступні регіони за допомогою БПЛА. Аналізуючи відомі способи доставки вантажів відомим прикладом є мельбурнська компанія SwoorAero, яка у 2020 році організувала доставку ліків у важкодоступні райони за допомогою БПЛА, якими можна керувати з будь-якої точки світу. Компанія досягнула такого результату створивши власну систему управління, яка використовує супутникові канали зв'язку з високою пропускною спроможністю, а безпосередньо БПЛА виготовлені з комбінації вуглецевого волокна з 3D-друкованими компонентами, що працюють на сонячній енергії та використовують фірмову технологію компанії [9].

Доставку вантажів БПЛА намагалися організувати й великі інтернет платформи, такі як Amazon.com Джеффа Безоса, Alibaba.com, корпорація Alphabet, FPS Distribution та інші компанії, але всі вони зіткнулись з рядом проблем пов'язаних з адміністративними обмеженнями на комерційне перевезення вантажів за допомогою БПЛА.

Ще одне комерційне застосування БПЛА – це доставка пошти. Цю, відносно нову технологію досліджували поштові компанії в Австралії, Швейцарії, Німеччині, Сінгапурі, Україні, Фінляндії та ін. В Україні поштова компанія «Укрпошта» у 2016 році співпрацювала з ізраїльською компанією Flytrex, тестування пройшли успішно і визначили, що за день модель БПЛА, що тестувалася може доставити 10 поставок вантажів чи пошти. Враховуючи низький рівень витрат на електроенергію і відсутність витрат на паливо, така техніка є оптимальною для поштових цілей [10]. З вдосконаленням технічних характеристик БПЛА актуальність доставки вантажів цими апаратами збільшиться у всьому світі.

Модифікації БПЛА для доставки вантажів у різних країнах світу (рис.1.)



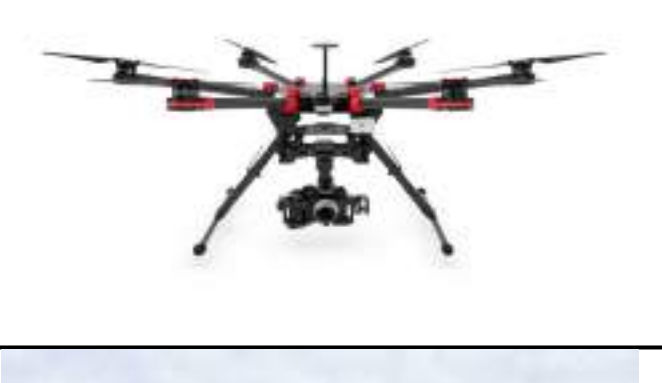


<b>Гексокоптер DJI Matrice 600 Pro</b>	
Виробник: DJI (Китай)	
Швидкість: 65 км/год	
Час польоту з макс. навантаженням: 16 хв	
Ємність акумулятору: 5700 мАч	
Маса: 9,1 кг	
Макс. злітна маса: 15,1 кг	
Радіус дії: до 5 км	
<b>БПЛА Freefly ALTA 8</b>	
Виробник: FreeFly (США)	
Швидкість: 75 км/год	
Час польоту з макс. навантаженням: 16 хв	
Ємність акумулятору: 6300 мАч	
Маса: 6,2 кг	
Макс. злітна маса: 18 кг	
Радіус дії: 1,5 км	
<b>БПЛА SpreadingWings S900</b>	
Виробник: DJI (Китай)	
Швидкість: 60 км/год	
Час польоту з макс. навантаженням: 18 хв	
Ємність акумулятору: 12000 мАч	
Маса: 3,3 кг	
Макс. злітна маса: 8,2 кг	
Радіус дії: 3 км	
<b>БПЛА Volo Drone</b>	
Виробник: Volocopter (Німеччина)	
Швидкість: до 110 км/год	
Час польоту з макс. навантаженням: 30 хв	
Макс. злітна маса: 200 кг	
Радіус дії: 40 км	
<b>БПЛА Griff 300</b>	
Виробник: Griff Aviation (Норвегія)	
Швидкість: 60 км/год	
Час польоту з макс. навантаженням: 40 хв	
Маса: 75 кг	
Макс. злітна маса: 225 кг	
Радіус дії: 15 км	

Рис. 1. Технічні характеристики безпілотних літальних апаратів

Для визначення ефективності та доцільності використання БПЛА при доставці вантажів представлено SWOT-аналіз (рис.2).

<p style="text-align: center;"><b>Сильні сторони</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ швидка доставка вантажів;</li> <li>+ зменшення впливу людського фактору у доставці вантажів, а отже і менша ймовірність помилок;</li> <li>+ економічна ефективність;</li> <li>+ екологічність;</li> <li>+ мобільність;</li> <li>+ простота в експлуатації;</li> <li>+ не складна процедура оформлення дозволів і узгодження польотів;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Слабкі сторони</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- необхідність інвестицій на початкових етапах;</li> <li>- неможливість використання при сильному вітрі і дощі;</li> <li>- невелика вантажопідйомність;</li> <li>- відносно короткий час польоту;</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Можливості</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ доставляти вантажі у важкодоступні місця;</li> <li>+ доставляти термінові чи швидкопсувні вантажі за мінімальні часові проміжки;</li> <li>+ можливість використання БПЛА у військових та цивільних цілях;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Загрози</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- використання БПЛА не за призначенням;</li> <li>- порушення конфіденційності особистого життя та викриття комерційних таємниць;</li> <li>- недосконале нормативно-правове регулювання;</li> </ul>

Рис. 2. SWOT-аналіз доставки вантажів БПЛА

**Висновки.** З розвитком технологій безпілотні літальні апарати (БПЛА) стали невід’ємною частиною транспортної системи світу. Сфери використання БПЛА розширюються з кожним роком. Перевезення вантажів займає важливу роль у використанні БПЛА. Дослідження показали, що використання БПЛА у логістиці має високу економічну ефективність. Проаналізувавши сучасний стан та міжнародний досвід у галузі використання БПЛА для доставки вантажів, можна стверджувати, що інтерес до БПЛА буде тільки зростати. Науковці всього світу займаються розробкою нових моделей БПЛА, як для комерційних цілей, так і для військових. Але через недосконале нормативно-правове регулювання апарати не використовуються масово для доставки вантажів.

**Перспектива подальших досліджень.** Міжнародний досвід та наукові дослідження показали, що доставка вантажів за допомогою БПЛА є надзвичайно ефективною. Вантажі можна доставляти у важкодоступні райони з

великою швидкістю та високою оперативністю. Дане перевезення є економічно ефективніше в десятки разів та не шкодить навколишньому середовищу. Зменшується також вплив людського фактору, а отже ймовірність помилки мінімальна. Тому перспектива подальших досліджень дуже важлива для всього світу.

### Список використаних джерел:

1. Ударцева Т. Є. Доцільність проведення професійного добору операторів керування безпілотними літальними апаратами. *Система озброєння і військоватехніка*. URL:[file:///D:/Downloads/soivt\\_2016\\_1\\_46.pdf](file:///D:/Downloads/soivt_2016_1_46.pdf).

2. Иьюшко В. М., Митрахович М. М., Самков А. В. и др.; Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / под. общ. ред. В.И.Силкова. Киев: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. 302 с.

3. Харченко О. В., Кулешин В. В., Коцуренко Ю. В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення. *Наука і оборона*. 2015. № 6. С. 47-54.

4. Завалов О. А., Маслов А. Д. Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты. Московский авиационный институт (МАИ). Москва, 2008. 196 с.

5. Матійчик М. П., Качало І. А. Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній. *ABIA 2013*. Матеріали XI міжнародної наук.-техн. конфер. 2013. С.97.

6. Майбутнє авіаперевезень вантажів за безпілотними літальними апаратами / Офіційний сайт TBN Company UKRAINE .2020. URL: [https://www.tbncom.com/news/majbutne\\_aviaperevezen\\_vantazhiv\\_za\\_bezpilotnimi\\_litalnimi\\_aparatami/2020-05-02-473](https://www.tbncom.com/news/majbutne_aviaperevezen_vantazhiv_za_bezpilotnimi_litalnimi_aparatami/2020-05-02-473)

7. Unmanned aerial vehicles market - growth, trends, and forecasts (2020 - 2025). URL:<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/uav-market>.

8.Мировой рынок беспилотников. URL: <https://topwar.ru/38994-mirovoy-rynok-bespilotnikov.html>.

9.Запуск дронов для доставки лекарств, 2020. URL: <https://swoop.aero/>.

10.Укрпочта протестировала дрон для доставки посылок. URL: [https://rus.lb.ua/society/2016/06/02/336680\\_ukrpochta\\_protetirovala\\_dron.html](https://rus.lb.ua/society/2016/06/02/336680_ukrpochta_protetirovala_dron.html).

**М. С. Стрельцов, М. О. Яблонський**  
*студенти Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Мультимодальне перевезення вантажів, як правило, здійснюється по міжнародним транспортним коридорам, передбачає найбільш тісну інтеграцію, що заснована на єдності, взаємодії та координації всіх ланок та учасників ланцюга доставки в організаційно-правовому та техніко-технологічному аспектах. Варто підкреслити, що тут, одночасно, досягається системний розвиток транспортно-логістичної інфраструктури, зокрема, створення у транспортних вузлах мережі мультимодальних транспортно-логістичних комплексів та інших об'єктів інфраструктури, інформатизація процесів руху вантажопотоків [1].

Вибір мультимодальних перевезень обумовлюється їх економічністю, виграшем у часі, та специфікою транспортної інфраструктури кожної країни. У цьому виді перевезень, завдяки використанню переваг кожного виду транспорту розробляється оптимальний маршрут перевезення з урахуванням специфіки вантажів, що перевозяться.

Найбільш поширені в світовій практиці схеми мультимодальних перевезень описані нижче:

1. Автотранспорт - авіатранспорт-автотранспорт
2. Автотранспорт - залізничний транспорт - автотранспорт
3. Залізничний транспорт - авіатранспорт - автотранспорт
4. Залізничний транспорт - морський транспорт - автотранспорт
5. Залізничний транспорт - морський транспорт - залізничний транспорт
6. Залізничний транспорт - автотранспорт - авіатранспорт - автотранспорт

Всі комбінації різних видів транспорту перерахувати неможливо, але

найбільша їх кількість наведена нижче:

- 1) склад-авто-аеропорт-авіа-аеропорт-авто-склад;
- 2) склад-залізниця-аеропорт-авіа-аеропорт-авто-склад;
- 3) склад-авто-аеропорт-авіа-аеропорт-залізниця-склад;
- 4) склад-залізниця -аеропорт-авіа-аеропорт-залізниця-склад;
- 5) склад-авто-порт-море-порт-авто-склад;
- 6) склад-залізниця -порт-море-порт-авто-склад;
- 7) склад-авто-порт-море-порт-залізниця-склад;
- 8) склад-залізниця -порт-море-порт-залізниця-склад;
- 9) Склад-авто-залізнична станція-залізнична станція-авто-склад.

Вище наведені найбільш часто використовувані способи мультимодальних перевезень. Для того щоб обрати підходящий спосіб необхідно прорахувати вартість та терміни по всіх маршрутах і тільки після цього приймати рішення щодо його застосування [2].

Проведене дослідження міжнародного досвіду в галузі використання транспортно-логістичного сервісу [3] та сучасних технологій організації доставки вантажів на міжнародному рівні дозволило виявити основні напрямки забезпечення ефективного руху вантажопотоків, проаналізувати існуючі глобальні вантажопровідні мережі і, на цій основі, констатувати про доцільність та перспективність застосування мультимодальних перевезень як для держави, так й для учасників ланцюга доставки вантажів «від дверей до дверей» (див. рис. 1).

Таким чином, мультимодальні перевезення, в сучасних економічних умовах, надають нові можливості для міжнародної торгівлі та підвищують її ефективність [4]. Крім того, вони створюють нові можливості для місцевих транспортних компаній, які можуть вийти на світовий ринок міжнародних перевезень вантажів своєї зовнішньої торгівлі.



Рис. 1. Вигоди від мультимодальних перевезень

#### Список використаних джерел:

1. Соколова О. Є., Акімова Т. А., Сулима Л. О. Теоретичні основи організації та розвитку мультимодальних перевезень в Україні. *Економічний простір*. 2014. Вип. 83. С. 91–103.
2. Соколова О. Є. Концептуальні засади формування мультимодальної системи перевезення вантажів. *Наукоємні технології*. 2014. № 1. С. 114-118.
3. Никифоров В. С. Мультимодальные перевозки и транспортная логистика. Учебное пособие. Новосибирск: НГАВТ, 1999. 103 с.
4. Ширяєва С. В. Логістика мультимодальних перевезень вантажів. *Вісник Національного транспортного університету*. 2012. Вип. 26 С. 358–362.

**Науковий керівник: І. В. Борець**, к.п.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**Д. В. Федотова**

*студентка Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

**Ю. В. Шевченко**

*к.е.н., доцент кафедри організації авіаційних перевезень,  
Національний авіаційний університет*

## **ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ В АЕРОПОРТУ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ COVID-19**

Пандемія COVID-19 принесла неймовірні зміни в авіаційну галузь та на подорожі загалом. Перш за все авіакомпанії та аеропорти почали нести величезні збитки за рахунок тимчасового закриття кордонів. Згідно останньої версії прогнозів Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) можливий вплив на регулярні міжнародні пасажиропотоки з січня по грудень 2020 року порівняно із базовим пасажиропотоком є наступний: загальне скорочення місць, пропонувані авіакомпаніями, на 51%; загальне скорочення пасажирів від 2 867 до 2 897 мільйонів; потенційний збиток авіакомпаній приблизно на 388 - 392 мільярдів доларів США [1].

Для того, щоб якомога швидше вийти з цієї кризи була створена Робоча група з питань авіаційного відновлення (ICAO Council's Aviation Recovery Task Force (CART)), а для того, щоб застерегти пасажирів від поширення і зараження вірусом, були введені нові правила перевезень та обслуговування пасажирів.

В Керівництві IATA з наземного обслуговування під час COVID-19 одним із найперших йде пункт про фізичне дистанціювання. Для цього аеропорти можуть: розширити відстань між стійками реєстрації; впровадити портативні сканери посадки, щоб пасажирів могли сканувати свої посадкові талони, не задіюючи персонал аеропорту; збільшити відстань між сидіннями в аеропортах тощо [2].

Деякі аеропорти шукають інноваційні шляхи для дистанціювання та рівномірного розподілу кількості пасажирів протягом дня. Наприклад,



Міжнародний аеропорт Денвера став першим партнером програми VeriFLY, за допомогою якої пасажир може забронювати 15-ти хвилинне вікно для перевірки на безпеку, таким чином обмеживши контакт з іншими людьми.

Багато аеропортів почали застосовувати технологію ультрафіолетового світла для дезінфекції підлоги та поверхонь, до яких часто доторкаються пасажирів, та на яких можуть бути потенційно небезпечні мікроби. Тим часом в Міжнародному аеропорту Гонконгу випробували дезінфікуючі машини, які можуть знезаразити мандрівників менш ніж за одну хвилину.

Авіакомпанії теж швидко відреагували на пандемію, та посилили прибирання на борту. Наприклад, нещодавно UnitedAirlines почала наносити антимікробне покриття на сидіння, підносні столи, підлокітники, накладні контейнери, туалети та станції екіпажу, а авіакомпанія Delta Air Lines стала першою американською авіакомпанією, яка почала встановлювати дезінфікуючі станції для рук на борту кожного свого літака [3].

Щодо пасажирів, то для них з'явилися також нові дозволи, заборони, та правила. Наприклад, тепер пасажирів та екіпаж можуть перевозити дезінфікуючі засоби для рук на спиртовій основі до 2л в багажному відділенні та до 100мл в ручній покладі.

Дослідимо нові правила на прикладі українського Міжнародного аеропорту "Київ" ім. Сікорського (Жуляни). Обов'язковим є правильне носіння маски/распіратора, вхід в аеропорт здійснюється лише за наявності проїзного документа, та не раніше 4 годин до рейсу, при вході в термінал робиться температурний скринінг [4]. Такі ж правила розповсюджуються і на інші аеропорти. А із нових послуг, які надаються в Міжнародному аеропорту «Бориспіль» у подорожуючих є можливість здати біоматеріал для проведення ПЛР-тестування на COVID-19 [5].

Отже, незважаючи на те, що пандемія COVID-19 нанесла величезні збитки для авіаційної галузі та галузі туризму, все ж таки аеропорти та авіакомпанії змогли знову запрацювати, ввівши нові правила обслуговування пасажирів, включаючи дистанціювання, дезінфекцію, температурний скринінг

та багато інших. Завдяки посиленим заходам безпеки забезпечується максимальний захист пасажирів, персоналу аеропортів та членів екіпажів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis URL: [https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID-19/ICAO\\_Coronavirus\\_Economic\\_Impact.pdf](https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID-19/ICAO_Coronavirus_Economic_Impact.pdf)
2. Guidance for ground handling during COVID-19. URL: [https://www.iata.org/contentassets/094560b4bd9844fda520e9058a0fbe2e/ground\\_handling\\_guideline\\_covid.pdf](https://www.iata.org/contentassets/094560b4bd9844fda520e9058a0fbe2e/ground_handling_guideline_covid.pdf)
3. Innovative Ways Airports and Airlines Are Handling COVID-19 Pandemic. URL: <https://www.travelpulse.com/gallery/airlines/innovative-ways-airports-and-airlines-are-handling-covid-19-pandemic.html?image=1>
4. COVID-19 ПРАВИЛА БЕЗПЕКИ. URL: <https://iev.aero/covid>
5. ПЛР-тестування на COVID-19 в Міжнародному аеропорту “Бориспіль”. URL: <https://kbp.aero/plr/>

**Є. В. Чугуєв, О. В. Шпак**  
*студенти Факультету транспорту, менеджменту і логістики,  
Національний авіаційний університет*

## **ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ СКЛАДІВ ПРИ АЕРОПОРТАХ**

Склади є найважливішими елементами логістичних систем. Сучасний складський комплекс є великим і складним організм, що вимагає постійної уваги і контролю, адже рух вантажопотоків через склад пов'язаний з витратами, що збільшує вартість кінцевого продукту.

Проблеми, пов'язані з функціонуванням складів, мають значне вплив на рух матеріальних потоків в логістичному ланцюзі в цілому. Необхідність в спеціально облаштованих місцях для зберігання і обробки вантажопотоків існує на всіх етапах руху матеріального потоку.

Вантажні комплекси при аеропортах є однією з ланок ланцюга постачань вантажів від виробника до кінцевого споживача і здійснюють наземну обробку вантажів, що прибувають і відправляються, а також забезпечують певні складські послуги.

На сьогодні авіаперевезення вантажів носять характер дуже поширеної і затребуваної послуги, адже авіатранспорт здатний долати величезні відстані і доставляти вантаж навіть у важкодоступні місця, і як наслідок розширювати територіальні межі бізнесу. У теперішній час доходність вантажних авіаперевезень несумісна з дохідністю пасажирських і ділових, тому цьому напрямку приділяється значно менше уваги, а на розвиток визначеної інфраструктури виділяється значно менше засобів. Крім того, в Україні ще немає автономних вантажних авіаційних терміналів, які б використовувалися тільки для перевалки вантажів. Усі вантажні термінали розташовуються тільки при великих пасажирських аеропортах, оскільки вантажний напрям не є пріоритетним для нашої авіації.

Таким чином, відбувається здорожчання вартості перевезення вантажу, і як наслідок скорочення числа споживачів цієї послуги. Витрати на обробку товарів у вантажних терміналах при аеропортах дуже високі в силу специфіки розвитку авіаційного бізнесу в Україні. Одним із способів їх зниження являється раціоналізація руху вантажних потоків на території транзитно-перевалочного складу, а також збільшення швидкості обробки вантажів (80% часу в дорозі від відправника до одержувача вантаж знаходиться на землі), що у свою чергу неодмінно залежить від правильності розрахунків параметрів складського терміналу і планування його технічних споруд.

Вантажні термінали при аеропортах виконують наступні основні функції: перевалка вантажу, зберігання і обробка вантажу, експедиція вантажу [1]. Ці функції передбачають виконання наступного ряду завдань :

- оформлення контрактів з клієнтами;
- прийом і обробка заявок;
- оформлення транспортних і інших супутніх документів;
- митне очищення вантажу і інші.

Найчастіше літаками перевозяться наступні категорії вантажів: легковагі, важковагові, цінні, швидкопсувні, "мокрі" вантажі, живність, небезпечні вантажі і радіоактивні матеріали.

До особливостей обробки вантажопотоку у вантажному терміналі можна віднести нерівномірність вантажного потоку (авіаперевезення часто здійснюються в міру необхідності в силу особливостей товару, що перевозиться), відправку невеликих транспортних партій (в силу впливу вартості авіаперевезення).

Усі процеси огляду вантажу, обробки, упаковки, відправки повинні бути автоматизовані, що дозволяє значно скоротити час руху матеріального потоку через вантажний термінал. До того ж, має бути механізований і процес розвантажувально-навантажувальних робіт, який вимагає максимальної безпеки пересування матеріального потоку усередині транзитно-перевалочного складу.

Транспортна інфраструктура регіону повинна гарантувати необхідні умови для функціонування і розвитку основних галузей виробництва і

забезпечувати максимально ефективно використання економічного та виробничого потенціалу. Без вирішення проблем у транспортній галузі неможливо домогтися істотних змін у господарській діяльності в цілому.

Таким чином, в стратегії розвитку транспортного комплексу пропонуємо сконцентрувати зусилля держави та приватних інвесторів для створення в регіоні опорної транспортної мережі на основі транспортно-логістичних центрів і розвиненої інфраструктури шляхом реалізації інноваційних транспортних проектів за такими стратегічними напрямками:

1) Логістична інфраструктура передбачає:

- розвиток інфраструктури придорожного сервісу - створення і розвиток повноцінного міжнародного транспортно-логістичного центру у Львові, формування мережі транспортно-логістичних вузлів перевезень в промислових центрах, що забезпечують технологічне єдність і взаємодія між усіма різними транспорту в процесі організації та здійснення перевезень вантажів і прискорення руху вантажопотоків;

- розвиток мультимодальних перевезень (перевезень вантажів двома або більше видами транспорту на підставі єдиного договору) і контейнеризації в системі доставки вантажів та мережі вантажопереробних терміналів (у великих транспортних вузлах) і складських комплексів (у містах і райцентрах регіону) з метою організації ефективної логістики та підвищення швидкості обробки і транспортування вантажів різної номенклатури;

- впровадження сучасних інформаційно-керуючих систем;

- оновлення парку транспортних засобів і підвищення технічного рівня відповідного обладнання, підвищення рівня перевезень, комплексності надання логістичних послуг, що дозволяють істотно поліпшити швидкість і надійність перевезень, знизити витрати на перевезення;

- стимулювання створення великих місцевих експедиторів у сфері вантажних перевезень автомобільним транспортом та залучення мультимодальних транзитних операторів, необхідних для формування сучасного ринку транспортних послуг.

2) Транспортна інфраструктура передбачає:

- розвиток інфраструктури придорожнього сервісу на автомобільних дорогах регіону, включаючи будівництво та реконструкцію об'єктів придорожнього сервісу, створення охоронюваних пунктів стоянки транспортних засобів далекого прямування, пунктів оперативного зв'язку, екстреної технічної та медичної допомоги та ін., необхідних для підвищення безпеки дорожнього руху та якості транспортного обслуговування;

- реконструкцію, модернізацію та розвиток автодорожньої мережі, розширення державних автомобільних доріг, будівництво автомобільних розв'язок і обходів навколо населених пунктів для максимального виведення автомобільного транспорту, що здійснює вантажні перевезення та його інфраструктури за території населених пунктів;

- приведення технічного стану вулично-дорожньої мережі міст та районних центрів регіону у відповідність з діючими нормативами і технічними вимогами для забезпечення безпечного і комфортного проїзду.

Запропонована стратегія передбачає досягти випереджаючого розвитку транспортної інфраструктури в порівнянні з іншими галузями економіки. Це дозволить зняти транспортні обмеження у виробництві, сфері обігу і соціальній сфері.

Що стосується вантажних перевезень, то погоджений розвиток і раціональне поєднання всіх видів транспорту та транспортної інфраструктури забезпечить зниження транспортних витрат і відповідно зменшить собівартість вантажних перевезень. Оптимізація регіональних і міжрегіональних транспортних зв'язків дозволить істотно поліпшити швидкість і надійність комбінованих перевезень.

#### **Список використаних джерел:**

6. Оптимізація проектного рішення вантажного комплексу аеропорту.  
URL: [file:///C:/Users/user/Downloads/Prms\\_2011\\_5-6\\_9.pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Prms_2011_5-6_9.pdf)

7. Запорожець В., Шматько М. Аеропорт: організація, технологія, безпека. К.:Дніпро, 2002. 168 с.

8. Кулаев Ю. Ф. Экономика гражданской авиации Украины. Монография. К: Феникс. 2004. 667 с.

9. Садловська І. П. Формування стратегії економічного розвитку авіатранспортних підприємств. Автореферат. К., 2004.

**A. G. Ayrapetyan**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskiy**

*Assistant of Air Transportation Department,  
Faculty of Transport, Management and Logistics, National Aviation University,  
National Aviation University*

## **RESEARCH OF THE QUANTITATIVE INDICATORS OF THE FLIGHT SAFETY**

To analyze the state of the level of flight safety in the airline, country, region and to identify its dependence on the properties of the air transport system (ATC) and its operating conditions mainly two types of indicators (criteria) statistical and analytical are used. Statistical characteristics are obtained as a result of data processing during aircraft operation. As physical quantities can be used such data as the number of aviation events (AE), incidents (IN), the number of dead crew members and passengers, the amount of work performed for both the total and specific AE, and so on. Operating time can be represented by air raids or number of flights (landings). Statistical indicators can be divided into general and partial, absolute and relative. General characterize the level of flight safety, taking into account the combined influence of all factors, and partial - only individual factors or groups of factors.<sup>[1]</sup>

Analytical indicators have a probabilistic expression. They are calculated by methods of probability theory. Statistical and probabilistic indicators are functionally related to each other, so one or another type of indicators can be calculated both from statistics and analytically based on the use of probabilistic methods. Probabilistic indicators of the flight safety level objectively reflect the following pattern: AE, IN as a potentially possible result of a particular flight due to the accidental occurrence in time and space of flight of adverse factors that cause it. [2]

### **Absolute statistical indicators of the flight safety level**

Absolute statistical indicators of flight safety level for the considered period of operation include:

- number of aviation events— $n_{ae}$ ;
- number of disasters— $n_{dis}$ ;
- number of accidents— $n_{ac}$ ;
- number of incidents— $n_i$ ;
- the number of dead crew members and passengers per aviation event— $n_d$ .

### **Relative statistical indicators of the flight safety level**

To obtain estimation of the relative statistical indicators of the flight safety level, it is necessary to calculate additional data:

- total duration of flights of aircraft of appropriate type for the analyzed period of operation (flying hours):

$$T_1 = K \cdot N_i \cdot t_i \quad (1)$$

where  $K$ —is the number of aircraft of this type;  $N_i$ — average number of flights per one aircraft during the considered period of operation(pieces),  $t_i$ —duration of one flight (hours)%;

- total flight range of aircraft of appropriate type for the analyzed period of operation (flight in kilometers):

$$L_1 = K \cdot N_i \cdot l_i \quad (2)$$

where,  $l_i$ —average range of one flight, km

- number of flights of aircraft of appropriate type for the analyzed period of operation:

$$N_1 = K \cdot N_i \quad (3)$$

- total number of passengers for the same period:

$$N_2 = K \cdot N_i \cdot n_{pas} \quad (4)$$

where,  $n_{pas}$ — the average number of passengers carried per one flight;

- the total amount of work performed with the help of aircraft of appropriate type, for the analyzed period of operation (raid in ton-kilometers):

$$N_3 = K \cdot N_i \cdot n_{pas} \cdot l_i \quad (5)$$

The obtained data allow to calculate the following relative statistical indicators of flight safety level:

- average raid per aviation event:



$$T_{ae} = \frac{T_1}{n_{ae}}$$

- average raid per incident:

$$T_i = \frac{T_1}{n_i} \quad (7)$$

- average number of flights per aviation event:

$$N_{ae} = \frac{N_1}{n_{ae}} \quad (8)$$

- average number of flights per incident:

$$N_{ae} = \frac{N_1}{n_i} \quad (9)$$

Relative statistics allow us to estimate the level of flight safety, taking into account all the factors and causes of AP. These criteria are very important, because they reflect the level of perfection of aviation equipment, the organization and provision of flights, their planning and management, the degree of training of flight crew and the qualification of engineering and technical personnel.

The International Civil Aviation Organization (ICAO) uses the following relative statistics as indicators of the level of flight safety in scheduled air services:

- number of disasters per 100 million km of flight:

$$q_{d1} = \frac{n_{dis}}{L_1} \cdot 10^8 \quad (10)$$

where  $n_{dis}$ — the number of disasters during the analyzed period;

- number of disasters per 100 thousand hours raid:

$$q_{d2} = \frac{n_{dis}}{T_1} \cdot 10^5 \quad (11)$$

- number of disasters per 100,000 flights:

$$q_{d3} = \frac{n_{dis}}{N_1} \cdot 10^5 \quad (12)$$

- number of crew and passenger deaths per 1 million passengers carried:

$$q_{d4} = \frac{m}{N_2} \cdot 10^6 \quad (13)$$

- number of passenger deaths per 100 million passenger-km:

$$(14)$$

$$q_{d5} = \frac{m}{N_3} \cdot 10^8$$

Flight safety level indicators are objective criteria, and this is their main value. However, they have a number of significant disadvantages:

- evaluate the level of flight safety after the emergence of aviation event;
- cannot be used to optimize the level of flight safety taking into account the available resources and the specified efficiency;
- cannot be used for long-term planning of the level of flight safety, because they do not take into account the features of new equipment, changes in its operating conditions;
- do not allow to determine the degree of danger of adverse factors and their impact on the level of flight safety and, therefore, can not be used in the development of effective ways to prevent aviation events.

#### **Reference list:**

1. Solomonov P.A. Technical issues of flight safety. M.: Voenizdat, 1975.-120 p.; Prokofiev A.I. Reliability and safety of flights. Textbook. M.: Mashinostroenie, 1985. -184 p.
2. Zhulev V.I., Ivanov V.S. Aircraft safety. M.: Transport, 1986. 224 p.
3. Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation. Investigation of aviation accidents and incidents. ICAO, 2010.-76 p.
4. Safety Management Manual, Doc 9859 AN/460, ICAO, 2006.
5. Zubkov B.V., Sakach R.V. etc., ed. Sakach R.V. Flight safety: textbook M.:Transport 2005.

**A. G. Ayrapetyan**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**Y. V. Shevchenko**

*PhD in Economics, Associated Professor, Associated Professor of Air Transportation  
Department, Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC  
ON THE GLOBAL ECONOMY AND ON THE WORLD PRODUCTION OF  
PASSENGER AIRCRAFT**

In April 2020, the IMF was forced to radically revise its forecasts for the development of the world economy. “The world has changed dramatically in the three months that have passed since the release of our last edition,” says the emergency issue of the report “World Economic Outlook: The Great Self-Isolation” [1, p. 5]. IMF estimates, the world economy to face the greatest fall since the Great Depression of the 1930s. The total loss of world GDP as a result of the so-called "Great Self-Isolation" could reach, according to the IMF, \$ 9 trillion. International experts emphasize that the current crisis is unlike any previous crisis in history for several reasons.

First, in terms of scale. The production cuts caused by the health emergency and the need to contain it are causing losses that are greater than during the 2008-2009 global financial crisis.

Second, as during a war or political crisis, there is a very high level of uncertainty about the duration and strength of the shock.

Third, in the current environment, economic policy plays a completely different role. During classic crises, policymakers try to support economic activity as soon as possible by stimulating aggregate demand. This time, the crisis is largely due to the adoption of the necessary measures to contain the virus. This makes

stimulating economic activity more difficult, and in the case of the most affected sectors, even undesirable [1, p. 5].

It is possible that the baseline scenario of 2020 will be followed by a new wave of the virus in 2021. Then, instead of recovery growth, one should expect a decrease in GDP by another 2.2% for the second year in a row. The worst case is that the epidemic will continue throughout the current year and a new outbreak next year will lead to a decrease in global GDP for 2020–2021. by 8% [1, p. 15-16]. In all of these scenarios, the rate of recovery will be lower than in the baseline, and countries will suffer even more damage. Financial conditions in this development will not be easy, and companies' bankruptcy and long-term unemployment will leave numerous scars on the economy.

The Fitch rating agency, according to the published forecast, expects by the end of 2020 more than in the baseline scenario of the IMF, the fall of the world economy - 3.9%. At the same time, the losses of individual countries and regions are assessed differently than in a similar forecast by the IMF. In particular, it is assumed that the GDP of advanced economies will decrease slightly to a lesser extent (the eurozone states - by 7%, the United States - by 5.6%, and the United Kingdom - by 6.3%). At the same time, according to the agency's estimations, economic growth in China and India will not exceed 1% [2, p. 1].

The international consulting company McKinsey, analyzing the economic consequences of the pandemic, has developed and presented a matrix of nine possible scenarios for the development of the economic situation and the recovery of world GDP. The worst scenario assumes the impossibility of taking control of the spread of the epidemic over a long period of time and a protracted recession with large-scale bankruptcies, defaults and a potential financial crisis, that is, the development of the situation in an L-shaped manner. In fact, this scenario repeats the pessimistic forecast of the IMF, but does not contain specific figures. Most experts are still leaning towards the options for a full economic recovery - a fast or slower V- or U-shaped type. Moreover, in both cases, there is a possibility that the rebound will occur unevenly and have a wavy line. It should be noted that the forecasts described above

are world averages and can vary significantly depending on the country and region [3, p. 23].

The world's largest manufacturers of passenger aircraft Airbus and Boeing will reduce aircraft deliveries in 2020 by 57% compared to 2019 due to the coronavirus crisis, according to a study by the insurance company Euler Hermes.

In 2021, the decline in production volumes will be 26% compared to 2019, which will lead to the need to reduce the monthly production of airliners to 40 instead of 60 in the pre-crisis time.

The market will need fewer aircraft due to the decline in global aviation traffic. Euler Hermes has downgraded its earlier forecast and, according to new estimates, in 2020 the passenger turnover of all airlines will decrease by 60% instead of 40% compared to 2019.

The traffic level in 2021 will be 35% less than in 2019, and is likely to return to pre-crisis levels only by 2024.

The new market situation will change the demand for aircraft types. Airlines will buy fewer wide-body airliners. The drop in supplies in this segment will be -67% and -57% in 2020 and 2021, respectively. The number of narrow-body aircraft transferred will decrease by -51% and -11% in 2020 and 2021. As a result, the share of single-aisle aircraft delivered will increase from 70% to 84% between 2020 and 2022.

Euler Hermes predicts that the crisis will lead to negative margins for aircraft manufacturers of -2.5%, while operating profit was 9% of turnover two years earlier.

The situation will also affect suppliers of aircraft parts and engines. On average, their margins will decrease from 11% to 3%. That being said, engine suppliers will be the hardest hit as airlines tend to park older aircraft, which require more maintenance to operate, due to declining traffic.

#### **Reference list:**

1. World Economic Outlook: The Great Lockdown. International Monetary Fund, April 2020.

2. Unparalleled Global Recession Underway. Fitch Ratings. URL: <https://www.fitchratings.com/>

3. Coronavirus business impact: Evolving perspective/McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/>

4. Emergency summit of the leaders of the G20. Statement on the new coronavirus infection CPVID-19.

5. Investment Trends Monitor. UNCTAD. Impact of the Coronavirus outbreak on global FDI. URL: [unctad.org/en/pages/publications/Global-Investment-Trends-Monitor-\(Series\).aspx](https://unctad.org/en/pages/publications/Global-Investment-Trends-Monitor-(Series).aspx)

6. Investment Trends Monitor. UNCTAD. Impact of the COVID-19 pandemic on global FDI and GVCs. Updated Analysis. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/diaeiainf2020d3\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/diaeiainf2020d3_en.pdf)

**A. G. Ayrapetyan**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**Y. V. Shevchenko**

*PhD in Economics, Associated Professor, Associated Professor of Air Transportation  
Department, Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

### THE AGE OF UKRAINIAN AIRLINES FLEET

The average age of the aircraft fleet of Ukrainian airlines is approaching 19 years and is currently 18,46 years old. The statistics may be observed at the Figures 1-2. The data were obtained by analyzing information from the register of Ukrainian civil aircraft on 94 aircraft of 12 Ukrainian airlines. The youngest aircraft with Ukrainian registration is 2 months old (Boeing 737-800 UR - PSR UIA - July 2016), the oldest is 50 years old (An-12B UR-11819 Motor Sich 1966).

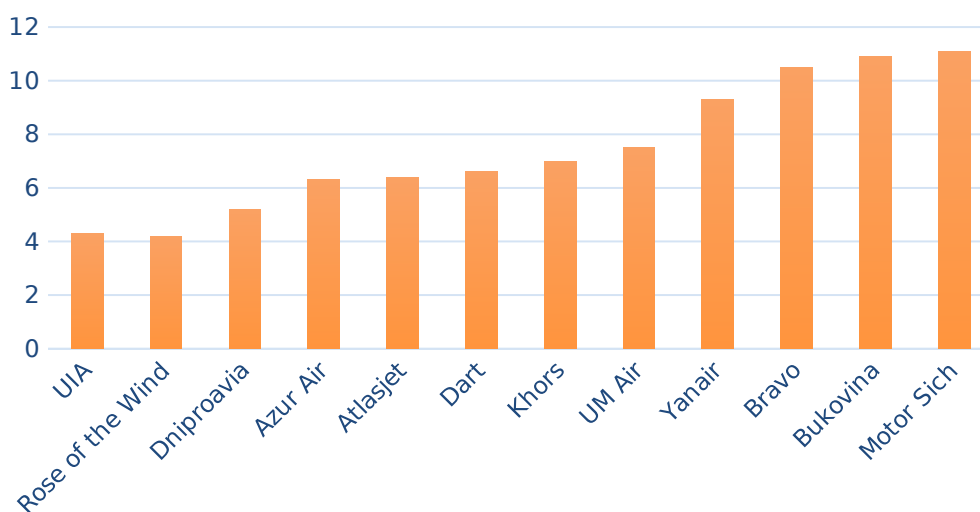


Figure 1. Age of Ukrainian fleet

Only 10 out of 94 aircraft are less than 5 years old and all of them are in the UIA fleet. The average age of the airline's fleet increased from 12,3 years in 2013 to 12.97 years in 2016. UIA's oldest airliners are the cargo Boeing 737-300 UR-FAA (27 years old) , all 4 long-haul Boeing 767s (UR-GEA, UR-GEB, UR-GEC, UR-GEB, 23-25 years old ) and 5 Boeing 737s -500 (UR-GAK, UR-GAS, UR-GAT, UR-

GAU, UR-GAW 23-25 years old ). Excluding the cargo Boeing 737-300, the average age of the UIA fleet is 12,6 years.

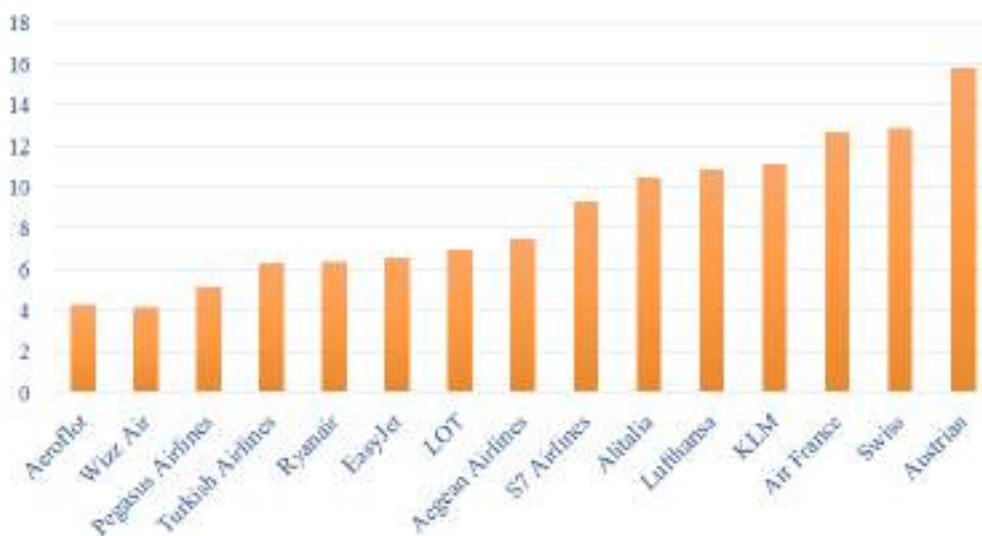


Figure 2. Age of European fleet

Carrying out charter flights "Vetrov Rose" flies on 6 planes, the average age of which is 15 years. The youngest airliner A321 UR-WRI is 10 years old, the oldest A320 UR-WRM is 20 years old.

Dniproavia ranks third in terms of the age of its fleet with an average of 15,66 years. The airline's fleet includes 6 Embraer 145s manufactured in 1998-2003. The oldest board is 18 years old (UR-DNB ), the youngest is 13 years old (UR-DNT).

The charter company Azur Air Ukraine (formerly Utair Ukraine ) flies 3 Boeing 737s , the average age of which is 16,33 years . B Ports UR-UTP and UR-UTR released in 1998, the UR-UTQ - in 2003 and is the youngest aircraft in the Park Azur Air Ukraine.

Atlasjet Ukraine, which started flights in 2015 (also positions itself as Atlasglobal), has in its fleet 3 A320 aircraft with Ukrainian registration and an average age of 16,66 years . UR-AJB is the oldest and released in 1997. UR-AJA produced in 2000, UR-AJC in 2001.

Dart Airlines has three airliners in its fleet: the 2006 A321 UR-CPH , the 1994 A320 UR-CII , and the 1993 Learjet UR-NAC business jet . Thus, the average age of the park is 18,33 years.



Khors is the last Ukrainian airline with an average fleet age of less than 20 years. This indicator for the air carrier is 19 years.

There are 8 aircraft in the Ukrainian register for Khors. The oldest are A320 UR-CNJ and UR-COF (1992 and 1993). The youngest board on the roster - 13 years old - is the A319 UR-COP produced in 2003.

The average age of UM Air aircraft has exceeded 20 years and is now 22 years. Among the three MD-83 airliners included in the Ukrainian register, the UR-CJU was produced in 1989, the UR-CKN in 1994, and the UR-COO in 1999. This is the youngest aircraft in the UM Air fleet.

Specializing in charters and regular flights to Georgia, Yanair has 5 aircraft in its fleet with an average age of 23,2 years .

The oldest aircraft Boeing 737-300 UR-COG (1988 model year) and the Boeing 737-400 the UR - The CNP (1989 year). The youngest aircraft of 18 is the 1998 A321 UR-COJ.

Bravo Airlines has 5 aircraft from 1986-1995 with an average age of 25,2 years. The oldest board is 30 years old (MD-82 UR-WRB), the youngest is 21 years old (MD-83 UR-COB). There are 5 aircraft in the Ukrainian register (only model MD-82), operated by Bukovyna Airlines, with an average age of 25,8 years .

The oldest board is 28 years old (UR-BXM), the youngest is 23 years old (UR-BXI ).

The average age of 12 Motor Sich aircraft in the Ukrainian register is 37,75 years. The models An-12, An-24, An-140, An-74 and Yak-40 without helicopters were taken into account.

The oldest board is An-12 UR-11819 of 1966, the youngest is An-140 UR-14005 of 2003 .

Excluding the An-12, the average age of Motor Sich aircraft that can be used to carry passengers is 34,16 years.

Possible errors: the age of the aircraft was determined by the following formula: 2016 (the year of manufacture of the aircraft indicated in the register). For example: 2016-1997 = 19 years old. Minor errors are possible due to the fact that the

register does not indicate the month of aircraft production. In this regard, the board, released in January 2015, is estimated to be 1 year old.

**Referencelist:**

1. Civil Aircraft Register of Ukraine, 2016
2. ICAO official website. URL: <https://www.icao.int>
3. World Bank Statistic Data. URL: <https://www.data.worldbank.org>
4. Ministry of Infrastructure of Ukraine. URL: <https://www.mtu.gov.ua>
5. Annual reports on the airline industry of Ukraine 2007-2016
6. State Aviation Administration of Ukraine official. URL: <https://www.avia.gov.ua>
7. UIA fleet. URL: <https://www.flyuia.com>

**A. F. Barna**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **JUSTIFICATION OF THE INFORMATION BASE OF THE OPTIMIZATION MODEL OF FAILURE OPERATIONS AT THE AIRPORT**

Manufacturing process control is impossible without information about the state of the control object and changes in the external environment. The composition and content of information, the routes of its movement can significantly affect the choice of management decisions, the response of the management system. The production of an airline is characterized by a large volume and constant direction of transmitted messages, which form information flows. These streams are based on operational information. In fig. 1. shows a diagram of the main information flows of the airline. A disruptive situation, especially in case of massive accumulations of aircraft, is characterized by a surge in the amount of information processed at the enterprise. This is caused by additional instructions, messages, approvals, regulations. Note that the elimination of the investigated production failure at the airport belongs to the operational control zone [1].

Analysis of the decision-making system inherent in aviation enterprises, allowing to highlight the following distinctive features of operational management:

- maximum detail of situations;
- the smallest, in comparison with other types of management, the duration of exposure and the lifetime of the decisions made;
- maximum requirements for response time and timeliness of decisions.

These features determine the basic requirements for the initial information used in operational management: completeness, accuracy, timeliness [2]. All ground services of the airport are involved in preparing the aircraft for the flight, as a result, even the

elementary information of a separate service can be very significant and affect the entire further course of production [3].

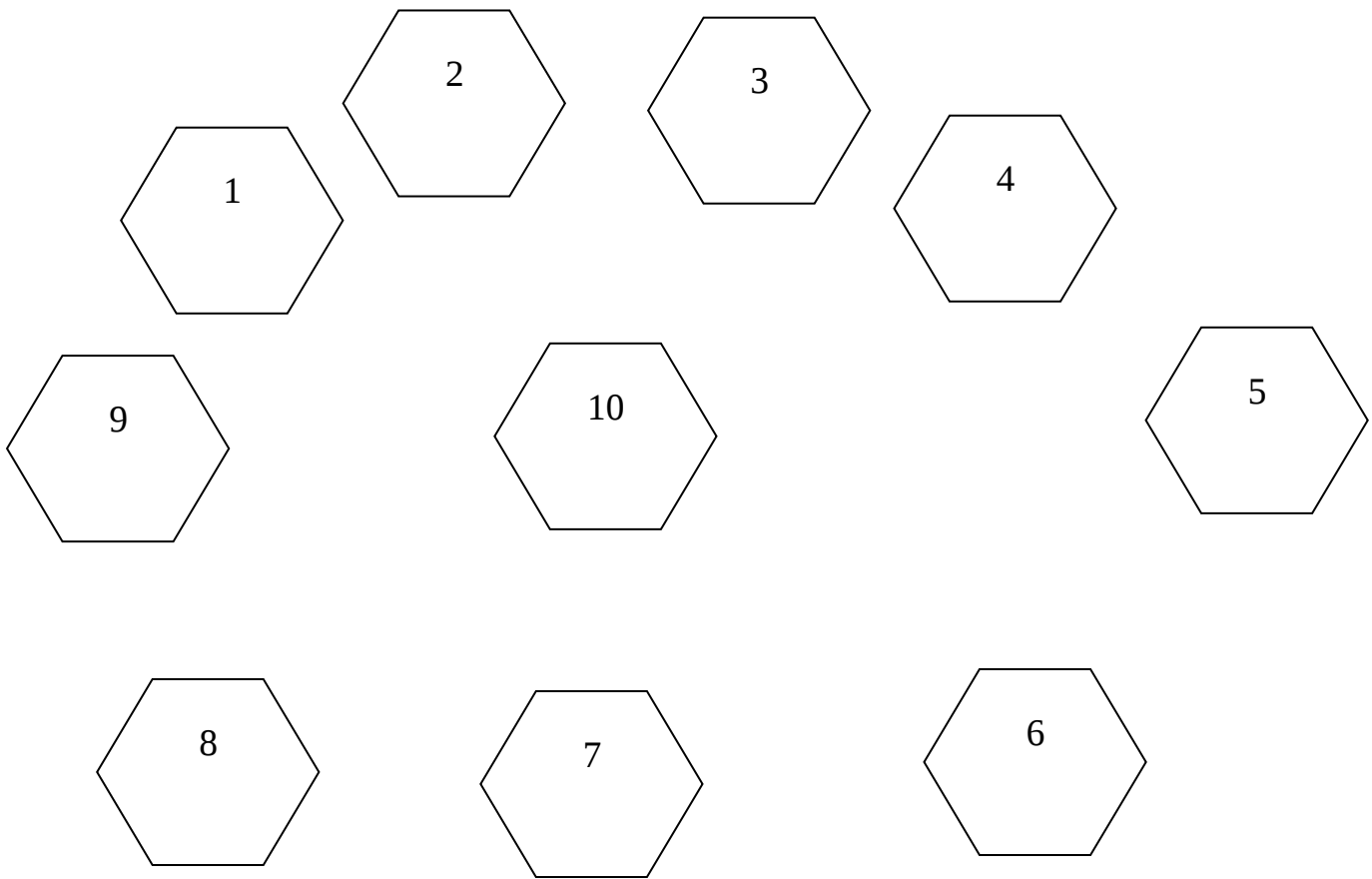


Figure 1. Scheme of the main information flows at an operating airline:

1 - airfield control point; 2 - meteorological service; 3 - aviation technical base; 4 - service for organizing passenger transportation; 5 - postal - freight transport organization service; 6 - special motor transport service; 7 - communication center; 8 - daily flight plan; 9 - service for the provision of fuels and lubricants; 10 - production dispatching service [4].

The methods for constructing an optimization model and an optimization experiment developed in this chapter also demonstrate the high informational significance of each individual element of an enterprise [5]. The interdependence of all airport subsystems determines the multiple use of data in the production process, necessitates the creation of a single information base. Accuracy and timeliness requirements predetermine the need to maintain an information base in real time, which allows you to respond promptly to deviations during production [6]. The same

requirements determine different discreteness of updating the taken into account parameters.

The creation of a system in which the processes of processing information and maintaining arrays are functionally and organizationally separated from each other, determines the organization of data in the form of files oriented not to specific tasks and characterized by the static and rigid binding to specific programs, but to the description of the physical processes taking place in the corresponding services [7].

At the same time, multiple duplication of data is eliminated and a dynamic information model of the airline is organized, providing collective access to the stored data. For the automated solution of production management problems in failure situations, not only operational information is needed that characterizes the current state of the production process, but also regulatory information. This determines the storage in the Infobase along with operational and regulatory and reference data.

Taking into account the above, in order to solve the assigned tasks, it is possible to develop an information base that includes operational and normative data that characterize the work of each service at any time necessary for making decisions in failure situations time. Such an information base will ensure better coordination of airport services in a failure situation, and reduce the number of requests and approvals [8].

Development of a methodology for determining the economic efficiency of the optimization system

To analyze the functioning of the model, a methodology for assessing the expected economic effect from its implementation has been developed. Was taken the assumption that the source of savings is a decrease in losses in a failure situation. When calculating the damage, the losses of the enterprise from ticket refunds, downtime of aircraft, losses caused to the enterprise by the delay of subsequent flights operated by base aircraft, and losses from the inactivity of air passengers as labor resources were taken into account.

The determination of the possible savings  $E_p$  for each  $i$ -th malfunctioning situation can be made if the values of losses for each priority for each 1-st type of aircraft are known after the opening of the airport:

$$E = \sum_{l=1}^{M_i} U_{pl} \quad (1)$$

Where  $U_p$  is the damage caused during the implementation of the priority of servicing determined by the head;  $U_m$  - damage from the priority of servicing obtained using the mathematical model;  $M_i$  is the number of types of detained aircraft in the  $i$ -th malfunctioning situation, The annual savings can be determined by summing the prevented damage for all  $L$  malfunctioning situations for the year:

$$E = \sum_{i=1}^L \sum_{l=1}^{M_i} U_{pl} \quad (2)$$

The calculation using this method is very laborious, therefore, a statistical approach can be used. Since the parameters of failure situations are very different from each other, it is advisable to average the savings per type 1 aircraft.

The average savings per Type 1 aircraft can be obtained by considering five typical failures for the facility where the model is implemented. When considering the production situation, it is necessary to take into account the specific schedule, data on the status of alternate destination airports, and crew working hours. The average savings for one failure situation of the 1st type of aircraft was determined by the formula:

$$E = \sum_{i=1}^K U_{pl} \quad (3)$$

where  $N_{ii}$  - the number of aircraft of the 1st type, detained in the  $i$ -th situation,  $K$  the number of failure situations per year.

Annual savings  $E$ , is determined after counting the number of failures recorded *during the year*:

$$E_y = \sum_{i=1}^L \sum_{l=1}^{M_i} E_{pl} \times N_{il} \quad (4)$$

The indicator of the annual economic effect was determined by the formula:

$$E_y = E_y - E_s W \quad (5)$$

where  $W$  - one-time costs for the design and implementation of the mathematical model;  $E_s$ - standard coefficient of economic efficiency.

Conclusions. The conducted research allows formulating the following scientific conclusions:

The analysis of the disruption of the aircraft movement according to the schedule to the airport was carried out, which made it possible to classify the failure situations arising at the airport due to the violation of the flight schedule.

It is proved that the elimination of emerging failure situations requires the solution (individually or jointly) of the following tasks:

- optimization of the sequence of servicing and release of delayed aircraft;
- optimization of the destination of expected aircraft on flights with late arrival;
- maximizing the readiness of delayed flights for departure when the airport is closed.

A systematic analysis of the production management process at the airport in a failure situation has been carried out, which made it possible to determine the main factors that must be taken into account when optimizing the process of restoring traffic according to the schedule. It is proved that the influence of a number of factors depends on the time interval for the restoration of the movement according to the schedule.

The methodology and criterion for optimizing the process of restoring the movement according to the schedule are substantiated. The optimization technique consists in developing a special optimization model and conducting optimization experiments. As an optimization criterion, the use of the total costs of the airline associated with the elimination of the consequences of flight delays is justified.

A list of general and specific requirements in the optimization model has been formed. Distinctive requirements for the model are the ability to take into account the dynamics of factors influencing the optimization, the calculation of the optimization criterion in real time and adaptation to computer implementation.

The structure of the information base and the methodology for constructing an optimization model have been developed, the distinctive features of which are the allocation of the controlled and control parts, the block for simulating external

influences, the presence of feedback between the output and the control part of the model. The use of this technique can significantly simplify the process of creating an optimization model.

A technique for constructing an optimization experiment plan has been developed, the distinctive features of which is the use of an experiment plan close to the hyper - Greek - Latin square. The plan provides for determining the economic efficiency of the optimization model.

#### **References:**

1. Road transport of Ukraine: state, problems, prospects of development. K: State Enterprise "DerzhavtotransNDIproekt", 2005. 400p.

2. Aksenov I. M. Improving the efficiency of passenger traffic, taking into account foreign experience. *Railway transport of Ukraine*. 2005. №2. P.82-86.

3. Aksenov I. M., Janowski P. O. Organization of passenger suburban transportation. K.: QUETT, 2002. 69 p.

4. Al-Maya Ahmad Khalifa. Research of normative-legal base in systems of separate types of transport. *Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine*. 2010. №3-4. S.151-155.

5. Al-Maya Ahmad Khalifa. Perspectives of Ukraine in the programs of the European community. *Problems of transport: Collection of scientific works*. 2010. №7. P.255-259.

6. Al-Maya Ahmad Khalifa. The results of the Eurasian transport initiative. *Problems of a systematic approach in economics: Collection of scientific works*. 2010. №35. P.75-80.

7. Artynov A.P., Kondrat'ev G.A. System analysis of the processes of transport interaction in the region and in transport hubs. *Automation of processes of interaction of transport systems in Vladivostok: Far East Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR*, 1983. pp. 25-38

8. Artynov A. P., Skaletsky V. V. Automation of planning processes in the management of transport systems. M.: Transport, 1981. 208 p.





УДК 629:681.513.513.7(043.2)

**Y. V. Bortnik, K. O. Dohonova**

*Students of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**Y. V. Shevchenko**

*PhD in Economics, Associated Professor, Associated Professor of Air Transportation  
Department, Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **IMPACT OF AUTONOMOUS VEHICLES ON WORKPLACES**

Autonomous vehicles are an industry, which rapidly develops and it influences numerous spheres of our life: logistics, economy, service sector. In logistics, autonomous vehicles are very promising, as large companies have a great need for truck drivers. Self-driving trucks can solve this problem. The drivers will not lose their jobs but will help to develop this branch. They will be like the captain of an airplane, intervene in critical situations.

The use of autonomous vehicles offers certain advantages when compared to vehicles that are driven by humans. One of these potential benefits is increased security. Automated vehicles can potentially reduce accidents because the software they use is likely to be less error prone than humans.

Autonomous vehicles in logistics are a significant part of the logistics workflow. While there are still no autonomous trucks that transport thousands of tons of goods across the open road, autonomous forklifts and robotic arms are commonplace in modern warehouses. They load, unload and transport goods within the warehouse, connecting with each other and forming flexible conveyor belts. These tasks require advanced sensors as well as vision and geosteering technology. Besides warehouses, we can also see autonomous vehicles in logistics at airports, harbors and shipyards [1].

Autonomous vehicles it is not only self-driving trucks, it are also vehicles that operate within a warehouse. At the moment, this industry is much more developed than driverless cars and trucks. robots load, unload, move goods inside of the warehouse. They connect to one another making one flexible conveyor belt [2].

The main thing for people will be how it will affect their jobs. We can confidently say that automatic vehicles will create jobs in monitoring, engineering and optimization. Logistics companies will recruit people that can troubleshoot robotized vehicles. People will be needed to automate and optimize warehouse robots and laying the most resource-intensive routes [3].

At the same time logistics is connected with other areas of our life. Drivers often stop at gas stations, motels, restaurants to relax. With the advent of the autonomous truck era, the service sector will be at a loss.

Increasing demand for autonomous vehicles will create jobs for skilled workers, as mechanics, dispatchers, robotics, optimizer who can maintain the work of robots on warehouses and roads. However, the development of driverless cars and trucks will impact restaurants on the road, motels. The amount of them will decrease correspondently to the number of autonomous vehicles on roads. Also, it will influence unqualified workers, because they will be replaced by robots.

**Reference list:**

1. Autonomous Vehicles in Logistics: What are the Impacts? URL: <https://cerasis.com/autonomous-vehicles-in-logistics/#:~:text=The%20future%20of%20logistics%20will,conveyor%20belts%20and%20robot%20arms>
2. Self-driving vehicles in logistics. URL: [https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_self\\_driving\\_vehicles.pdf](https://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_self_driving_vehicles.pdf)
3. Autonomous vehicles in logistics part 1: Opportunities and risks. URL: <https://www.allthingsupplychain.com/autonomous-vehicles-in-logistics-part-1-opportunities-and-risks/>

**K. O. Dohonova, Y. V. Bortnik**  
*Students of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **BLOCKCHAIN IN LOGISTICS**

Logistics is the study of arranging, control and the executives of transportation, stockpiling and other material and elusive tasks acted during the time spent carrying crude materials and materials to the mechanical undertaking, in-plant handling of crude materials, materials and semi-completed items, acquiring completed items to the shopper understanding with the interests and the necessities of the last mentioned, just as the exchange, stockpiling and preparing of important data.

Today the supply chain is made up of many intermediaries such as brokers, forwarders, third parties, etc. This entails documentary red tape, time delays and waste of funds. The modern solution to this problem is the implementation of the Blockchain technology in transport logistics, invented several years ago.

Blockchain is a synchronized, advanced, shared information base (record) containing a developing rundown of records, called blocks, that are cryptographically connected together. By its development, the blockchain is impervious to changes in the information it contains. When composed, the information in any square can't be changed retroactively without changing every ensuing square, which requires the agreement of most of organization members. The recorded information is put away on many organization hubs, that is, PCs on which the nearby form of the data set is put away [1].

Now, how implementation of blockchain affects on logistics processes?

In this case, a "Smart Contract" is formed between the sender and the recipient, in which all legal aspects of the right to own the goods at a certain point of the transportation route are prescribed. When passing certain points and fulfilling the conditions of transportation (the integrity of the goods, compliance with certain conditions of transportation, time and other factors), within a few seconds, the contractor receives his financial reward. To control the conditions of transportation

and the location of the goods, it is possible to use various types of seals, code locks, sensor systems, and so on, which can be read in one click (barcode or QR -code). After reading, information about the product is updated every second for all participants in the blockchain chain (customs, sender, recipient and contractor).

Thus, the implementation of the blockchain system in logistics operations helps to reduce the time, financial costs and the number of personnel required for transportation. This reduces the time required to check cargo at checkpoints, because the cargo is sealed and the system monitors the integrity of the seals or locks. Also, the system disconnects unnecessary intermediaries from the network, such as banks, brokers, forwarders, and so on, because all information about the product is available to all network participants who are directly related to the transaction and who can check this information at any convenient time. Also, the introduction of such a system of transparency has a positive effect on the buyer, because it is possible to find out where, when and how the goods were transported. Moreover, such system cannot be hacked, because it does not have a centralized body and all information are saved and controlled by all participants of the chain.

Of the negative aspects of blockchain implementation, one can name the costs of switching from paper circulation of documents to absolutely digital, the lack of clearly spelled out legislation in some companies that allows working on the blockchain, as well as additional costs for the development and production of electronic seals or locks equipped with GPS sensors as well as sensors for temperature, humidity, product integrity, and, moreover, equipped with powerful batteries [2; 3].

#### **Reference list:**

1. Блокчейн: глоссарий терминов. URL: <https://bitnovosti.com/2020/07/05/blokchejn-glossarij-terminov/>
2. Blockchain in Logistics – Will It Change the Industry? (Part1). URL: <https://transmetrics.eu/blog/blockchain-in-logistics-will-it-change-the-industry-part-1/>
3. Blockchain in Logistics – Will It Change the Industry? (Part 2) URL: <https://transmetrics.eu/blog/blockchain-in-logistics-will-it-change-the-industry-part-2/>

**Scientific advisor: Y. V. Shevchenko, PhD in Economics,  
Associated Professor, National Aviation University**

**E. V. Domanitska**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of Air Transportation Department,  
Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **FLIGHT AND TRAFFIC ACCIDENTS AT THE AIRPORT**

Flight safety is one of the main requirements for the carriage of passengers. It is related to the accident. An aircraft accident is an event related to the operation of aircraft and occurred during the period when passengers or crew members were on it, during which destruction or damage to the aircraft occurred, with or without death of the crew members or passengers. All aviation accidents are divided into flight and ground. Flight accidents are subdivided into accidents, accidents and breakdowns depending on the consequences [1].

A catastrophe is a flight accident that entailed:

- death of crew members and passengers with full or partial clearance of the aircraft;
- the death of people from injuries received during a flight accident, within ten days after it;
- missing aircraft.

An accident is a flight accident that involves the complete destruction of an aircraft (or when recovery is impractical) without loss of life [2].

Breakage is a non-fatal flight accident in which an aircraft is damaged but can be repaired by organ repairs. The expediency of restoration is determined by the commission investigating the accident.

In some cases, an event occurs related to the operation of the aircraft, but not related to the accident, this includes an emergency [3].

An event that poses a threat to flight safety or an emergency is considered a prerequisite for an accident.

Ground-based accidents include cases of damage to aircraft on the ground:

- during starting and testing of engines;
- during maintenance, during taxiing, towing, when servicing by special vehicles;
- in case of fires, natural disasters.

The main causes of summer accidents are:

- deficiencies in flight organization, air traffic control, and ground services;
- mistakes of the crew members, indiscipline, violation of the flight manual;
- failure of aircraft systems due to the fault of the maintenance engineering staff;
- aircraft equipment failure due to design and production defects or unsatisfactory repair.

Road traffic accidents. A road traffic accident is an accident that arose in the process of movement of motor vehicles and resulted in the death or serious injury of people, damage to vehicles, structures, cargo or other material damage. Road traffic accidents are divided into such types as: collision, rollover, collision with an obstacle, collision with a pedestrian, collision with a cyclist, collision with a stationary vehicle, collision with animals, a fall of a passenger, and other incidents [4].

Collision is an accident in which moving motor vehicles collide with each other or with the rolling stock of railways.

Rollover is an accident in which a power-driven vehicle becomes unstable and overturns. This does not include rollovers caused by collisions with power-driven vehicles or collisions with stationary objects.

Collision with an obstacle - an accident in which a mechanical vehicle ran over or hit a stationary object (bridge support, pillar, fence, etc.)

Collision with a pedestrian - an accident in which a mechanical vehicle ran into a person or he collided himself on a moving motor vehicle, being injured.

Riding a cyclist an accident in which a motorized vehicle collides with a person riding a bicycle (without an outboard engine) or stumbles into a moving motor vehicle and is injured.

A collision with a stationary vehicle is an accident in which a mechanical transport vehicle ran into or hit a standing motor vehicle.

Collision with a horse-drawn vehicle - an accident in which a power-driven vehicle ran into harness, pack or riding animals, or carts transported by these animals.

Collision with animals - an accident in which a power-driven vehicle has run over wild or domestic animals [5].

Fall of a passenger is an accident in which a passenger (any person other than the driver in or on a vehicle) falls from a moving power-driven vehicle. This type of accident does not include falls resulting from a collision, overturning of vehicles or their collision with stationary objects.

Other incidents - incidents not related to the types listed above. This type of accidents includes, for example, the fall of the transported cargo on people, fire, due to a technical malfunction, etc.

Among those who died in road traffic accidents, there are people who died at the scene or from their injuries within seven days from the moment of the incident, and among the injured are people who received bodily injuries caused by the need for hospitalization or outpatient treatment after first aid [6].

These include: non-compliance by the driver with traffic rules;unsatisfactory technical condition of the braking system, steering and other systems ensuring traffic safety;non-compliance by the driver with driving rules (speeding, blinding the oncoming driver with light, etc.); unsatisfactory road condition.

Measures to ensure the safety of movement of means of mechanization of airports and the regularity of flights. The operation of special vehicles at airfields occurs in difficult conditions associated with the continuous movement of aircraft, passengers, ground equipment, maneuvering of special vehicles in the immediate vicinity of aircraft during maintenance. Such operating conditions require a clear



organization of the work of special vehicles, which should be aimed at ensuring timely and high-quality maintenance of aircraft [6].

When operating special vehicles at the aerodrome, the following requirements for the organization of the movement of aircraft, special vehicles are observed: to ensure the safety of aircraft and to exclude damage to aircraft on the ground. To do this, the SST develops and is approved by the head of the aviation enterprise a scheme for the arrangement and movement of special vehicles, indicating routes and speed of movement of special vehicles. Vehicles operating on the runway must have position and flashing lights, as well as radio communication with the flight director. The approach to the aircraft is up to 5 km / h. The movement of special vehicles for loading and unloading operations (auto transporters, car lifts, vehicles with a lift body, etc.) along the airfield should only take place in the transport position. After approaching the aircraft, the special vehicle must be put on outriggers [7].

Work on the preparation of aerodromes for flights by special vehicles must be carried out with the permission of the flight director under the leadership of the person of the aerodrome service. Drivers who have passed special training according to the rules for approaching aircraft and who have completed the appropriate training are allowed to leave the airport [8].

To prevent road traffic accidents, it is necessary:

- to allow only technically sound transport vehicles to work on the line, checking the brakes, steering and lighting devices;

- when driving in hazardous conditions (narrow road sections, poor road surface conditions, ice, limited visibility), reduce the speed to the limits that ensure traffic safety;

- not to allow cases of theft and driving of vehicles by unauthorized persons;

- do not allow drunk drivers to drive vehicles;

- regularly conduct classes with drivers of vehicles on the rules of the road and the peculiarities of the operation of vehicles in the spring-summer and autumn-winter periods of the year, practice attracting specialists from the State Traffic Inspectorate to these classes;

- to equip offices, classrooms and traffic safety corners in the special transport service;

- to post warning signs and posters about the condition of road and airfield surfaces (hunger, snow, etc.);

- the heads and the engineering and technical staff of the special transport service constantly carry out educational work with drivers to improve labor discipline;

- widely popularize the experience of advanced drivers who work without accidents and traffic violations.

In order to study and eliminate the causes that give rise to road traffic accidents, civil aviation enterprises must compulsory registration of road accidents is carried out [9].

Regular scheduled departure is provided by:

- timely aircraft maintenance;
- trouble-free operation of ground equipment;
- the readiness of airfield pavements for flights.

This requires:

- allocate serviceable special transport to services upon request;
- to carry out technical maintenance and repair of special vehicles in accordance with the schedule of planned preventive works;

- to ensure the quality of maintenance and repair;

- conduct daily before work instructing drivers, analyzing the shortcomings of the previous shift;

- to post warning notices about the condition of aerodrome coatings (ice, etc.);

- organize a 10-day internship for drivers when switching to another type of car;

- to carry out training of drivers according to traffic rules, driving techniques for aircraft with accepted offsets before the beginning of navigation;

- conduct an internship for hired drivers;

- equip traffic safety classes with visual aids;

- to conduct training of the personnel of the FTS on the issues of operation and maintenance; - to popularize the experience of drivers working without accidents, the competition "for safe work".

#### **Reference list:**

1. Nesvitsky I. I. Technical maintenance of cars. Vishcha School. Ed. 2nd. Kiev, 1971.
2. Kramarenko G. V. Technical maintenance of cars. Transport. Moscow, 1972.
3. Rusinov I. Y. Mechanization of ground handling of air transportation. Transport. Moscow, 1971.
4. Egorichev V. A. And other units for the maintenance of aircraft and helicopters. Transport. Moscow, 1973.
5. Technical maintenance of aircraft / edited by A.I. Pugacheva. Transport. Moscow, 1976.
6. Alekseev B. A. Road traffic safety. Ed. Dosaaf, Moscow, 1972.
7. Parkhomenko G. P. Fundamentals of technical diagnostics. Energy. Moscow, 1976.
8. Miroshnikov M. V., Boddin A. P., Diagnostics V. I. Of the technical condition of vehicles at motor transport enterprises. Transport. Moscow, 1977.
9. Sheyulbsky B. V., Tsiyarsky T. M. Technical operation of road vehicles. Handbook of mechanical engineer. Transport. Moscow, 1975.

**A.A. Dovha**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistic,  
National Aviation University*

## **THE EVALUATION OF THE QUALITY OF THE SERVICES PROVIDED BY THE CARGO TERMINAL**

The criterion for evaluating the efficiency of freight cargo terminals should be the combination of terminal profitability (profit) with high quality transport service. The most significant characteristics in assessing the quality of the services provided are the following: reliability (providing guarantees of service performance on time); responsibility (willingness of the terminal to provide services); quality (reliable service from the technological process of providing services); accessibility (developed infrastructure and logistics system); safety (no risk to cargo, as well as providing fire, environmental, sanitary and epidemiological and other types of safety), etc. The evaluation of the quality of the services provided by the cargo terminal is determined by comparing it with the actual values and characteristics, and if they coincide, the quality of the services is considered satisfactory.

The level of quality of transport services is a relative characteristic of the quality of the provided transport services, based on a comparison of the quality indicators of the estimated transport service with the baseline values of the corresponding indicators. Performance indicators of the cargo terminal determine the terminal's activity and characterize its capabilities. Particularly important points for determining the effectiveness of the terminal are: terminal capacity, storage capacity, cargo storage conditions, cargo handling speed, logistics and cargo terminal infrastructure, cargo accounting system, cargo safety, and it is important to take into account the economic component of the terminal.

One of the analytical methods used to assess the quality of service for transport nodes is the queuing theory. Queuing theory allows you to formulate recommendations on the appropriate construction of queuing systems, streamlining

work and regulating the flow of applications to guarantee high efficiency of the systems.

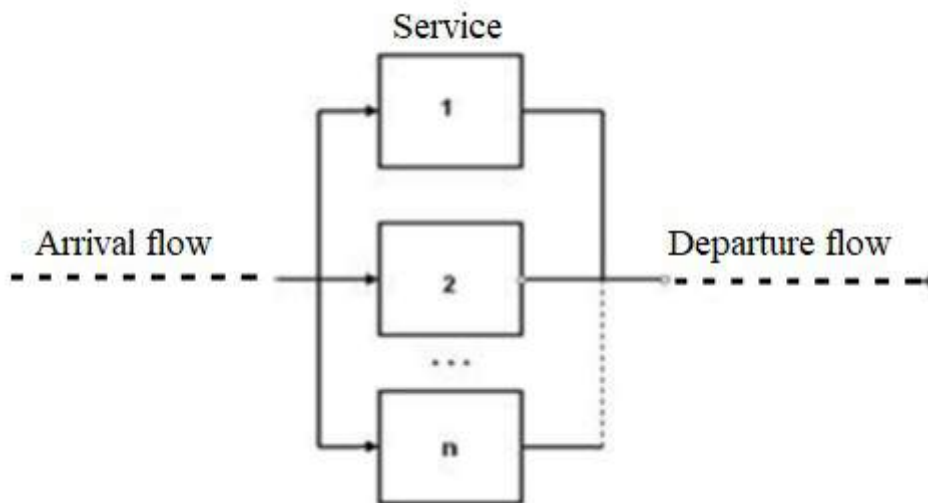


Fig.1. Scheme of queuing service

Queuing analysis is determines the measures of performance of waiting lines, such as the average waiting time in queue and the productivity of the service facility, which can then be used to design the service installation. This tool emphasizes the implementation of queuing cargo analysis. Using the queuing method, it is possible to calculate the average number of pallets at the cargo point, the expected number of tone cargo in queue for loading (unloading), expected number of tons of cargo at the terminal, expected time of cargo stay at the sorting station, and expected waiting time for cargo.

When planning the work of organizations serviced according to the queuing system, there is an impact on the technical and economic indicators of freight traffic. Namely, the cost of transportation is reduced by reducing unproductive downtime of freight vehicles in the queue for loading and unloading. The efficiency of the transportation process at freight terminals depends on many different factors, some of which are random in nature.

Cargo handling at airport terminals is a typical example of a queuing system. Suppose that both arrivals and departures based on the Poisson assumptions-that is, the interarrival and the service times follow the exponential distribution.

Define:

$n$  - number of customers in the system (in-queue plus in-service);

$\lambda_n$  - arrival rate given  $n$  customers in the system;

$\mu_n$  - departure rate given  $n$  customers in the system;

$p_n$  - steady-state probability of  $k$  customers in the system;

$k$  - expected number of busy servers.

We derive  $p_n$  as a function of  $\lambda_n$  and  $\mu_n$ . These probabilities are then used to determine the system's measures of performance, such as the average queue length, the average waiting time, and the average utilization of the facility.

The task of evaluating the effectiveness of automation of cargo service technology and baggage handling using queuing model is to determine the optimal relationships between the characteristics of the arrival cargo flow, the rate of its service and the number of serving devices.

This system was applied by me when analyzing the assessment of the efficiency of the cargo terminal at the Borispol airport. Also, a technological graph was built to find the critical problem points of the cargo terminal.

#### **List of references:**

1. The Nature of Transport Terminals. URL: [https://transportgeography.org/?page\\_id=3009](https://transportgeography.org/?page_id=3009)

2. Measurement of Freight Traffic. URL: <https://www.coursehero.com/file/p57701q/They-require-a-significant-amount-of-storage-space-which-are-simple-paved-areas/>

3. Moore, Jeffrey, Wedder, Larry R., et al. Economic Modeling in Microsoft Excel, 6th EHP. M.: Williams, 2004. 1024 p.

**Науковий керівник: В. С. Коновалюк**, к.фіз.-мат.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**A. A. Dovha, V. S. Simonenko**  
*Student of Faculty of Transport, Management and Logistic,  
National Aviation University*

## **OPTIMIZATION OF THE AIRCRAFT FLEET OF THE AIRLINE**

Correct allocation of the airport fleet is an important issue. The airline wants to organize flights "there" and "back" so as to minimize downtime. Each aircraft operating on the airline carries passengers and cargo. During the flight, a number of resources are used (fuel, lubricants, maintenance costs), which are in cost terms the cost of the flight. It is necessary to investigate the distribution of aircraft on airlines, in which the planned performance indicators are performed at a minimum total cost.

Today, optimization is used to analyze the activities of airports. Problems in production, including in the aviation industry, are quite common. Traditional methods are being improved and a lot of research is devoted to the organization of the fleet. The formation of a mathematical model allows you to determine the amount of traffic from points of departure to destinations with a minimum total cost of transportation. It takes into account the restrictions imposed on the volume of cargo available at the points of departure (supply), and restrictions that take into account the need for cargo at destination (demand). The transport model assumes that the cost of transportation on a route is directly proportional to the amount of cargo transported on this route. In the general case, the transport model can be used to describe situations related to inventory management, capital movements, scheduling, staffing.

More than one algorithm has been devised to draw up a plan, but since transport tasks of this type are deeply degenerate, ie only one executor is required to perform one flight (work), not every algorithm will be able to solve this problem. When writing a program to solve the transport problem, the potential method was used.

In the work of A.D. Pripadchev "Concept and methodological basis of synthesis of aircraft park in new economic conditions", a mathematical apparatus is

used as a toolkit, with the help of which it is possible to analytically and graphically describe the process of passenger transportation and determine the structure of the required aircraft fleet at any time.

The solution to the problem is carried out with the construction of a mathematical model of the passenger transportation process using the proposed method for forming the structure of the required aircraft fleet based on the criterion of aircraft production costs. The structure of the mathematical model of the passenger transportation process contains the formation of individual characteristics that affect the process most significantly.

From this variety of characteristics, one value is distinguished, the internal characteristic of the system, which fully reveals many characteristic distinctive parameters of the aircraft in the relationship in the process of passenger traffic.

Based on the derived relationships, a complex of parameters of the aircraft effect is formed - production costs ( $a_{prij}$ ), incl. hourly fuel consumption ( $C_{hour}$ ), aircraft performance ( $A_{ij}$ ), traffic intensity on the line ( $N$ ), which establish a relationship with the internal characteristic of the system - economic efficiency ( $E_1$ ). The internal characteristic of the system is a value that reveals the many characteristic distinctive parameters of the aircraft, acting in conjunction in the process of passenger transportation.

The Kolmogorov-Fokker-Planck model equation is used to calculate the economic efficiency of an aircraft. Omitting the intermediate transformations, replaced by the formula represent the equation in the form:

$$E_1 = (m_{pj} / \zeta) \left[ 1 - f\left(\frac{Y}{\sqrt{\frac{2 C_{hour} (K + a_{i.i} \cdot m_0)}{apr . ij}}}\right) \right], \quad (1)$$

where  $m_{pj}$  - payload for a given range,  $\zeta$  - dimensional factor,  $f(x)$  - Gaussian probability integral;  $K$  — aircraft aerodynamic quality;  $a_{in,j}$  — investment.

The effect parameters allocated for the passenger transportation process are calculated:

1. Production costs for one flight on the  $i$ -th route of aircraft of the  $j$ -th type, calculated by the formula



$$a_{pr.ij} = a_{ij} + a_{inj}, \quad (2)$$

where  $a_{ij}$  — cost of transportation,  $a_{inj}$  — investment.

2. The performance on the  $i$ -th route of aircraft of the  $j$ -th type is calculated by the formula

$$A_{ij} = m_{pj} / t_{ij}, \quad (3)$$

where  $m_{pj}$  — payload for a given range,  $t_{ij}$  — flight time.

3. The intensity of traffic on the line is calculated by the formula

$$N = (1 - (1/C_{\Delta})) \sqrt{\left(\frac{1}{n} - 1\right) \sum_{i=1}^n (c - c_i)^2} \cdot 100, \quad (4)$$

Where  $n$  - number of selected aircraft,  $c_i$  - number of control aircraft in the  $i$ -series,  $C_{\Delta}$  - arithmetic mean of the control aircraft.

The economic efficiency of the system depends on many characteristics. Replaces it with simpler approximate equations - regression equations. The least squares method is used to find the coefficients of the regression equation. Makes a matrix of values, table 1.

Table 1

### Parameters affecting economic efficiency

Process parameters	Designation	Designation symbols
Aircraft weight	$m_0$	X1
Flight speed	$V_{cruis}$	X2
Fuel consumption per hour	$C_{hour}$	X3
Parameter for evaluating passenger aircraft	$Y$	X4
Flight altitude	$H_{al}$	X5
Aircraft aerodynamic quality	$K$	X6

The adequacy of the model is checked by Fisher's criterion. The resulting equation is presented in the form:

$$E_{ij} = f(X1, X2, X3, X4, X5, X6), \quad (5)$$

The required number of aircraft in the fleet of the airline is determined from the condition that passenger transportation is carried out in full and on time. The number of aircraft ( $n_{req}$ ) required for an airline to carry out passenger traffic for a period is calculated by the formula

$$n_{req} = Q/(A \cdot T), \quad (6)$$

Where  $Q$  - volume of work performed for the period,  $T$  - flight hours for the period,  $A$  - aircraft performance.

From the obtained regression equation, it can be seen that the model fully describes the process of passenger transportation, and also shows the influence and relationship of economic efficiency with regime, constructive-geometric, mass, energy and technological characteristics.

The whole complex of effect parameters built on the basis of the aircraft economic efficiency is subjected to vector optimization. The use of the graphical method consists in a geometric representation of the region of feasible solutions, in which all the constraints of the model are simultaneously satisfied. All of the above makes it possible to single out the following distinctive features of the considered method, the implementation of which provides new opportunities for solving the problem of managing the aircraft fleet of aircraft.

1. The main feature is that the structure of the mathematical model corresponds to the real scheme of the process of passenger transportation, in which the fundamental characteristics are regime, constructive-geometric, mass, energy and technological characteristics. This means that in order to fully disclose them in interconnection in the process of passenger transportation, it is necessary to single out one characteristic - the economic efficiency of the aircraft;

2. Equation (1) and expression (5) allow determining the economic efficiency of the aircraft, since it is an indicator of the best aircraft type available on the route;

3. Equation (6) makes it possible to form the required fleet of aircraft of airlines from economically efficient types of aircraft.

This proposed method will be useful for the study of freight and passenger transportation, especially for calculating the aircraft fleet.

### **List of references:**

1. Pripadchev A. D. The concept and methodological foundations of the synthesis of the aircraft fleet in the new economic conditions specialty. URL: <https://refdb.ru/look/1280395-pall.html>
2. Gvozdinsky A. M., Goltsev E. O. Development of an information subsystem for air transport control. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-informatsionnoy-podsistemy-upravleniya-vozdushnym-transportom>
3. Salimov R. M., Oleg M. V. Optimization of the fleet of sailors of the aviation enterprise. *Science technologies*. 2017. T. 33. №. 1. С. 60-64.

**Науковий керівник: В. С. Коновалюк**, к.фіз.-мат.н., доцент,  
Національний авіаційний університет

**D. D. Dubskyi, B. V. Trachuk**

*Students of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **MODERN PROBLEMS IN AVIATION AND INNOVATIVE WAYS TO SOLVE THEM**

Innovation in the field of air transportation refers to the manufacture, provision of monetary services in the organization of air transportation infrastructure, the introduction of new types of aircraft, responsibility for the responsibility of international services in domestic and foreign airlines, the implementation of projects through the introduction of revised information technologies and business management with the help of investments made by financial and private companies, taking into account the interaction with government agencies.

After the declaration of independence of Ukraine, the level of development of the aviation industry in our country began to preliminary grow. During 1992-1993, a state body of Ukraine was introduced, and air links were established between various countries of the world and the proclaimed Code of Ukraine.

Due to the unfavorable conditions for the functioning of the aviation industry in Ukraine, an increase in the level of competition, an increase in consumer requirements for services provided by one of the main opportunities to ensure the competitiveness of domestic airlines, an increase in the quality of their services, improvement of production and organizational processes is an active innovation

It should be noted that at present, a state target program for the scientific and technical development of the aviation industry of Ukraine for the period 2011-2020 has been developed and exists, which must comply with international standards in aviation at the world level.

Now the main directions of development of aviation transport production in the airline of Ukraine are: organization of transportation, improvement of maintenance of transportation, marketing and safety.

The innovative development of aviation in Ukraine is explained by the fact that they improve and increase the number of modern airports, in accordance with the State Code of Ukraine, which studies the standards of the International Civil Aviation Organization and the European Union. We can track the trend towards the spread of low-cost airlines, namely low-cost airlines or “LCC” for short. According to IATA, at the beginning of 2019, 65% of the world's air traffic is carried out by low-cost airlines.

It should also be noted that in our state recently a BSP will be created through an improved system for selling electronic tickets on airplanes, as well as general settlements with international companies. According to the National Institute for Strategic Research, today, directions are being implemented to introduce the creation, together with the European Agency for the Safety of Polish Landfills, of a perfect system for checking the suitability of aircraft. Recently, by the Resolution of the Ministry of Infrastructure of Ukraine, the technical standards of air carriers in accordance with European ones were promulgated.

Due to the lack of working capital and development funds, the Ukrainian aviation industry was unable to organize large-scale and high-quality production of modern aircraft, and the country's financial and credit system to create an attractive environment for their purchase and leasing.

During 2019, the largest airlines operating in Ukraine operated 193,743 flights (Table 1). The largest share was accounted for by UIA - 30.3%. It should be noted the airlines SkyUp and RYANAIR, which increased the number of flights by 340.9% and 437.9%, respectively.

Air fleet of the largest Ukrainian airlines is represented by the following types of Boeing aircraft (Boeing 737-900ER, Boeing 737-300, Boeing 767-300), Airbus (A320-212, A320-214, A321-211, A321-231, A330 - 223), Embraer (EMR ERJ190-100LR, EMR ERJ190-100STD, EMB-145EP, EMB-145EU, EMB-145LR, EMB-500), Antonov (An-124-100M, An-124-100 150 , An-140-100, An-148-100V, An-158, An-178, An-2, An-22, An-24RV, An-225 "Mriya", An-26B-100, An 74TK-300D ), "Yakovlev" (Yak-40, Yak-42D). The average age of aircraft is 23 years.

Table 1.

### Top 10 airlines in Ukraine by the number of flights in 2019

Airline	Number of flights, units	Specific gravity, %
UIA	58772	30.3
TURKISH AIRLINES	33716	17.4
WIZZ	20944	10.8
BELAVIA	18629	9.6
LOT	18449	9.5
SkyUp	10631	5.5
WINDROSE	10185	5.3
RYANAIR	9295	4.8
AZURAIR	7229	3.7
QATAR	5893	3.1

There are also a number of problems in the development of aviation transport in Ukraine, in particular:

- depreciation of fixed assets (the average age of aircraft is 23 years);
- lack of qualified personnel (qualified personnel generally prefer foreign companies due to low wages);
- inconsistency of the technical capabilities of airports with modern international requirements;
- lack of a state program to support the development of air transport and aviation systems work, loss of manageability of investments in transport;
- tough tax policy in relation to the aviation industry (airlines are forced to pay a large share of budget revenues in the form of taxes, despite the high cost of their activities);
- insufficient modernization of the aircraft fleet;
- occupancy of airports and airspace.

Solving these problems will help improve the efficiency of air transport and improve the economic situation in Ukraine.

Options for problem solution:

- cheap and long-term loans, 3-7% per annum for 10-12 years.
- all types of aviation leasing (financial, operational, operational) for the stated period. For domestic aircraft there was only financial leasing;

- the presence of an organized and high-quality secondary market for civil aircraft, which significantly reduced the transaction price;
- a modern model range of aircraft of the primary and secondary markets, competitive in all types of air transportation;
- proven system of after-sales support from the manufacturer;
- a wide range of services offered to maintain aircraft airworthiness;
- high reliability of aircraft, the presence of a reasonable and relatively wide list of pending defects, etc.

It is very important to develop air passenger transportation in Ukraine – cost efficient, quick and comfortable way to travel by country. Motivates the development of infrastructure and tourism in the country by improving the economic situation. Paying attention to the problems and making the right decisions to solve them will help improve the overall situation of aviation in Ukraine.

#### **Referencelist:**

1. Ерзакович Д. Ю. Формирование инновационной деятельности авиакомпаний в сфере авиаперевозок. *Вопросы экономических наук*. 2008. № 4. С. 113–117.
2. Державна авіаційна служба України. URL: <https://avia.gov.ua/>
3. Інноваційні перетворення на транспорті як чинник модернізації транспортно-дорожнього комплексу України: аналітична записка. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1303>.
4. Молодцов М. Ф. (2018). Авіаційний транспорт URL: [https://vue.gov.ua/Авіаційний\\_транспорт](https://vue.gov.ua/Авіаційний_транспорт)
5. Кількість пасажирів, перевезених різними видами транспорту. Кількість пасажирів, перевезених різними видами транспорту / Державна служба статистики України. (2019). [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr\\_rik/xls/kp\\_pas\\_vt\\_u.xlsx](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr_rik/xls/kp_pas_vt_u.xlsx)
6. Кількість вантажів, перевезених різними видами транспорту Кількість вантажів, перевезених різними видами транспорту / Державна служба статистики України. (2019). URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr\\_rik/xls/op\\_vant\\_vt\\_u.xlsx](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/tr/tr_rik/xls/op_vant_vt_u.xlsx)

**Scientific advisor: Y. V. Shevchenko**, PhD in Economics,  
Associated Professor, National Aviation University

**M. A. Godovskaya**

*Student of faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskiy**

*Assistant of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AGRICULTURE**

**Introduction.** With the rapid development of information technology, miniaturization of control hardware, there has been a progressive tendency to minimize the role of man in human-machine systems, and in some cases even to exclude it from the control circuit of relatively complex, technical objects. Automation, automation, robotics, mechatronics - this is a non-exhaustive list of sciences involved in this trend. In recent years, various aspects of the creation and use of unmanned vehicles are being actively studied: cars, self-propelled vehicles, armored personnel carriers, aircraft for various purposes. Significant interest in this topic is observed in agriculture. There are many examples of successful use of unmanned aerial vehicles (UAVs) to protect plants from diseases and pests [1].

**Analysis of recent research and publications.** Many scientific works of domestic and foreign authors are devoted to the use of UAVs in agriculture. Analysis is devoted to the analysis, classification, purpose, both in the military and civilian segments, modern developments, design, evolution of unmanned aerial systems (UAS) [2,3]. In [4-6] a systematic analysis of the use of different types of UAV models for aerial photography of mapping areas is presented. Prospects for the development of UAVs are covered in [7-11]. But even today, the full list of works that can be performed with the help of UAVs has not been determined yet.

**The purpose of the article** is to review the development of UAV applications in the world and in Ukraine, to present a SWOT analysis of UAV applications, to outline a strategy for the development of unmanned agricultural aircraft in Ukraine.

Foreign experience in the use of UAVs in agriculture



In recent years, various companies have developed a number of UAVs as part of mobile aviation complexes, but the results obtained in this process are minimal, which is a direct consequence of the lack of a clear position of the applicant on issues related to the possibility of scientific and industrial complex.

According to marketing research of foreign companies, the development of UAVs will increase the distribution of flight safety and information accounting [12]. Over the territory of Ukraine until 2040 permanently (in the mode "24/7/365") can be in the air at least 50,000 UAVs combined into a single system of work and services to meet various ever-growing needs of the economy, including agriculture. The average number of people employed in the development and production of unmanned aerial vehicles (UAS) will be up to 40,000 people, and the number of people employed in operation will be provided with a comprehensive solution and will reach 100,000 people by 2040 [13].

Estimates indicate that the global market for ALS, integrated solutions and services by 2040 will be more than 110 billion US dollars (at current prices) [14]. Therefore, not only the structure will change, but also consumer demand, which will need to adapt to new leaders in the global competition in the production of UAVs.

According to AUVSI in a report entitled "The Ecological Impact of Unmanned Systems Integration in the United States" in the official report of the International Association of Unmanned Vehicle Systems, it is stated that the use of UAVs in agriculture will take precedence over all other applications (dwarfing all others) and by 2027 about 80% of the drone market will be introduced into US agriculture [15].

With State support - Ukraine can occupy from 5-10% (baseline scenario) to 15-18% (optimistic scenario) of the world market in the segment of "agriculture" until 2040. In monetary terms, the market for UAV-based services in the agricultural segment occupied by Ukrainian companies Drone UA and UkrSpec\_Systems may reach UAH 600,000 million, and the sale of UAVs will significantly replenish Ukraine's budget in the form of fiscal deductions.

The global approach to the use of drones is a set of tools that use a maximum height of 120 m in line of sight. UAVs are widely used in agriculture in the

following countries: Japan, Australia, New Zealand, South Korea, USA, Italy, Argentina, Brazil, Mexico and others. The use of UAVs in agriculture has a huge potential and every year the interest in their use is growing.

The use of unmanned aerial vehicles in agriculture is an innovation for Ukraine, as UAVs were primarily used for needs and only after military tests began widespread use in agriculture in agriculture.

Modern drones are equipped with multispectral cameras, the high image quality of which allows sensors to accurately diagnose problem areas of agricultural land with satellite navigation systems, compact on-board computers, as well as equipped with means for applying chemicals.

UAVs in agriculture are able to solve the following tasks:

- assessment of soil chemical composition;
- protection of agricultural lands%;
- forecasting crop yields;
- spraying with chemicals to control pests and diseases;
- assessment of crop growth;
- operational monitoring of plant condition;
- assessment of the scope of work and control of reclamation;
- inventory of agricultural land;
- construction of 3D models of the farm.

According to Greenbiz, the modern use of UAVs in agriculture for the optimal construction of irrigation and the Normalized Difference Vegetation Index of the normalized vegetation index is ahead of other areas of the US economy [16].

Vine Rangers (California) provides farm aerial photography of vineyards with UAVs for further guidance on pollination, irrigation and plant disease detection. The company collects data from drones and provides vineyard managers with access to data and recommendations through a Web interface. The planned part of the flight - once a week, the planned price of services - \$ 20 per 1 acre.

Aero Harvest is a California-based company, and Vine Rangers focuses on vineyards. The company is developing a search for drainage and optimization of irrigation schedule [17].

AgWorx is a concentrated agricultural specialist from North Carolina who promises to take the choice of the optimal harvest time, as well as provide their own applications to collect all the necessary data from land and drones.

Sense Fly (Switzerland) has developed the eWeeAg system, which includes eMotion software and a flying module with a built-in camera. Combining these components, the company builds accurate 3D maps.

Leading Edge Technologies, a Minnesota-based company, turns the collected data into a "Farm Intelligence Survey" that is applied to applications such as grain management and farmer-based management decisions [18].

Wibur-Ellis is the largest agricultural supplier from San Francisco, working on software for agronomists, integrating satellite data and UAV images.

Trimble Navigation is a California-based company that specializes in applications for a variety of monitoring and management, from crop monitoring to water management.

Lancaster UAV -allows you to collect the data needed to make management decisions on farms and in gardens. Field trials are conducted for several years in Ontario before starting work for farmland.

DJI (China) - in 2015 developed the DJIAgrasMG-1 UAV, which is created in a wet and dust-protected version of non-corrosive materials, in connection with which after the work the device can be washed and folded for transportation. The eight-engine AgrasMG-1 can carry up to 10 kg of spray liquid and handle a plane of 3.2 to 4 km / h. This is 40 times more efficient than manual spraying. An unmanned aerial vehicle can develop a speed of up to 8 m / s. and thus adjust the intensity of spraying depending on the speed of flight without reducing the efficiency of spraying.

Precision Hawk is a startup that builds a "market of algorithms" that help interpret data collected from satellites and drones.

The state of unmanned agricultural aircraft in Ukraine

Drone UA is a Ukrainian company with the most innovative enterprise in the agricultural sector and allows to solve the most difficult problems of the agricultural market of Ukraine. Satellite monitoring, laboratory soil studies, aerial plant control, aerial photography of farmland.

UkrSpec\_Systems - Ukrainian flagship in the solution and application of UAV glider type PD-1 with the latest equipment and television cameras.

UAVs can be equipped with multispectral cameras, which are used to monitor plant performance using the infrared spectrum. Indicators obtained using the near-infrared spectrum allow us to determine changes in vegetation long before the corresponding changes manifest themselves in the visible spectrum.

Strategy for the development of unmanned agricultural aircraft

[SWOT analysis]

STRONG POINTS	WEAK POINTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• high economic efficiency (dozens of times cheaper)</li> <li>• small shooting height</li> <li>• punctuality</li> <li>• mobility</li> <li>• there is no complicated procedure for permits and coordination of flights</li> <li>• high efficiency</li> <li>• ecological cleanliness of flights</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• short flight time</li> <li>• the need to keep the device in direct line of sight</li> <li>• inability to use in strong winds and rain</li> </ul>
OPPORTUNITIES	THREATS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• operational monitoring of fields from a height of tens and hundreds of meters</li> <li>• identification of problem areas that cannot be done by traditional methods</li> <li>• quality control of sowing works, tillage</li> <li>• measurement of fields taking into account a relief, with high accuracy and GPS communication</li> <li>• calculation of germination and biological yield</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• breach of confidentiality and privacy</li> <li>• limited use of additional devices due to the geometric dimensions of the UAV</li> <li>• dangerous: with uncontrolled landing property damage or injury</li> <li>• imperfect legal regulation</li> </ul>

Fig. 1. SWOT - analysis of the development of unmanned aerial vehicles

**Conclusions.** Unmanned aerial vehicles (UAVs) are becoming more and more popular around the world, as evidenced by the growing number of UAVs of

various classes of aircraft shows around the world. This popularity of this class of aircraft is due to a number of advantages over manned aircraft to solve a wider range of problems, the main of which is the lack of crew, relatively low cost of UAVs, low cost of their creation, production and operation, long duration and range. Analyzing the situation and summing up, we can say that over the past 5-7 years of development of this branch of mechanical engineering has done much more than in all previous years. It should be noted - rapid development and great prospects in the field of aviation in a variety of design solutions. We especially note the creation of a large number of unmanned aerial vehicles, portable, less than 1m<sup>2</sup>. Great success awaits the development of small aircraft with a wingspan of 2 to 5 meters. The functionality of the UAV is constantly being improved.

The lack of a state order for research and development and the need to use own funds in the creation of UAVs: without clear guarantees to make a profit in the future - encourages developers and owners to abandon science-intensive research in this area. In most cases, the experience of creating and using already dormant UAV models is used.

### **Prospects for further research**

The effectiveness of UAVs in agriculture is of great importance. With the help of "cloud" means of data processing from drones and small unmanned aerial vehicles, farmers monitor not only the ascent of plants, but also can observe the deviation of equipment from a given course of field work, without leaving the office. Unmanned aerial vehicles are a new transport paradigm that is actively developing and should be regulated by legislation in the legal field of Ukraine.

### **References:**

1. Grebennikov A. G., Myalitsa A. K., Parfenyuk V. V. and others General types and characteristics of unmanned aerial vehicles. manual / Nat. aerospace Kharkiv Aviation Institute, 2008. 377 p.
2. Yun G, Mazur, M., Rederii, Y. Proceedings of the National Aviation University. 106-112 .doi: 10.18372 / 2306-1472.70.11430 (eng).
3. Reg Austin, Unmanned aircraft systems UAVS design, development and deployment / 2010 John Wiley & Sons Ltd., Doi: 10.1002 / 9780470664797 (eng).

4. Blaschke T. Object based image analysis for devices: flying 377 p. 2017. NI (70): 3. sensing. ISPRS J.P. 65. 2 16. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>. (eng)
5. Nikiforov A. A., Mynimaev V. A. Analysis of foreign unmanned aerial vehicles. SPb. : St. Petersburg Forestry Engineering Academy, 2010. 3 p.
6. Zinchenko O. N. Unmanned aerial vehicle: application for aerial photography for mapping. (part 1). M.: Rakurs, 2011. URL: <http://www.rakurs.ru/page=699/>.
7. Mitrakhovich M. M., Silkov V. I., Samkov A. V., Burshtynskaya Kh. V. Unmanned aerial vehicles. Methods of comparative evaluation combat capabilities. K.: TsNII VVt VS Ukrainy, 2012. 288 p.
8. Zavalov O. A., Maslov A. D. Modern helicopter unmanned aerial vehicles. M.: Moscow Aviation Institute (MAI), 2008. 196 p.
9. Pavlushenko M., Evstafiev, Makarenko I. Unmanned aerial vehicles: history, application, threat of spread and prospects of development / Scientific notes of the PIR Center: national and globalsecurity. M.: Publishinghouse "HumanRights", 2005. 612 p.
10. Matiychik M. P., Kachalo I. A. Trends in the use of unmanedaerialvehicles in civil aviation. *ABIA 2013*. Materials of the XI InternationalScientific and TechnologicalInstitute. conference. 2013. 97 p.
11. Rastopchin V. V., Rumyantsev S. S. Drone unmanned aerial systems. URL: <http://www.avia.ru>.
12. Uchuvatkin M. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in the economy. *PwC.: Innopolis* June 7-10, 2016.
13. Kharchenko V. P. Innovative component of national economic strategies Chenko. *Development Strategy of Ukraine*. 2011. № 1. 8-10 p.
14. Drones can fly very low. URL: <http://bespilotnik.org>.
15. Features of the development of unmanned aerial vehicles. URL: <http://ibeldoc.bsuir.by/handle/123456789/5003>.
16. Svetich Information Agency / Site about agriculture. URL: [www.svetich.info](http://www.svetich.info).
17. National Association of State Aviation Officials. URL: [www.nasao.org](http://www.nasao.org).
18. Green Biz Group. URL: [www.greenbiz.com](http://www.greenbiz.com).

**N. V. Hlushchenko**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**Y. V. Shevchenko**

*PhD in Economics, Associated Professor,  
Associated Professor of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **FEATURES OF THE FREIGHTS INTERNATIONAL DELIVERY ORGANIZATION IN THE CONDITIONS OF DIGITAL ECONOMY**

International transport services are bought and sold in international transport markets, which differ depending on the modes of transport, the goods transported, and regional specificities. International transportation can be direct (without reloading operations), mixed (using two or more modes of transport), direct mixed (using different modes of transport, but according to common transport documents).

International transport services include not only the transportation activity itself, but also a number of related operations (delivery of cargo to the nearest cargo terminal - port, railway junction, etc.; loading, reloading, unloading of transported goods or baggage; temporary storage at intermediate points, re-issuance of documents, and sometimes insurance).

The costs associated with paying for mainline modes of transport and related operations are the transport costs of the cargo owner.

The company that owns the goods and the carrier companies participate in the international transport process, which conclude a contract of carriage between themselves.

In addition to cargo owners, stevedore firms (operators of freight terminals), with whom a service agreement is concluded, and forwarding firms (in some countries, forwarders are called freight agents, commission agents, brokers, etc.), participate in transport operations.

Under the forwarding agreement, the cargo owner instructs the mediator-forwarder to carry out precisely specified operations - loading and unloading his cargo, storing them, processing cargo and customs documents, settlements with carriers and stevedores, protecting their commercial interests in courts and arbitration, etc. In this case, the owner of the cargo can conclude contracts directly with forwarding companies or an agreement with the general forwarder, who is entrusted with the organization of transportation in general.

The modern transport network and the structure of transportations have developed in the process of world economic development and the international division of labor, they, in turn, have a very strong impact on these processes. The general trend is that international transport of goods grows more slowly than international trade, since the volume of transported raw materials, especially oil, grows little or not at all, and material-intensive production moves to sources of raw materials.

The transport network is expanding, but unevenly for different types of transport. The share of transport in global GDP and especially in the GDP of developed countries is declining, and the same applies to the value of the transport component in the price of goods.

International transport infrastructure, including transport terminals, is most often created and controlled by the state. The presence of private railways and highways does not contradict the general rule.

However, vehicles are generally privately owned and the transport market is almost exclusively operated by private companies. To this it should be added that international transport and international transport routes are not separated from domestic and the same transport companies can deal with both domestic and international transport.

International transport is regulated by multilateral agreements at the regional and global levels. Numerous (about 100) intergovernmental organizations operate in this area, including specialized UN bodies: the International Maritime Organization and the International Civil Aviation Organization.



As already noted, the global transport network is growing constantly, but unevenly by mode of transport. This unevenness reflects scientific and technological progress in transport and changes in the structure of cargo transportation. So, according to the UN, for the second half of the XX century. the network of railways and inland waterways has decreased, the length of highways has almost doubled, and the length of air routes has increased 3 times. At the same time, the length of naphtha products pipelines increased 4.2 times, and the length of main gas pipelines - 6.5 times.

Transport services differ depending on the type of transport, the subject of the transport operation (cargo, passenger, luggage), the transport characteristics of the goods, the frequency of transportation.

The goods transported are divided into dry, or bulk (coal, ore), bulk (grain, cement, fertilizers), bulk (oil, oil products, etc.) and general (finished products).

The main direction in the development of the world transport system is the synchronization of the work of different types of transport, their joint functioning in mixed transport. Transportation of goods in containers and general cargo in general is growing especially intensively. Comprehensive provision of such transportation on an international scale is practiced in the creation of transport corridors.

In the digital economy, the transport and logistics sector of the economy, as well as other industries, is undergoing significant changes, and, like any change, they are associated with risks and opportunities: new customer expectations, new market participants, new technologies, new business models, new requirements for staff competencies, etc.

According to research by the international company Pricewaterhouse Coopers (PwC), which has a 160-year history and is one of the so-called four world leaders in audit companies, 68% of managers of transport and logistics companies expect that the change in basic production technologies and services in the world, will dramatically affect their business. 65% of managers believe that the need to significantly change the model of their business will also be affected by innovative changes in sales channels [1].

According to PwC analysts, a number of key factors influencing the development of the transport and logistics industry today can be identified (Fig. 1):

digitization;

changing the dynamics of domestic markets;

changes in international trade;

changes in the main processes in connection with the introduction of new software or new technology [2].

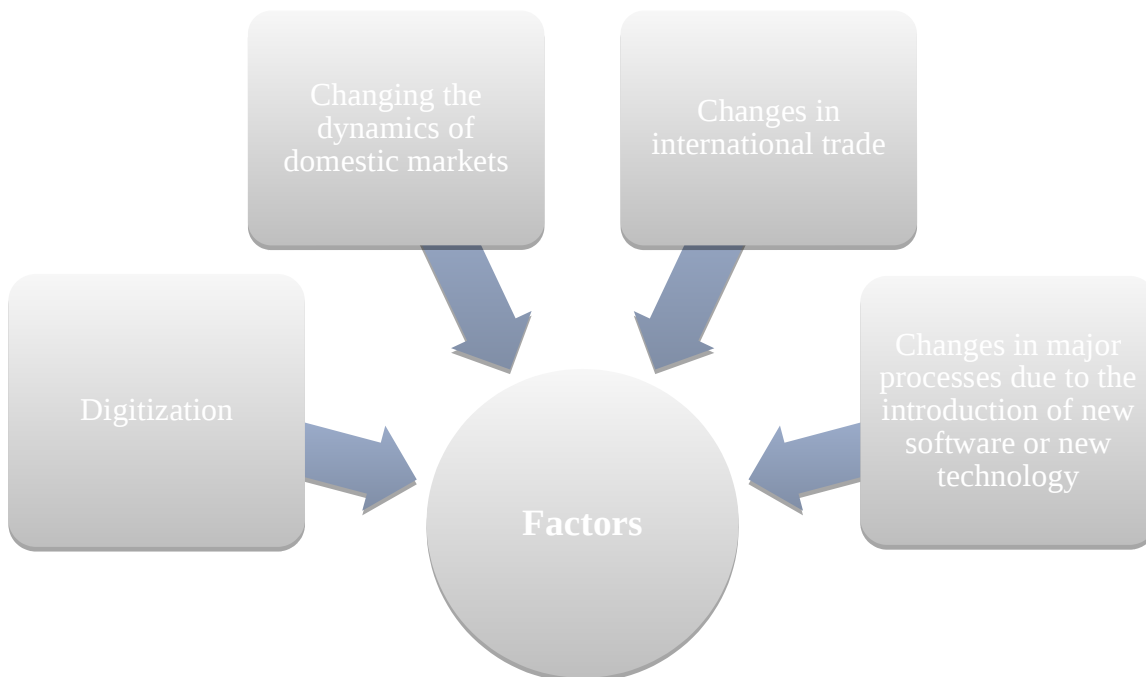


Figure 1. Factors influencing the development of the transport and logistics industry today

In the first place in this list of factors influencing the development of the transport and logistics industry, as we see, is the digitalization of the economy. Therefore, we will analyze the impact of digitalization on the expected transformation of the transport and logistics industry.

The impact of digitalization can already be seen in changes in administrative, production and commercial processes [3].

Digital solutions have already gone beyond information and communication technologies (ICT) or ERP systems and allow the development of new business processes and models, including integrate the entire value chain. New technologies

make it possible to switch sales and other important elements related to service delivery to the digital environment. Digitization of most corporate processes is essential for the implementation of the concept of Industry 4.0.

According to the survey, 54% of companies expect an increase in revenue due to digitalization [2]. Digitalization in the near future will not only significantly simplify basic business processes, but also significantly change the range of services, products and business models. In addition, digitalization, paradoxically, solves the problem of lack of specialists. Digitization is expected to change consumers' approach to business interaction. Changes can already be observed in the processes of online and mobile ordering and payment for transport, including in the provision of taxi, car-sharing and public transport services [1].

DHL's Logistics Trend (LTR) is a comprehensive analysis of the 28 most significant trends in business, technology and society that affect the future of logistics, is a roadmap for logistics innovation and helps to structure and intensify leading projects and research in the field . The new 2018/19 LTR focuses on the digital revolution in the industry and its impact on four key factors determining the future of logistics: customer focus, environmental sustainability, technology and people [4].

Unfortunately, few companies today are serious about how the cooperation and composition of actors in the supply chain will change as a result of the digitalization of the economy. Although each individual company must be ready to re-evaluate and find their new role in the supply chain in the new environment.

In the age of digital technology, speed is more important than ever. As a result, companies need to create a flexible supply chain network that allows continuous monitoring of development and provides rapid adaptation in this changing environment. And higher education institutions that train specialists for the transport and logistics sector should not only urgently review the content and structure of educational and professional programs, but also radically change the conceptual and methodological approach to training specialists for economics.

### **Reference list:**

1. Smerichevska S. V. The standpoint of the prospect of digitalization of transport and logistics hallus. *Problems of training professional personnel in logistics in the global competitive environment XY MNPk October 25-26, 2019* Collection of reports. K.: NAU, 2019. S. 114-117
2. Galkin A., Dolia C., Davidich N. The Role of Consumers in Logistics Systems. *Transportation Research Procedia*. 2017. T. 27. C. 1187–1194.
3. Kaplan S. *Business Model Innovation Factory: How to Stay Relevant When the World Is Changing*. N.Y.: Wiley, 2012. P. 256.
4. Logistics Trend Radar. Version 2018/19. URL: <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/insights/logistics-trend-radar.html>

**V. Yu. Ivannikova**

*PhD, Associate professor, Associated Professor of Faculty  
of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**T. B. Korynevskaya**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **INVESTIGATION OF COVID-19 INFLUENCE ON THE AIRLINE INDUSTRY**

The COVID-19 pandemic has had a significant impact on the aviation industry due to travel restrictions and a slump in demand among travellers. Significant reductions in passenger numbers have resulted in flights being cancelled or planes flying empty between airports, which in turn massively reduced revenues for airlines and forced many airlines to lay off employees or declare bankruptcy [3].

ICAO, using ADS-B Flight aware data and the ICAO Enterprise Data Management (EDM), has worked jointly with the Directorate General of Civil Aviation (DGCA) of Turkey to develop interactive dashboards to monitor four aspects of the impact of COVID-19 on the civil aviation [2].

- Operational impact: impact on the number of flights, seats offered, for passenger and cargo flights segmented into international and domestic operations;
- Economic impact: impact on the revenues of air carriers, airports and air navigation service provider (ANSPs);
- Aircraft utilization: aircraft utilization and grounded aircraft by aircraft category;
- Country-pair traffic: level of flights at the country-pair level on weekly basis.

The impact of COVID-19 on Airline Industry is different. For example, the effects from SARS, financial crisis are short term shock, most shocks are localized or regionalized (they aren't global) and limited impact (no major change to long term

growth pattern). But COVID consequences are different: cannot adjust network to avoid affected markets; slow creation of cure / vaccine / treatment; IATA predicts a return to growth and a doubling of passenger journeys to over 8bn globally by 2039 (Table 1).

Table 1

**The list of impacts that COVID-19 will have on the airline industry**

№	Short-term	Mid-term	Long-term
1	Lots of airline failures. Over 40 airlines have failed so far this year – and more are set to come. State supported airlines least likely to fall.	Protectionism. After the beginning of the pandemic on the planes the crew began to wear masks, at airports and on board planes passengers are measured temperature, they are given antibacterial wipes, aircraft cabins are additionally disinfected. Airlines that continue to operate during quarantine have begun to block middle seats so that there is at least one empty seat between passengers [1].	Changes in factors of leisure travel demand. Driven by Low Cost Carriers, lower prices, increasing disposable income, emerging markets. These will be largely unaffected in the long run, but the economic impact on so many people will mean that the return to previous levels may take five years, which means that the 20-year-figure will be 5 years diluted
2	A delayed return to growth in the leisure market. After lockdowns and staying at home for a long time, people want to go on holiday.	Low yields. COVID-19 has led countries, economies and financial markets into uncharted territory, and uncertainty remains high. However, if restrictions can be lifted in the next few months, given levels of government support, we expect markets to recover a large part of the losses and spreads to meaningfully tighten again over the next 12 months.	Changes in factors of business travel. Videoconferencing tech has got much better quickly and benefited from widespread broadband infrastructure. New technology has greatly substituted for travel, 5G will quicken this change. Small companies look to save money may travel less. Large companies will reduce inter-company travel and increase online maintenance of client base. Fewer numbers of employees sent to each client meeting. Further downgrading of travellers working for large companies (increase use of Premium Econ)
3	Fire sales.	Excess capacity.	
4	Change in demand drivers for business travel.		

The COVID-19 pandemic has significantly affected aviation - since February 2020, and especially in the spring, airlines have significantly reduced the number of flights or stopped flights altogether (fig. 1). Due to the decision of governments to impose quarantine, close flights and ban or restrict entry, the crisis caused by the pandemic became the deepest for aviation since World War II.

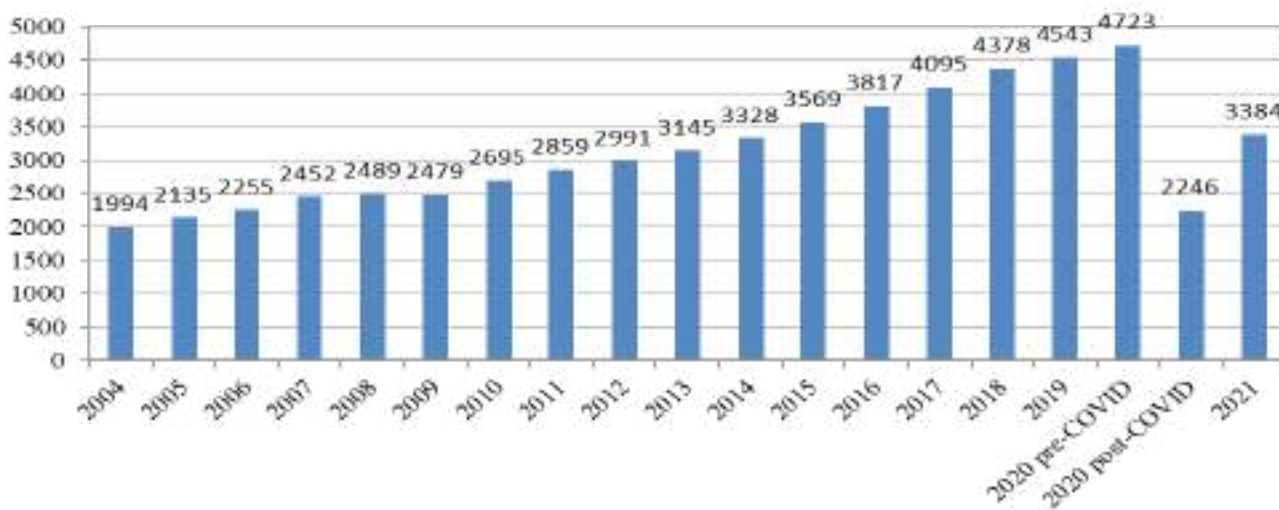


Fig.1 Number of scheduled passengers boarded by the global airline industry in millions, 2004-2021

The number of flights provided by UkSATSE with air navigation services in October 2020 is 13,041 flights, which is 56.4% less than in the corresponding period of 2019. At the same time (fig.2), Ukrainian airlines performed 4,943 flights (49.6% less than in October last year), foreign airlines - 8,098 flights (-59.8%), according to the press service of UkSATSE [4].

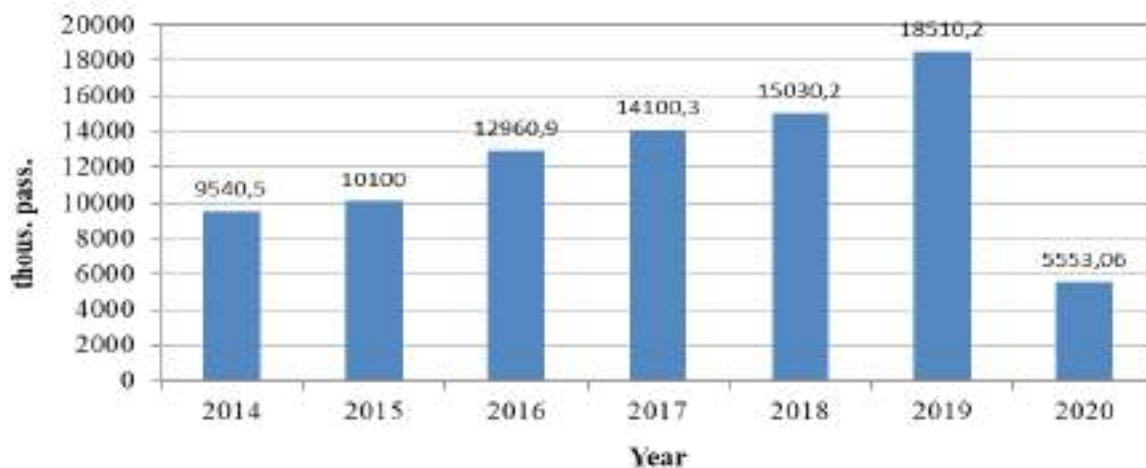


Fig. 2 Impact of COVID-19 on aviation in Ukraine, 2014-2020 Jan.-Sep.

It is noted that by type of flight air traffic is distributed as follows: 2260 flights performed in September - domestic (-15.7% compared to October 2019), 6250 - international (-56.8%), 4531 - transit (-64.6%).

For our opinion, in spite of COVID negative influence, there is a positive impact of the pandemic on some of its elements. An important change could be the growing role of low-cost carriers due to declining demand for business class flights. The reason for this is the economic recession that will follow the pandemic and which will force people to look for cheaper alternatives in transport. Also the current situation will force airports to implement the best innovations that would otherwise take years. For example, airports are increasingly using biometric technology to identify passengers and not force them to touch different things or communicate with people on the premises. The same goes for automatic screening technologies, which can significantly speed up the process of queuing, and the new hygiene habits of the passengers themselves, acquired during the pandemic, can help make airports much cleaner in general.

#### References:

1. Why airport healthprotection is so important. (2018, May 21). URL: [www.airwhizz.com](http://www.airwhizz.com)
2. ICAO: Official site. URL: [www.icao.int/Meetings/STA10/Documents/Sta10\\_Wp007\\_en.pdf](http://www.icao.int/Meetings/STA10/Documents/Sta10_Wp007_en.pdf)



3. The negative impact of COVID on aviation industry. URL: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

4. The dynamics of air transportation in Ukraine after COVID-19. URL: [www.ukstatse.ua](http://www.ukstatse.ua)

**Y. O. Matlinh**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of Air Transportation Department of Faculty  
of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **FORECASTING METHODS ON AIR TRANSPORT**

Forecasting methods based on smoothing, exponential smoothing and moving average.

During the creation «naive» models, it is assumed that some recent period of the forecast time series best describes the future of this forecast series, so in these models the forecast is usually a very simple function of the values of the forecast variable in the recent past. The simplest example is:

$$Y(t+1) = Y(t) \quad (1)$$

which corresponds to the assumption that «tomorrow will be like today».

The simplest model based on *simple averaging* is the model:

$$Y(t+1) = (1/n) [Y(t) + Y(t-1) + \dots + Y(t-n+1)] \quad (2)$$

and in contrast to the simplest "naive" model, which corresponded to the principle of «tomorrow will be like today», this model corresponds to the principle of «tomorrow will be as it was on average recently». Such a model, of course, is more resistant to fluctuations, because it smoothes out random emissions relative to the average.

Despite this, this method is ideologically as primitive as «naive» models and has almost the same shortcomings.

In the mentioned above formula, it was assumed that the series averaged over a sufficiently long time interval. However, as a rule, the values of the time series from the recent past better describe the forecast than the older values of the same series. Then you can use the *moving average* to predict:

$$Y(t+1)=\hat{y} \quad (3)$$

Its meaning lies in the fact that the model sees only the nearest past (by T counts in time in depth) and based only on this data it builds a forecast.

During forecasting the method of *exponential means* is often used, which constantly adapts to the data due to new values.

The formula describing this model is written as:

$$Y(t+1)=aY(t)+(1-a)Y(t) \quad (4)$$

where  $Y(t+1)$  is the forecast for the next time period;  $Y(t)$  is the real value at time  $t$ ;  $Y(t)$ -past forecast at time  $t$ ;  $a$  - smoothing constant ( $0 \leftarrow a \leftarrow 1$ ).

This method has an internal parameter  $a$ , which determines the dependence of the forecast on older data, and the influence of the data on the forecast decreases exponentially with the «age» of the data.

### **Regression forecasting methods**

Along with the methods described above, based on exponential smoothing, regression algorithms have been used for forecasting for quite a long time.

Briefly, the essence of algorithms of this class can be described as follows. There is a predicted variable  $Y$  (dependent variable) and a pre-selected set of variables on which it depends -  $X_1, X_2, \dots, X_N$  (independent variables). The nature of the independent variables can vary. For example, if we assume that  $Y$  is the level of demand for a certain product in the next month, then the independent variables can be the level of demand for the same product in the last and the year before last, advertising costs, the level of purchasing power of the population, the economic situation, the activities of competitors, and much more [5]. The main thing is to be able to formalize all external factors on which the level of demand may depend in numerical form [6].

The multiple regression model is generally described by the expression

$$Y = F \times (X_1, X_2, \dots, X_N) + \varepsilon \quad (5)$$

In a simpler version of the linear regression model [7] the dependence of the dependent variable on the independent ones has the form:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \dots + \beta_N \times X_N + \varepsilon \quad (6)$$

Here are  $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N$  the fitted regression coefficients, - the error component. All errors are assumed to be independent normally distributed.

To build regression models, you need to have a database of observations of approximately the following type (Table 1.).

Table 1.

**Database for regression**

		Variables				
		Independent				Depend
<b>1</b>	No	$X_1$	$X_2$	...	$X_N$	$Y$
	1	$x_{11}$	$x_{12}$	...	$x_{1N}$	$Y_1$
	2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2N}$	$Y_2$
	...	...	...	...	...	...
	m	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{mN}$	$Y_m$

Using a table of past observation values, you can choose (for example, using the least-squares method) regression coefficients, thereby tuning the model. One of the requirements when building regression models is that the form of dependence is as simple as possible since complex functions create additional difficulties in calculating the parameters of the model and its estimation [8].

Therefore, when forecasting transportation, it is necessary to choose the most important factors that affect transportation.

Conclusion: In this paper, we have compared method predictions based on different methods to forecast the traffic level on new airports.

**References:**

1. Ghobbar A. A. Forecasting intermittent demand for aircraft spare parts: A comparative evaluation of methods. *Journal of Aircraft*. 2004. Vol. 41. №3. DOI:10.2514/1.851.
2. Adrian N. Beaumont: «Data transforms with exponential smoothing methods of forecasting». *International Journal of Forecasting*. 2014. Vol. 30. №3. P. 918-927. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2014.03.013.
3. Bovas A., Ledolter J. Regression and exponential smoothing methods to forecast seasonal time series. 1983. DOI: 10.1002/9780470316610.ch3.

4. Bovas A., Ledolter J. The regression model and it's application in forecasting. 1983. DOI:10.1002/9780470316610.ch2.
5. David A. Aaker, Jacobson R. The sophistication of naive modeling. *International Journal of Forecasting*. 1987. Vol. 3. № 3-4. P. 449-451. DOI:10.1016/0169-2070(87)90039-2.
6. James W. Taylor. Volatility forecasting with smooth transition exponential smoothing. *International Journal of Forecasting*. 2004. Vol. 20. № 2. P. 273-286. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2003.09.010.
7. Michael R. Hagerty. Conditions under which econometric models will outperform naive models. *International Journal of Forecasting*. 1987. Vol. 3. № 3-4. P. 457-460. DOI:10.1016/0169-2070(87)90041-0.
8. Smeekes S., Wijler E. Macroeconomic forecasting using penalized regression methods. *International Journal of Forecasting*. 2018. Vol. 34. № 3. P. 408-430. DOI:10.1016/j.ijforecast.2018.01.001.

**Y. O. Matlinh,**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistic,  
National Aviation University*

**D.V. Medynskyi,**

*Assistant of Air Transportation Department of Faculty  
of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **THE USE OF AVIATION IN AGRICULTURE**

One of the most important elements of the system of intensive agriculture around the world is the use of advanced plant protection technologies to produce the required amount of agricultural products of the required quality and lowest cost. Modern technologies for the introduction of plant protection products are inextricably linked with issues of environmental protection, reducing the chemical load of land, products and people. Significant intensification of producers' activities on agricultural products, especially in the field of crop production, has led to the need for greater use of aviation in crop processing.

If we compare aerochemical work (further - AW) with land methods of cultivation of fields with crops, it is in this case, as in general and in the economy in general, there are clear signs of indicators to improve the efficiency of agricultural production. The universality and advantages of the aviation method in comparison with ground methods of crop cultivation in market conditions are, first of all, such technical-technological and economic-financial data that give customers certain advantages, namely [1; 2; 4]:

- new opportunities for the use of aviation for fertilizer application in the early spring period, when the ground methods of these works are considered to be wet and do not allow the use of machine-tractor ground equipment (further - MTGE). Examples here are measures for the application of liquid complex fertilizers for wheat crops during the 1st ear, pollination of fields, etc.;

- implementation of AW in the best agrotechnical terms and at the expense of it there are opportunities to receive in addition increase of productivity of this or that culture which is cultivated in farms. Here, an example is the defoliation of sunflower crops to cause its simultaneous "ripening";

- achievement at AW of higher quality of distribution of chemical substances on processing of a surface of this or that agricultural crop. We can state that the aviation method provides the best quality and this, ultimately, reduces the dose of plant protection products, which in turn has a positive effect on the environment, health, social development;

- the ability to optimize the impact on the cost of chemicals and substances in comparison with the quality of crop treatment. And already these factors in market conditions allow to reduce essentially at the expense of decrease in their specific technological expenses and thus to reduce direct expenses for agrotechnical actions in SGV;

- approaches to increase the competitiveness of national agribusiness and enhance the country's export potential. Regarding the negative aspects in comparison with the ground support of the propeller fleet (further - PF), here we can give the following arguments in favor of the ICC for the cultivation of sowing, row or other, including industrial crops; AW can be performed on large sown areas, which is not suitable for use for individual subsidiary farming. Therefore, this method requires the formation of powerful farms of the corporate type;

- disadvantage of the availability of aircraft suitable for AW in SGV, as not all aircraft can be used for these works, and those that are available as part of the PF of the national civil aviation system, in most cases obsolete. Fundamentally new types and series of aircraft in some places do not currently meet the levels of safety and cost-effectiveness and versatility, as convertible aircraft;

- the provision of agricultural producers with a sufficient number of production and technical personnel and specialists in the organization and technology of AW in safe modes of operation also wants to be better;

- high dependence of opportunities for high-quality AW on the external environment of the location of sown areas and regional meteorological conditions.

As we can see, the positive in such innovative technologies in the agro-industrial complex is more significant and expanded in terms of impact on efficiency, ecology and food security of the state much more than the negative aspects, which under certain simple and inexpensive conditions can be overcome and neutralized.

In general, in Ukraine to meet the needs of agricultural production during 2016, aviation work was carried out by SGV) and 25 airlines cultivated 484.7 thousand hectares of agricultural land per year, the raid was 16.7 thousand hours (for 2015 - 401.1 thousand hectares and 22, 6 thousand hours, respectively) [3].

Practical application of aircraft in AW of Ukraine has shown a number of advantages in comparison with ground equipment: its high productivity (processing of large sown areas in less time, low labor costs, economical consumption of seeds and chemical sprays), the ability to work in hard-to-reach areas , wetlands, etc.), the possibility of visual observation of the state of crops and rapid response in the event of a critical situation (mass damage by harmful bacteria, insects, rodents, etc.), elimination of natural disasters that caused partial plant death (wilting, burning) , etc.). However, the work of aircraft and helicopters in the fields directly depends on meteorological conditions, which has a significant disadvantage in agriculture, where the speed of solving the problem often depends on the fate of future harvests. In addition, it is not always profitable to use large aircraft in small areas.

At the end of the last century, aircraft builders have made significant progress in creating more mobile, low-budget, economic models, which are characterized by increased maneuverability, designed for agricultural purposes. Demand for light aircraft is fully justified, as the use of this technique for cultivating fields and crops can increase yields by 20 to 30%. This technique is used mainly in fields with cereals.

Equipped with a spray system of the injector type light aircraft with average technical characteristics at a speed of 90 km/h and a width of 20 m is able to cultivate more than 1000 hectares of fields per day. At the same time it will be possible to avoid damage of crops, to process those sites where access of traditional agricultural



machinery is closed owing to inaccessibility (including high humidity of soil), in the shortest possible time to liquidate local centers of infection of cultures by diseases or wreckers, spending the minimum amount of chemicals. processing accuracy.

Use of light and ultralight aircraft to perform such works as aerosil, application of mineral fertilizers, plant growth stimulants, protection of crops from weeds, pests and diseases, defoliation (sunflower, soybean, cotton, buckwheat), as well as monitoring of crops (plantations) and agricultural lands economically justified and more appropriate for medium and small areas.

Motor-hang gliders equipped with sprayers with rotating liquid sprayers were developed for small-scale works in the agricultural sector. Created especially for work on crops, gardens and vineyards, motor hang gliders are ideally suited for release on trichogram fields. They can be used for mineral fertilizers, crop treatment with pesticides and other chemicals. These aircraft are equipped with bulk tanks with a total capacity of 100-200 liters (depending on the load capacity of the machine and the modification of the wing), combined spray devices capable of small drip (with a droplet size up to 100  $\mu\text{m}$ ) watering (spraying) or treatment (fertilization) dry preparations (mineral complex) at the optimum height from 1 to 3 m. Productivity thus makes about 500 hectares a day. Features of a design of the motor hang glider promote good penetration of drug even in the condensed landings and high density of its spraying, and the expense of a working solution makes about 5 l/ha. At the same time the turbulence arising at work of the car provides processing not only the top, but also the bottom party of sheet plates. The effectiveness of the use of a hang glider is to significantly reduce the cost of its maintenance and fuel compared to aircraft and reduce (by one third) the rate of consumption of chemicals.

But a serious disadvantage of light and ultralight aircraft is the low level of protection of pilots from the effects of highly toxic pesticides. Therefore, the advent of unmanned aerial vehicles (UAVs), which has opened a new era of development in many areas of human activity, provides an opportunity to increase efficiency, economy, safety and further improve agricultural work with the use of precision farming.

The use of UAVs abroad for several years is not limited to the military or geologists. All areas that require regular compilation of detailed maps, in one form or another use UAVs for aerial photography [2]. In particular, in the United States, after making the necessary amendments to the section of the Federal Aviation Administration, which allows the use of UAVs for special purposes, they see great prospects for the use of drones in agriculture.

Today, UAVs are being used mainly to obtain detailed data on the state of the field in order to further localize the problem, as well as so that farmers can avoid such problems in the future. Some UAVs can fly up to 400 hectares in one flight. They are equipped with equipment capable of compiling detailed field maps both in the visual spectrum and in different spectral ranges with the possibility of calculating the vegetation indices for cereals. This makes it possible to recognize problems even before they become visible visually, and to solve the problem locally, without treating the whole field with expensive drugs. It is important to note that the UAV is only one of the elements of precision farming. It is very difficult to draw conclusions and correct logic of work in the field without understanding the reasons for fluctuations in field yields in previous years, without the history of satellite observation, without soil analysis data. UAV is not a panacea, but an extremely important and extremely effective tool in the work of farmers [2].

Thus, the use of aviation in agriculture will be considered as an absolutely necessary element of modern agricultural production, without which it is almost impossible to perform a number of important technological processes of growing many crops. Application of aviation method of plant protection with effective, both for general purpose airlines and for agricultural enterprises.

#### **List of references:**

1. Baran R., Baran L. Legal and economic aspects of comparative assessments aircraft with ground-based processing techniques of culture of national agricultural production in market conditions. URL: [http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5247/1/Organik\\_2015\\_323-331.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5247/1/Organik_2015_323-331.pdf) (date of the application 02.11.2020).

2. Methods of agricultural processing and directions of use of agroclimatic aviation for maintenance of needs of agricultural production. URL: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/> (date of the application 03.11.2020).
3. Results of the aviation industry of Ukraine for 2016. URL: <http://www.avia.gov.ua> (date of the application 02.11.2020).
4. Yun G. M, Kandyba G. Y. Factors of safety of agricultural aviation. *Science based technologies*. 2013. Vol. 20, №4. URL: <http://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/5696> (date of the application 04.11.2020).
5. Yun G. N., Mazur M. S. Prospects of Application of Unmanned Aircraft. *Science based technologies*. 2016. Vol. 31, № 3. URL: <http://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/10803> (date of the application 03.11.2020).

**D. Y. Morhunova**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**IMPLEMENTATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AT THE  
AIRPORTS OF UKRAINE IN THE CONDITIONS OF THE WORLD  
PANDEMIC**

The spread of the COVID-19 pandemic has caused enormous damage to the global aviation sector. A year ago the world and domestic aviation industries showed positive growth and made plans for the future. However the outbreak of the pandemic dramatically changed the vectors of aviation development. Closed borders and a sharp drop in passenger traffic have led not only to the bankruptcy of the airline and a massive reduction in staff, but also to global changes in the services of the aviation industry in general.

New analysis by the Airport Council International (ACI) World - The impact of COVID-19 on airport business, published in the Fourth Bulletin of Economic Analysis, shows disappointing results for the global aviation industry [1]. The airport sector expects a reduction in passenger volume by 59,6 % in 2020 compared to the initial projected baseline to COVID-19, and a reduction in passengers by 58,4% compared to 2019. This is equivalent to a reduction of 5.6 billion passengers per year.

The Airport Council International World also highlights the significant level of uncertainty surrounding the prospects for the recovery of the industry. According to forecasts, the recovery of world passenger traffic at the level of 2019 will take place no earlier than 2023, and markets with significant international traffic will recover only by 2024.

The state of the Ukrainian airport sector also remains disappointing. According to the State Aviation Services of Ukraine for January - October 2020, the volume of passenger traffic of Ukrainian airlines decreased compared to the same period last

year by 64.2% and amounted to 4271.8 thousand people, including international - by 65% and amounted to 3835.3 thousand people [2].

Passenger traffic through the airports of Ukraine decreased by 63,1 % and amounted to 7656.6 thousand people, including in international traffic - by 63,9 % and amounted to 6769 thousand people.

The five largest airports in Ukraine still include Boryspil, Lviv, Kyiv (Zhuliany), Odessa and Kharkiv, but the crisis has changed their place in the overall ranking. Table 1 shows the volume of passenger traffic of the five largest Ukrainian airports for 9 months of 2020 [3].

Table 1

**Rating of Ukrainian airports by passenger traffic for 9 months of 2020**

Name of the airport	Volume of passenger traffic, thousand passengers	Change in passenger traffic compared to the same period last year,%
Boryspil International Airport	4058,2	↓ - 65,1
Danylo Halytskyi International Airport Lviv	702,6	↓ - 58
"Kyiv" International Airport	600,6	↓ - 70,1
Odessa International Airport	555,5	↓ -55
Kharkiv International Airport	514,1	↓ - 47

However along with the great challenges posed by the COVID-19 crisis, there are positive opportunities for the introduction of innovative technologies to adapt the aviation business to the modern realities of the aviation world.

At the end of September 2020, the World Economic Forum's Global Impact Summit hosted a session on travel and tourism resumption, with a presentation by Corporación América Airports CEO Martin Eurnekian [4]. He believes that the pandemic is likely to have a lasting positive impact on the aviation industry, forcing

airports to quickly implement the best design and technological solutions, which may have taken years without COVID-19.

For example, airports are increasingly using biometric technology to identify passengers and not force them to touch different things or interact with people on the premises. The same goes for automatic screening technologies, the introduction of which can significantly speed up the process of queuing, and the new hygiene habits of the passengers themselves, acquired during the pandemic, can help make airports much cleaner in general.

The introduction of innovative technologies has already begun in Ukraine, namely at Boryspil International Airport. In early August 2020 the European Union handed over two stationary temperature screening systems to the State Border Guard Service of Ukraine [5]. The equipment was provided under the project "Support to the European Union in Strengthening Integrated Border Management in Ukraine (EU4IBM)", and this is the second part of COVID-19-related assistance received by the project beneficiaries.

The temperature screening system helps border guards to detect passengers with symptoms of fever, minimally disrupting the normal operation of the airport and reducing the risk of further spread of infection, as it allows instant non-contact temperature measurement of passengers at a distance. It is worth noting that with the onset of the pandemic, Ukrainian airports have introduced the mass use of contactless infrared thermometers and the mandatory wearing of personal protective equipment for the safe and continuous operation of airport services.

Another innovative solution to the spread of the pandemic was the opening of laboratories at airports to take rapid tests on COVID-19. Unfortunately, this service is available only in the largest airports in the country, such as Boryspil International Airport, "Kyiv" International Airport, Kharkiv International Airport, Odessa International Airport and Danylo Halytskyi International Airport Lviv. This testing service is paid and available to all passengers arriving in Ukraine and departing from the country.

Also at Boryspil International Airport, Aerohandling LLC together with the CSD pathomorphology laboratory launched a line of rapid PCR testing of passengers on COVID-19 [6]. The CSD laboratory is included in the list of verified ones that can enter the results of a negative PCR test for COVID-19 into the electronic system of the Center for Public Health of Ukraine. CSD processes all materials at its medical center, located directly next to Terminal B of Boryspil Airport, so passengers can receive tests in just six hours.

An innovative innovation was introduced at Odessa International Airport [7]. This is the installation of a new monitor terminal in the baggage claim area, which displays images from the luggage compartment cameras. Monitors have appeared in both the arrival area of international and domestic flights, and show in real time the process of unloading suitcases on the luggage carousel. This innovation will allow passengers to follow the procedure for receiving luggage and not create crowds while waiting for suitcases. Such a procedure will create conditions for maintaining social distance between passengers and compliance with quarantine regulations to prevent the spread of viruses.

In summary, we can draw the following conclusions. This year the aviation world has changed radically and forced to accelerate the adaptation of aviation companies for their continued existence. The introduction of innovative technologies is the driving force of change to stop the spread of the pandemic in the world.

Ukrainian aviation companies do not stop their activities and try to introduce the latest technologies for passenger safety. Unfortunately, there is no significant state financial assistance for the recovery of the industry, but Ukrainian airports still find ways to implement passenger screening technologies, rapid testing for coronavirus, security standards in airport areas and compliance with all standards to ensure safe passenger service in modern quarantine conditions.

#### **Reference list:**

1. ACI analysis outlines predicted extent of COVID-19 impact on airport industry, InternationalAirport Review. URL: <https://bit.ly/36OewUb>

2. Operational information on the main indicators of the aviation industry, State Aviation Administration of Ukraine. URL: <https://bit.ly/35tSyGz>
3. What results did Ukrainian airports show for 9 months of 2020. URL: <https://bit.ly/2Un02Vg>
4. Laith Abou-Ragheb. How is COVID-19 changing airports. URL: <https://bit.ly/35u4hVj>
5. Boryspil airport installed an automatic system for checking the temperature of passengers. URL: <https://bit.ly/2Un0J0O>
6. CSD investments in opening a laboratory for testing for COVID-19 at Boryspil airport amounted to about UAH 10 million. URL: <https://bit.ly/2UshJCO>
7. At Odessa airport, passengers can now watch the unloading of baggage. URL: <https://bit.ly/2UpmRrr>

**Scientific advisor: Y. V. Shevchenko**, *PhD in Economics,*  
*Associated Professor, National Aviation University*



**V. V. Mudryk**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**Y. V. Shevchenko**

*PhD in Economics, Associated Professor,  
Associated Professor of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **LOGISTICS SUPPLY CHAIN MANAGEMENT OF ENTERPRISE**

Growing customer requirements and needs, progressive globalization and increasing pressure from market rivals are pushing modern businesses to integrate into supply chains. This solution leads to greater specialization as a result of the division of tasks between the individual members of the chain, reduced operating costs, risk sharing, benefits and information related to the actions taken, as well as the integration of actions and effective cooperation in order to better serve the end customer and gain a competitive advantage.

The formation of a market economy in Ukraine, the search for and improvement of new forms of management determine the urgency of the problem of increasing the competitiveness of enterprise products. A significant role in increasing competitiveness is played by the ability to respond quickly to customer needs, which is possible with clear management of supply chains.

Supply chain management is one of the central and important areas of research due to its impact on modern competition between firms in the global economy. To assist managers, the concept of supply chain management has been adopted by many business leaders as an important tool in the development, planning and control of networks of facilities and tasks that are part of many elements of supply chains. Therefore, the analysis of the advantages and adaptation of this concept for modern market conditions in Ukraine is extremely important and promising. Thus, in order to increase the efficiency of the production process, it is necessary to accurately identify possible ways to develop supply chain management in the enterprise.

The supply chain is a set of organizations and activities that are in one way or another associated with the movement and transformation of goods [1, p.600]. The beginning of the supply chain is the raw materials needed to produce the product, and its end is the delivery of the finished product to the consumer. All operations that take place in the supply chain must be accompanied by information flows. There must also be distribution channels in the supply chain, which are suppliers, focus companies, dealer networks and so on.

In today's world, SCM allows to maintain the competitiveness of the organization and increase its advantages, as the rapid development of the market, increased competition, the requirement to improve the quality of customer service, put new challenges for companies. SCM allows to optimize all cost creation processes (from raw material supply to end-customer service).

Supply chain management including the following steps [2, p.316]:

1. Planing.
2. Source (procurement).
3. Make (production).
4. Deliver (delivery).
5. Return.

Supply chain management as a concept has the following goal - to meet consumer demand while reducing logistics costs. Proper and competent application of the concept of Supply chain management determines up to 30% of the company's income, providing an increase in profits and a simultaneous reduction in costs. In addition, the use of SCM can reduce inventory, transaction costs, improve service quality and accuracy in planning demand and supply.

In practice, the organization of the logistics chain, which would ideally take into account all the interests of the parties is a very complex process. The most realistic option for building such a mutually beneficial chain is built for companies that already have long-term relationships and are in a strategic partnership. Prominent examples of strategic partnership are the creation of alliances, to which such alliances

exist in almost all areas of activity. For example, there is an alliance Renault-Nissan-Mitsubishi - the largest alliance in the field of mechanical engineering [3, p.288].

The main economic effects of SCM are presented in table 1.

Table 1.

**Efficiency of supply chain management**

Direction of efficiency increase	Sources of increasing economic efficiency
Increasing the number of orders and increasing stability demand	Improving the accuracy of planning through single information channels, synchronization of business processes, joint demand forecasting, reducing the time to market of new products
Decrease in insurance stocks ("replacement of stocks accurate information")	Improving the quality of operational management by monitoring the entire supply chain, timely detection of deviations and violations in the supply chain
Reduce risks and increase the reliability of plans and supplies	Reduction of marketing and logistics costs due to the elimination of business processes associated with uncertainty in procurement, warehousing and sales
Reduction of overhead and transaction costs	

As practice shows, there is a significant reduction in the economic effects of supply chain management (up to 30% of annual turnover) due to actions such as damage or theft of goods, collapse of transport systems, disruption of financial flows, and lack of coordination in supply chains (demand fluctuations, mismatch of production and procurement volumes, etc.). The current trend of understanding the efficiency of supply chains is the design of such supply chains, which would be characterized by a high level of economic efficiency and the required level of sustainability [4, p. 46–47].

Currently, one of the most popular solutions used to improve efficiency in the supply chain is outsourcing. Its application allows a company involved in the supply chain to transfer responsibility for its own tasks to an external service provider who will be able to implement them more efficiently, faster, with minimal costs.

The tactical advantages of outsourcing are as follows: the firm adheres to the limit of staff units; outsourcing allows you to work on a flexible schedule; significant

savings in office space and associated costs; a guarantee of professional responsibility is provided to the outsourcing company; the outsourcing task can be complicated or simplified according to the current requirements [5, p. 52–53].

The range of outsourcing in the field of supply chain logistics can be narrow, limited by the purchase of some functions, such as transport or warehousing, or wide, which includes complex agreements related to the management of the entire supply chain. Its nature can, in turn, be traditional and relate simply to the contracting of services still performed within the organization, for the same implementation by an external service provider, or innovative, which is to obtain outsourcing of modern logistics management tools that will improve logistical efficiency of the service recipient's functions [6, p.432].

Therefore, SCM is a process of organizing the planning, execution and control of flows of raw materials, work in progress, finished products, as well as providing efficient and fast service by obtaining operational information about the movement of goods. SCM solves the tasks of coordination, planning and management of processes of supply, production, warehousing and delivery of goods and services.

In the context of rapid economic globalization, the effectiveness of the use of known supply chain management tools is significantly reduced due to the mismatch of the results of enterprises - members of the supply chain to customer requirements, and especially generally accepted global standards and practices of responsible business. At the same time, there is a decrease in the level of competitiveness of the enterprise and its profits.

Understanding the need to apply elements of not only rational but also responsible business conduct and rapid response to customer requirements allow us to establish mutually beneficial and long-term cooperation between companies and ensure their own financial stability and dynamic development.

A significant role in increasing competitiveness is played by the ability to respond quickly to consumer needs, which is possible with a clear management of the supply chain. Successful supply chain management requires a number of basic needs: the availability of the necessary logistics infrastructure, the availability of highly

qualified personnel, management support, the presence of a team leader, cooperation in the logistics chain should be formed on partnership.

Logistics supply chain management is a comprehensive and systematic approach that requires the simultaneous consideration and accounting of many supply and marketing operations.

**Reference list:**

1. Ivanov D. A. Supply chain management. St. Petersburg, Polytechnic Publishing House University, 2009.
2. Christopher M. Logistics and supply chain management / under. common ed. V.S. Lukinsky. CP6. Peter, 2004.
3. Bausrsok D. J., Kloss D. J. Logistics. Integrated supply chain. M.: Izd-vo 3AO OLYMPUS BUSINESS, 2001.
4. Nekrasov A. G. Comprehensive security of supply chains. Moscow, PRINT UP, 2008.
5. Chukhray N. I., Girna O. B. Formation of the supply chain: questions of theory and practice: [monograph]. Lviv "Intellect-West", 2007.
6. Gadzhinskiy A.M. Logistics. Thirteenth edition. Reworked. and ext. Mosqua, Dashkov and K, 2006.

**O. I. Nesterov**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **CARGO TRANSPORTATION UNDER CLOSED BORDERS DURING QUARANTINE**

The COVID-19 pandemic has caused enormous damage to the global economy as a whole and to all sectors in particular. The transport and logistics sector was one of the first to face difficulties and felt the damage. First of all, those affected logistics providers, whose business receives a significant share of exports and imports to China and from where the outbreak of COVID-19 began.

“Air freight to China accounts for 38% of our company's total exports. In imports, the figure is 40%”, said Stefan Haltmeier, CEO of Quick Cargo Service in Germany. “Up to 90% of our exports to China are paid for in that country. Due to long unscheduled holidays, many banks are closed and payments from China are delayed. We have to continue to make prepayments because CASS IATA (freight agent billing system) requires us to make advance shipping costs. This also had a negative impact on the cash flow of our company”.

The costs are also borne by the fact that goods are not shipped from China and are hung in warehouses indefinitely – and customers of transport companies are not willing to bear these costs. The other case, the opposite – when there was nothing to transport because the production of the goods had been stopped and when it resumed, the deadline for the recipient was already on fire.

“The biggest problem for us today is that due to the late opening of factories in China, many products need to be delivered to consumers as soon as possible. This is forcing us to change the vector of work, reducing the number of multimodal vehicles in favor of increased aviation”, said Ken Gye, CEO of Fans Trans China.

Moreover, given that many airlines have canceled or reduced the number of flights to China (both passenger and cargo), the total capacity of air transport in this

area has decreased, and there is a mismatch between supply and demand. "causing an increase in routes will drive the Chinese market crazy." According to market participants – members of ACEX, airlines increase fares every two to three days, and the waiting time for shipment can be up to 7 days.

COVID-19 also has a negative effect on navigation. Airlines operating in Asia and Europe have canceled a large number of flights.

“We have to re-order the container transport for later dates, for the current voyage of the sea lanes”, said Kamran Aleskerov, director of Azerbaijan’s AGGL. "Furthermore, there has been a decrease in collaborative activity, delays in obtaining information about various transfer cases from those agents around the world who are forced not to go to work or work remotely due to the virus".

Currently, the economies of most countries are going through a difficult period due to declining foreign trade turnover. At the household level, people are less and less likely to go shopping in public places. This leads to a reduction in sales of goods, and as a result of a reduction in corporate income tax payments, the volume of purchases of goods from abroad is automatically reduced. “Our customers start ordering regular shipments at longer intervals and in most cases in smaller quantities”, says the director.

Many companies in China are already struggling with the wave of crisis: they are closing, going bankrupt, laying off workers and cutting wages. “We expect overall unemployment to reach 6-10% in Hong Kong and 10-15% in China by the middle of the year”, Ken Gye predicts.

Even those countries where COVID-19 was recently discovered have experienced the economic damage associated with it. As of March 11, 2020, only one new case of the disease had been registered in Turkey, but the logistics sector was suffering long before that.

Melis Omon, Business Development Director of Airon Transport and Logistic, Turkey, explains: “The main imports from China are raw materials for Turkey, from which our country produces semi-finished products for export, mainly to Europe. As a result, exports have declined to date due to a shortage of raw materials”.

Many logistics events around the world (more than 400 exhibitions) that were scheduled for 2020 were canceled due to the risk of the virus spreading among participants.

The outbreak of COVID-19 was accompanied by other crisis phenomena in the global economy. The trade war between the United States and China, instability in the Eurozone, sanctions wars, protectionism and other challenges have clearly demonstrated the change and growing inefficiency of globalization in the long run for the existing system [1].

“China has introduced unprecedented measures to suspend industrial production due to its withdrawal. All economies at the beginning of the pandemic underwent a forced test of whether they could survive without China and how to grow during a period of recession. In a sense, there is a transition to regional trade and a forced testing of new concepts and strategies of states”, concluded Miroslav Zolotarev, ACEX Chairman.

To keep the water level up, many logistics providers had to change existing business patterns and use alternatives – and sometimes more expensive options and algorithms.

Logistics is underestimated to change the situation on a global scale. The only way out for the transport sector today is to observe the situation, do everything possible to do business, look for alternative ways and means of work and finally, just quietly wait for the end of the pandemic [2].

#### **Reference list:**

1. Limitation of transportation due to COVID-19. URL: [https://telsgroup.ru/media\\_center/transport\\_news/5074.html](https://telsgroup.ru/media_center/transport_news/5074.html)

2. Logistics during quarantine. URL: <https://seanews.ru/2020/03/19/ru-logistika-na-karantine/>

**Scientific advisor: Y. V. Shevchenko**, PhD in Economics,  
Associated Professor, National Aviation University

3.



**V. O. Sobko, R. A. Bokoch**

*Students of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **ORGANIZATION OF PLACEMENT OF GOODS IN THE WAREHOUSE**

**Actuality of theme.** Warehousing and processing of goods are important components of logistics. The costs of their implementation absorb from 12 to 40% of the company's logistics costs [1-4].

Modern large warehouse is a complex technical structure, which consists of numerous interconnected elements, has a certain structure and performs a number of functions for the conversion of material flows, as well as the accumulation, processing and distribution of goods among consumers.

The transformation of material flows in the warehouse is associated with a change in the parameters of received and issued consignments (by size, composition, physical characteristics of incoming cargo, time of departure of transport consignments, etc.). Existing warehousing systems differ in size and complexity, types of stored products, costs associated with their work, the nature of the random processes occurring in them and the nature of the information received by decision makers.

Product movement management in the warehouse consists of a number performed logistics functions, such as: acceptance of goods from carriers; acceptance of goods for storage: preparation of goods for storage; warehousing of goods: storage of goods; preparation of goods for vacation; preparation of goods for transportation; release of goods to consumers; service services; accounting for the movement of goods. Each function includes certain procedures, and a separate procedure includes the corresponding logistics operations. With end-to-end material flow management in the warehouse, IT provides invaluable assistance, as it allows you to track all processes in the warehouse in real time. A function such as "Accounting for the

movement of goods" is greatly simplified. This function includes procedures: operational accounting and analytical accounting [1-3].

The procedure of "operational accounting" in modern information warehousing systems involves accounting for the receipt of products in the warehouse, the movement of products within the warehouse, the release of products to consumers. Due to the operation of the information system in the warehouse, which includes software and hardware, it becomes possible to determine the presence or absence of goods in the warehouse for individual items at any time. This task is greatly facilitated by the use of product identification technologies: bar coding and radio frequency identification (RFID) [4].

The procedure of "analytical accounting" is to create an information base on the movement of products in the warehouse for quite long planning periods and in the constant replenishment of this database with quantitative indicators in subsequent periods. The basis of modern high-tech warehouse is an automated warehouse management system. The generalized (typical) process of warehousing with the information component (database, product identification, document flow) is presented in the figure. The technology of placement and accounting of goods with the use of specialized software and hardware has the following order. Each storage location in the warehouse has a label with a barcode containing three coordinates: row number, cell number and tier. When accepting cargo, the system reserves storage space for newly arrived pallets and produces a label for newly arrived cargo. The pallet number, product name, quantity, expiration date and batch number are applied to the label.

Technical capabilities of the warehouse information system allow you to produce in the warehouse commissioning. that is, a selection of individual items from different pallets to fulfill customer orders.

Based on the above, we can conclude that the operation of large warehouses (especially class A and A +) is impossible without the use of information technology. Used software allows not only to provide operational accounting of goods, but also to analyze the dynamics of sales to forecast turnover and capacity utilization.

We will describe the process of how the product will be tracked in our program. First there is a need - you need to know where the product is, the program is accessed, enter the product request into the system knowing its number, the run in the system begins on the specified parameters, the program analyzes the request gets the result and displays it on the interface (Fig. 1).

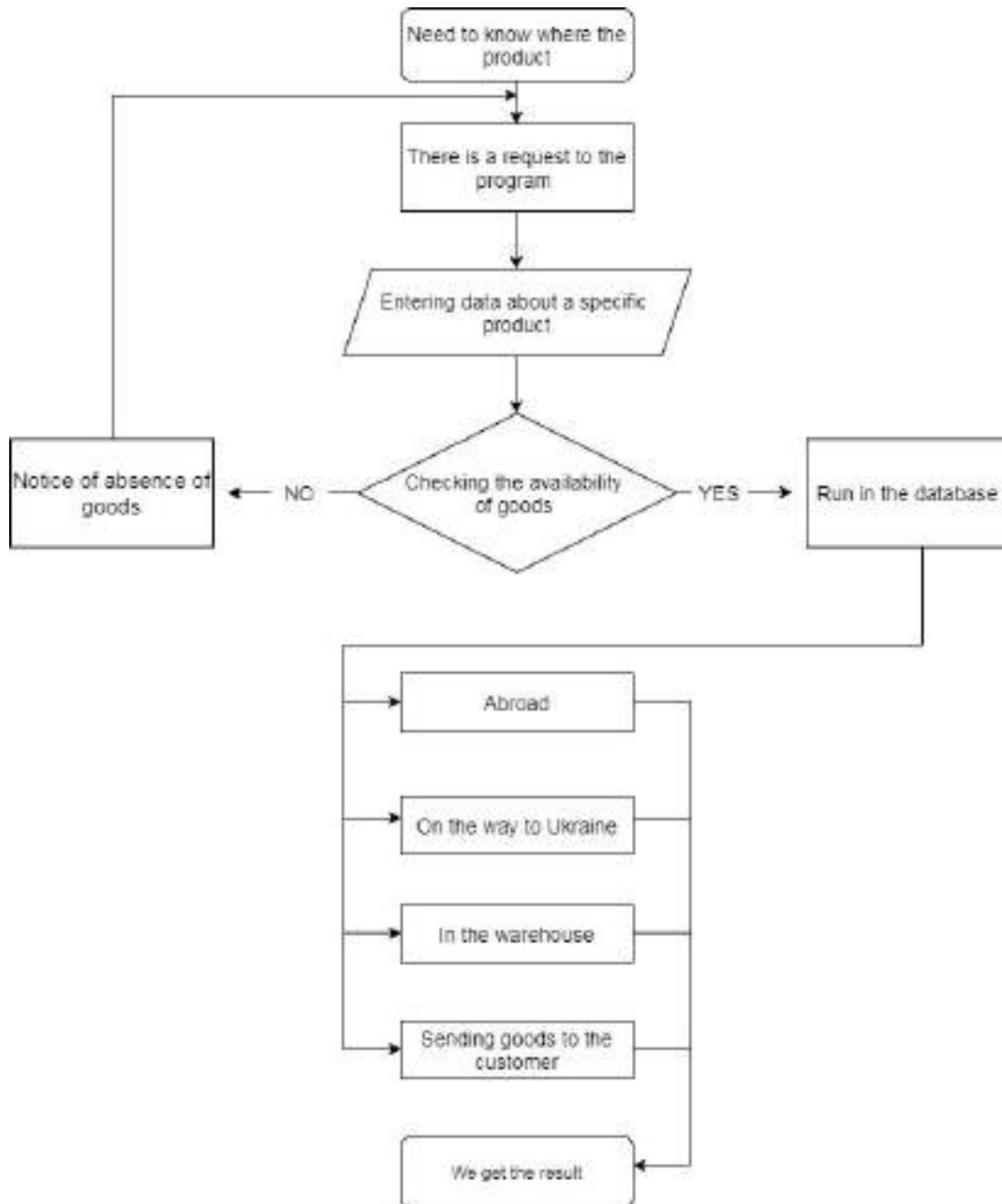


Fig. 1. Block diagram of the algorithm of the automated process of product tracking

A necessary prerequisite for optimal storage of goods is the development of a certain system of their placement by varieties, sizes, places of storage, taking into account the frequency of demand and turnover of inventories. A clear order of placement of goods makes it possible to quickly find the necessary goods when selling them to wholesale buyers, as well as the necessary place to place a new batch of goods. It facilitates accounting, promotes the introduction of automation of warehouse management, facilitates warehousing.

The first stage in the development of the system of placement of goods is the grouping of goods by assortment and homogeneity of storage regimes. This involves the distribution of the entire commodity mass on the basis of mass and dimensions, the time of their sending to the customer.

When placing goods in the warehouse, the following requirements must be met:

- make maximum use of the area and capacity of the warehouse, the carrying capacity of equipment for storage of goods;
- most efficiently place and use storage equipment for the convenience of reloading, updating and checking goods that stored;
- use the means of automation and mechanization to perform loading and unloading and transport and warehousing.

#### **References:**

1. Goldberg D. Genetic Algorithms. MA: Addison Wesley, 1989. 210 p.
2. Hu T. C., Shing M. T. Combinatorial Algorithms : Enlarged Second Edition. N.Y. : Dover Publications, 2012. 368 p.
3. Klibi W., Lasalle F., Martel A., Ichoua S. The Stochastic Multiperiod Location Transportation Problem. *Transportation Science*. 2010. № 44 (2). P. 221–237.
4. Mirotin LB etc. Efficiency of logistics management. Textbook for universities / Under. ed. L.B.

Mirotina. M. : Exam, 2004. 448 p.

**Науковий керівник: Д. О. Шевчук**, д.т.н., професор,  
Національний авіаційний університет

**A. V. Petruk, O. O. Solonska**

*Students of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**ANALYSIS OF THE SUBJECT AREA OF TRANSPORTATION  
MANAGEMENT AND OPTIONS FOR USING THE DECISION SUPPORT  
SYSTEM: ARCHITECTURE OF MULTI-ITEM INVENTORY  
MANAGEMENT SUPPORT SYSTEM.**

**Actuality of theme.** The analysis of the subject area is based on the study of literature sources that address issues related to it, and through interaction with stakeholders. As a result of such analysis the set of basic concepts is allocated, communications between these concepts and rules of their use are defined. An important component of the analysis of the subject area is the technology of structural organization of the selected information. The two most common approaches to such an organization are: the conceptual modeling approach and the ontological approach.

The conceptual model of information contains a set of concepts and connections between them, which describe the specification of the subject area for this task. In the ontological approach, the information is organized in the form of ontologies, which are developed with the expectation of more active and long-term reuse. Ontologies are described using special ontology languages, such as OWL. The approach of conceptual modeling is used in the work [1].

The conceptual scheme of the subject area has the form shown in Fig. 1. The diagram lists the concepts identified during the analysis and the relationship between them [2].

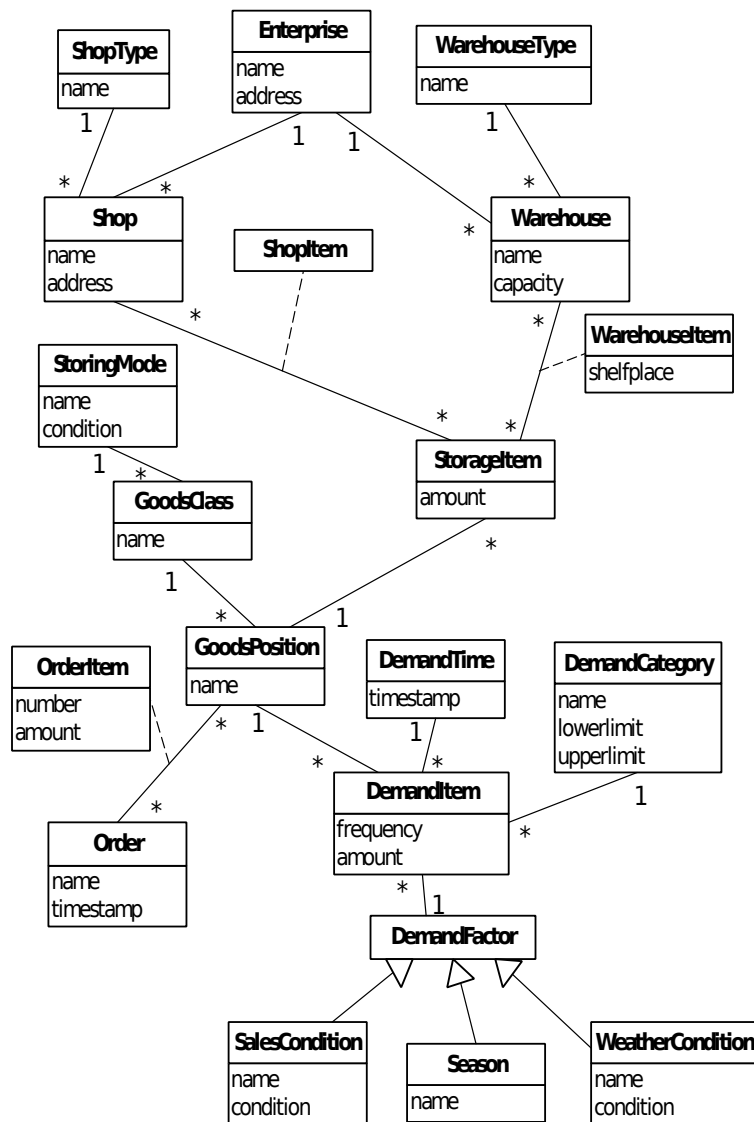


Fig. 1. Conceptual scheme of the subject area of managementmulticomponent stocks

1. Enterprise - the enterprise for which the problem is solved. The characteristics of the enterprise are used as attributes, in particular: name - the name of the enterprise, address - its legal address [3].

2. ShopType - type of trading terminal. Is a classifier for the following concept, highlighting the categories of trading terminals.

3. Shop - a trading terminal owned by a specific company.

4. WarehouseType - type of storage tanks.

5. Warehouse - a storage tank owned by a particular company.

6. StoringMode - storage mode. Is a characteristic of the following concept - categories of goods.

7. GoodsClass - product category (classifier of stored nomenclature).

8. Goods Position - the position of the nomenclature (specific name of the product).

9. Storage Item - a unit of storage of goods. Corresponds to the position of the nomenclature.

10. Warehouse Item - a characteristic of the relationship between the unit of storage of goods and storage (associative concept). Corresponds to the unit of storage of goods in storage, as an attribute is allocated storage space – shelfplace.

11. Order - an order to receive a consignment of goods. Among the attributes of this concept are the name of the product - timestamp, which determines the time of the order.

12. Order Item - order position (associative concept - a characteristic of the relationship between the order and the position of the nomenclature), is characterized by the following attributes: number - serial number in the order list, amount - the ordered volume.

13. Demand Time - time to collect information about demand.

14. Demand Category - a category of demand (from extremely low to excitement), each such category is characterized by lower and upper limits of the frequency range.

15. Weather Condition - weather conditions.

16. Season - what time of year.

17. Sales Condition - trading condition (discount, sale, etc.).

18. Demand Factor - a factor that affects demand. Represents a generalization of the three previous concepts.

19. Demand Item - a unit for collecting information about demand. It is characterized by connections with the position of the nomenclature, time of information collection, demand category and influencing factor. As attributes it is



possible to allocate frequency - frequency of hit of demand in a range of a category and amount - the fixed size of demand [4].

When choosing an architectural style for a support system for multi-item inventory management, the following alternatives were considered: monolithic architecture, layer-by-layer component architecture and service-oriented architecture.

1. Monolithic architecture. This architectural style defines the implementation of the system as a whole without a breakdown into logical parts. There are no restrictions on the relationship between the components. The use of such an architecture is appropriate only if the system is small, its development is not planned, the resulting solutions are not expected to be reused. Currently, such architecture is largely outdated.

2. Layered component architecture. In this case, the system is designed as a set of software components located on several logical levels so that the components of the lower levels do not depend on the implementation of the components located above, and never refer to them. As a result, the choice of such an architecture allows to achieve independence between the individual layers of the system. A three-tier component architecture is usually considered, in which the following levels are distinguished: level of data access, level of business logic and level of representation.

Components of the level of access to data are responsible for the peculiarities of access to information external to the system; components of the level of business logic are responsible for the implementation of the basic functionality of the system; the components of the presentation level are responsible for the implementation of interactive interaction with users. Data access layer components should not refer to business logic layer components, and access from data access layer and business logic layer components to representation layer components is prohibited.

3. Service-oriented architecture. In this case, the system is presented to its users as a set of external services, each of which is provided with independent access. Such services do not have a user interface, for the organization of end-user access it is necessary to implement the appropriate software separately. In most cases, this

architecture is designed to develop software designed to create an infrastructure within which it is possible to develop specific software solutions.

In the course of this work, it was decided to focus on the layered component architecture as the architectural style chosen for the implementation of the system. This choice was dictated by the following factors: the presence of several actors with possible simultaneous access to the system, the need to separate the external interface of the system from its internal representation, the possibility of future reuse of business logic in combination with alternative implementations, no need to allocate some functionality systems for use in other systems [5].

According to the chosen architecture, the multi-item inventory management support system consists of a set of components, each of which is accessible through a specific interface. The components are located at the following levels: data access level, business logic level, and presentation level. The description of the components of the business logic level is given below. In this paper, we will not describe the components of the level of representation and level of access to data, because the implementation of these components depends on the specifics of the chosen architectural style (model-representation-controller architecture) and is not related to the subject area.

#### **References:**

1. Mirotin L. B. etc. Efficiency of logistics management. Textbook for universities / Under. ed. L.B. Mirotina. M.: Exam, 2004. 448 p.
2. Economics, organization and planning of logistics and sales. M.: Economics, 1980. 367p.
3. Yashchenko R. A. Scientific organization of labor in the management of logistics: Economics, 1977. 128 p.
4. Melnik M. M. Economic and mathematical methods and models in planning and management of logistics, 2001. 208 p.
5. Kendall M., Stewart A. Distribution theory: Science, 1966. 587 p.

**O. A. Shevchenko**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF MAINTENANCE IN AIRCRAFT

During the entire period of the aircraft's life, the appearance of irregularities caused by the action of various factors is possible. The accumulation of quantitative changes (malfunctioning) could lead to a qualitative change - failure, i.e. sometimes to a person who is in a shelf or to a loss of the ability to perform these functions. Gender intensity of failure is understood as the ratio of the number of failures of the same type of technical devices per unit of time to the average number of properly working devices during the considered time [1].

The failure rate is calculated using the formula:

$$\lambda = \frac{\Delta n_i}{N_i * \Delta t_i} \quad (1)$$

where  $\Delta n_i$  - number of refusals per time;

$N_i$  - the number of well-functioning devices for the same time.

The dependence of the failure rate on time is shown on the fig.1.

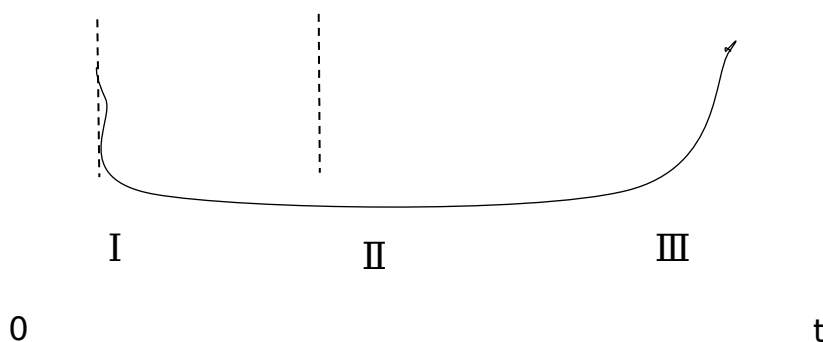


Fig.1. The dependence of the failure rate on time.

I - section for detecting failures for production reasons (shortcomings of assembly, adjustment);

II - section for detecting failures during the period of eco-production (untimely and poor quality of maintenance, violation of operating rules, climatic conditions, insufficient qualifications). The number of failures during this period can be reduced by improving the organization of technical exploitation;

III - area typical for massive wear and aging of the structure. Operation ceases, repairs required.

The properties inherent in the design of a machine (product) are largely determined by reliability.

Reliability is the property of a product to perform specified functions, keeping in time the values of the established operational indicators within the specified limits, corresponding to the specified modes and conditions of use, maintenance, repairs, storage and transportation [2].

It is not always economically expedient to create technical devices with a high degree of reliability. It becomes necessary to control the technical condition in the process of exploitation, carry out preventive maintenance [10]. To restore the operational properties, it is advisable to carry out work in advance, without waiting for the exit from the system (element) of the aircraft. Such restoration is called preventive, and since it is planned, it is called a planned preventive system. A well-founded preventive maintenance system not only increases labor productivity, reduces maintenance costs, but also reduces the number of flight accidents by maintaining the reliability specified in the design [3].

The probability of failure-free operation of the system (elements) of the aircraft  $P_0$  decreases with time (Fig. 2, curve I). During periods  $T_n, 2T_n, 3T_n$ - periods of prevention, as a result of introducing and replacing weakened elements, monitoring and adjusting, the probability of failure-free operation in the worst case rises to the initial values (Fig. 2, curve 2).

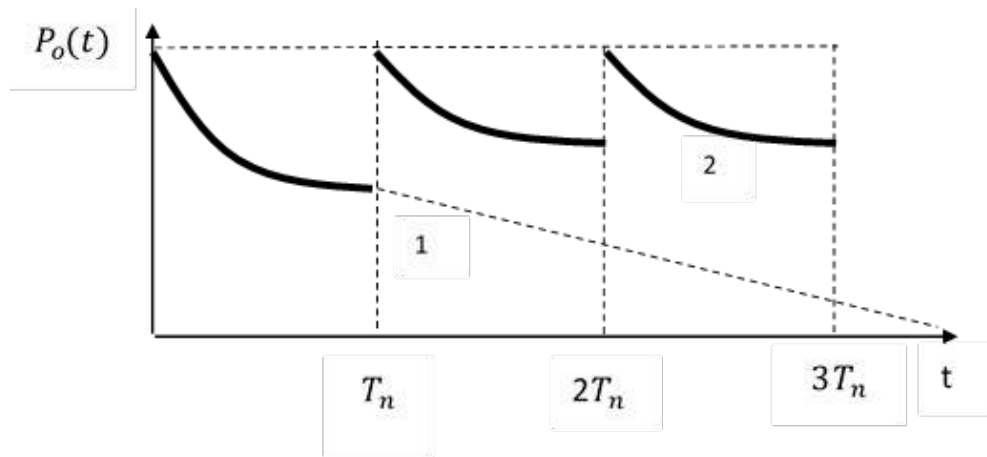


Fig.2. Change in probability of uptime over time: 1 - without preventive maintenance; 2 - with preventive maintenance.

### Types of aircraft maintenance

All types of preventive maintenance are planned and preventive.

With a routine system, maintenance is performed after a certain resource has been used up.

The maintenance schedule is the main document that determines the volume and frequency of work performed on the airframe, power plants and special equipment. The regulations provide for the implementation of operational and periodic forms of maintenance on aircraft [4].

Operational, maintenance includes forms A and B, and for some types of aircraft and form C.

Form A is performed after each aircraft landing, if a more complex form of service is not required, and before departure.

Form B is performed at the base airport once every 7-10 days, if the aircraft does not need to perform periodic maintenance according to the flight hours.

Form C is performed before the aircraft takes off, if the planned flight did not take place and the idle time exceeded the time specified in the regulations.

The main purpose of the operational maintenance is to eliminate the failures and malfunctions that have arisen and to prepare the aircraft for departure [4].

Periodic aircraft maintenance is performed after a certain amount of flight hours [9]. For the majority of aircraft with gas turbine engines, the regulations provide for the following forms of maintenance:

- ✓ Form I - every 250-50 hours of flight time;
- ✓ Form 2 - every 750-150 hours of: flight time;
- ✓ Form 3 - every I500 3,300 hours of plaque.

Some types of aircraft have different maintenance intervals.

The main purpose of periodic maintenance is to identify and eliminate failures and malfunctions of systems (units) and to carry out preventive measures; lubrication of hinge joints, cleaning from dirt and corrosion, replacement of units that have exhausted their resource, etc.

Within the terms established by the orders of the MGA, in large aviation technical bases (ATB) or at repair enterprises such preventive maintenance is carried out, in which the entire aircraft is maintained and individual its parts [8]. In addition to operational and periodic maintenance, the regulations provide for: maintenance during storage; seasonal types of maintenance performed during the preparation of the aircraft for autumn-winter or spring-summer operation [5].

Depending on the scope of work, ATBs are divided into five groups (Table 1).

Table 1.

ATB group	Annual volume of work in reduced units	Operating facility class
1	More than 60000	1
2	30000-60000	1-2
3	15000-30000	2-3
4	10000-15000	3-4
5	5000-10000	4

The main work on the types of aircraft maintenance

Only a serviceable aircraft that meets the technical requirements is allowed to fly: it is completed and has an additional service life; routine maintenance was performed, malfunctions were eliminated: refueling was performed with fuels and lubricants, special liquids and gases; examined by an engineer; accepted by the team; the necessary technical documentation has been drawn up.

The sequence, methods, technical conditions and labor costs of performing operations are due to technological instructions for performing routine maintenance [6].

The technological process of operational maintenance of an aircraft provides for preliminary inspection and maintenance work, and parking support [8].

Preliminary works include:

- parking the aircraft, checking grounding;
- installation of thrust pads under the wheels of the chassis and plugs in air intakes engines;
- receiving information from the team about the work of aviation equipment.

Inspection and maintenance work include:

- inspection of the airframe, power plants, chassis, cabins, etc.,
- data processing of on-board automatic control systems (ACS); refueling with fuel, refueling with oil, special fluids and gas;
- cleaning of office cabins, luggage rooms, treatment of bathrooms;
- trouble-shooting;
- performance of routine maintenance.

The parking works include:

- acceptance of the aircraft from equipment, installation of plugs;
- drainage of water and waste, flushing of toilet equipment;
- at low ambient temperatures, drainage of oil from the oil system;
- checking the installation of the engine control levers in the rearmost position, closing the cranes and landing gear lift and release buttons with safety caps, locking the steering wheels and ailerons;
- closing and sealing of the aircraft;
- aircraft cover.

The technical process of periodic maintenance includes preliminary, main and final work.

Preliminary work almost coincides with work on parking for operational types of maintenance plus aircraft washing [9]. The main works include:

- provision of technological equipment;
- complete set for this type of equipment with the necessary parts and assemblies;
- automated control, defect detection and performance of works on technical maintenance of units and systems of an aircraft (airframe, power plants, fuel system, landing gear and hydro-gas system, aircraft control, high-altitude and domestic equipment, radio and radar equipment, electrical equipment, instrumentation equipment, automatic devices;
- testing power plants and checking the operation of the systems.

Final works include: refueling of fuel and lubricants with special liquids and gases; locking of rudders and ailerons; cleaning of the working place; closing, sealing and covering (if necessary); handing over the aircraft to the VOKhR guard or to the parking attendant [7].

A complete list of required maintenance work is described in the maintenance schedule for each type of aircraft [10].

#### **References:**

1. Nesvitsky Y. I. Technical maintenance of vehicles. Ed. 2nd. Kiev, "Vida School", 1971.
2. Kramarenko G. V. Technical education of cars. m, "Transport", 1972.
3. Rusinov I. Ya. Mechanization of ground air blowing. nyh perevovok, M., "Transport", 1971.
4. Egorychev V. A. and other units for technical maintenance of aircraft and helicopters. M., "Transport", 1973.
5. Technical operation of aircraft. Edited by A. I. Putacheva. I., "Transport", 1976.
6. Reference book on reliability, T. I, P, Sh. M., "Iir", 1970.
7. Alexeev B. A. Safety of driving of automobile transport. Ed. DOSAAF, M., 1972.
8. Parkhomenko G. P. Fundamentals of technical diagnostics. m., "Energy", 1976.
9. Shronikov L. V., Bolnin A. P. Paul V. I. Diagnostics of the toxic state of use of automobiles at road transport enterprises - 4., "Transport", 1977.
10. Kelbsky B. V., Tsirsky T. M. Technical exploitation of dorgk maps, Spravochnyuk inia nera-mechanics. M., "Transport", 1975.



**O. O. Solonska, A. V. Petruk**  
*Students of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PRINCIPLES OF CONSTRUCTION  
OF THE EXISTING AND THE PROPOSED AUTOMATED MANAGEMENT  
SYSTEM OF MATERIAL RESOURCES OF A TYPICAL FREIGHT  
FORWARDING COMPANY**

**Actuality of theme.** Inventories are the most expensive elements of logistics systems (LS), because they require significant costs for their maintenance and replenishment. Therefore, the constant development of logistics systems of a typical transport enterprise, in particular, systems of automated management of inventories of material resources (MR), is an urgent task [1].

Virtually all existing types of computerized decision support systems (DSS) of the logistician are characterized by a clear structure, which contains three main components: the user interface subsystem; database management subsystem and model database management subsystem.

These three subsystems form the basis of the classical structure of the ASM MR, due to which the latter differ from other types of information systems. Recently, with the development of the global Internet, corporate and inter-organizational networks, it is proposed to add new subsystems to the existing system: message management system - MMS, as well as the subsystem of intelligent DSS logistics transport company (Fig. 2). Model components include: model management, optimization models, simulation models, quantitative and qualitative models. Communication components: ASM MR architecture, networks, Web-server, protocols. User interface components: dialog, menus, diagrams, graphics [2].

The feature of the developed ASM MR are:

*Interactivity* ASM MR means that the system responds to various actions by which the operator intends to influence the computational process, in particular, in

the dialog mode. The operator and the ASM MR exchange information at a rate comparable to the speed of information processing by the operator [3].

*Integration* ASM MR is the compatibility of the components of the system for data management and means of communication with users in the decision support process.

*Accessibility* ASM MR is the ability to provide responses to user requests in the right form and at the right time.

*Flexibility* ASM MR characterizes the ability of the system to adapt to changing needs and situations.

*Reliability* ASM MR means the ability of the system to perform the desired functions for a given long period.

*Robustness* (robustness) ASM MR is the ability of the system to recover in the event of erroneous situations of both external and internal origin.

*Controllability* ASM MR means that the user can control the actions of the system, interfering in the solution of the problem.

Developed ASM MR has the following features and properties:

1. ASM MR provides assistance to the head in the decision-making process. The human mind and the information generated by the computer are one for decision making.

2. ASM MR supports and strengthens (but does not replace or cancel) the reasoning and evaluation of the head. The control remains with the operator. The user "feels comfortable" using the system, thanks to a user-friendly interface, and is not afraid to work with it.

3. ASM MR increases the efficiency of decisions (not just the productivity of the operator). In contrast to administrative information systems, in which the emphasis is on the maximum productivity of the analytical process, in the ACS MR is much more important the efficiency of the decision-making process and the decisions themselves.

4. ASM MR integrates models and analytical methods with standard data access and data sampling. One or more models (mathematical, statistical, simulation,

quantitative, qualitative or combined) are activated to assist in decision-making. The contents of databases and data warehouses cover the history of current and previous operations, as well as internal information and information about the environment.

5. ASM MR is easy to use even for people who have not gained significant experience in communicating with computers. The systems are "user-friendly", require virtually no in-depth computer knowledge, and provide easy system navigation, dialog documentation, built-in learning tools, and other attributes of software interface systems.

6. ASM MR is built on the principle of interactive problem solving. The user has the opportunity to maintain a dialogue with the ASM MR in a continuous mode, rather than limited to entering individual commands and then waiting for the results.

7. ASM MR is focused on flexibility and adaptability to adapt to changes in the environment or in approaches to solving problems chosen by the user. The manager must adapt to changing conditions himself and prepare the system accordingly. The evolution and adaptation of a system must be combined with its life cycle.

It is proposed to supplement this characteristic of the ASM MR with new opportunities due to "intellectualization", in particular:

1. ASM MR includes a knowledge module that describes some aspects of the worldview of decision makers, describes how to complete different tasks, indicates which conclusions are valid in different circumstances.

2. ASM MR has the ability to acquire and maintain descriptive knowledge (record keeping, registration) and other types of knowledge (storage of procedures, rules).

3. ASM MR has the ability to present knowledge in this case in different ways, as well as in standardized reports.

4. ASM MR is able to select any desired part of the stored knowledge for the presentation or acquisition of new knowledge by means of recognition and / or problem solving.

Developed software implemented tools of the ASM operator with MR stocks in the logistics system [4]. They contain a mathematical model of inventory management in this system, the basis of mathematical software, which is an ASM inventory MR.

#### **References:**

1. Golushko I. M., Varlamov I. V. Basics of modeling and control automation. M.: V.I., 1982. 237 p.
2. Dietrich M. Warehouse logistics. New ways of system planning. M.: KIA-center, 2004. 180 p.
3. Volgin V. V. Warehouse: organization, management, logistics. M.: Dashkov and K, 2004. 245 p.
4. Gadzhinsky A. Loading and unloading operations at the warehouse. *Warehouse technologies*. 2005. № 1. URL: [www.skladpro.ru/](http://www.skladpro.ru/).

**K. A. Turchyna**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **MODELSTHAT TAKE INTOACCOUNT THE MAINFACTORS OF FORECASTINGIN AIR TRANSPORT**

In long-term forecasting, it is necessary to take into account the nature of the factors that determine the quantity-demand. Where it is necessary to carry out a complete analysis of demand, the forecasting methodology should include the following steps:

- examining trends in the past;
- identification of external factors that act as substitutes for the main factors, causing changes in the level of demand for air travel;
- collection of initial data characterizing the socio-economic situation of the population, the nature of the area and its development;
- establishing a form of relationship between expected variables and levels of demand for air transportation, including changes in these levels;
- forecasting expected levels of external factors in the project year;
- forecasting the future levels of demand for transportation at the established levels of external factors [1].

*Market analysis.* In market analysis, it is usually assumed that the share of air travel among other modes of transport is constant over time. The total aggregate national demand for transport transport remains for a given period, straightforwardly determined using the trend forecasting method or the cross-classification method (categorization method). In short-term forecasting, the assumption that the total market share is constant can be considered quite reasonable. However, as economic

demographic conditions change, the analyst may be less optimistic about the accuracy of this assumption [2].

*Regression analysis.* In the case of applying the method of regression analysis to air transport, a statistical relationship is established between the growth rate of the generation of air flights (dependent variable) and a number of predicted independent variables. Regression analysis is usually performed using raw data characterizing the generation of air flights and statistics on demand levels and their changes depending on the socio-economic data of the area and the physical characteristics of the general air-ground transport system at the point of origin and destination. By applying correlation analysis, factor analysis, or other multivariate statistical methods, the appropriate variable values are selected that best suit the simulation of air flight generation. Regression models can then be built to describe the relationship between the dependent and independent variables. These models are used to predict the generations of air flights in the future.

Usually the mathematical model is written in the following form:

$$T = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n \quad (1)$$

where T - the predicted number of generated air flights (response function);  $a_0, \dots, a_n$  - regression coefficients;  $X_1, \dots, X_n$  - are independent variables or factors influencing the investigated response function.

Models of this kind are suitable for forecasting both on a local and national scale. When determining the volume of transport traffic, it is generally accepted to take into account the following factors most often: population size, financial situation, occupation and the convenience of passengers entering the airport.

As an example, below is a mathematical model for predicting the total number of flight (trip) generations at an airport, developed in the state of Virginia:

$$\ln \frac{E_i}{P_i} = 10,8 - 0,172 F_i + 1,41 \ln I_i \quad (2)$$

where  $E_i$  - is the expected number of passengers carried in  $i$ -m airport;  $P_i$  - is the population size in the  $i$ -th district;  $F_i$  - the average cost of a flight per 1 mile in the USA;  $I_i$  - profit per capita in the  $i$ -th region.

Air traffic volume elasticity:

$$dA/A = \sum_{i=1}^n k_i dF_i / F_i \quad (3)$$

where  $A$  - air traffic volume;  $d$  - increase in the volume of air traffic;  $k_i$  - where the coefficient of elasticity of the volume of air transportation from the  $i$ -th factor;  $F_i$  - quantitative characteristic of the  $i$ -th factor;  $dF_i$  - is the increment of the factor attribute.

The coefficient of elasticity of the volume of air transportation is calculated:

$$k_i = \frac{dA}{A} / \frac{dF_i}{F_i} \quad (4)$$

where  $F_i$  - is the increase in the average income of the population.

Flight distribution models between a specific pair of airports. The most widely used in solving such a transport problem is the weight model. The use of the weighted model makes it possible to determine the number of trips between a pair of flights, which makes it possible to predict the exchange of the size of their specific cities (attractiveness), taking into account such constraining factors as the cost of matching the attractiveness of travel, time [3].

By the beginning of 1943 the legitimacy of using a weight model to predict the exchange of air flights between cities was proved.

The model was as follows:

$$T_{ij} = \frac{k P_i P_j}{d_{ij}^x} \quad (5)$$

where  $T_{ij}$  - is the number of passengers traveling by air between cities  $i$  and  $j$ ;  $k$  - is the proportionality factor;  $P_i$  - is the population of the city of departure;  $P_j$ , population of the destination city;  $d_{ij}$  - is the distance between cities  $i$  and  $j$ ;  $x$  - is a constant coefficient.

It was found that the value of  $x$  changes from 1.3 to 1.8 if the distance between cities is taken as the factor constraining travel. Other forms of models have also been developed for the case when other parameters, rather than distance, are taken as a constraining factor.

When used as a deterrent to the cost of the flight, the following model was obtained:

$$T_{ij} = \frac{kT_i T_j}{c^{\frac{x}{y}}} \quad (6)$$

where  $T_i$  – is the total number of air flights generated in the  $i$ -th city;

$k$  - proportionality factor;

$T_j$  - is the total number of air flights generated in the  $j$ -th city;

$C_{ij}$  is the cost of a flight between cities  $i$  and  $j$ ;

$x$  - is a constant coefficient.

In a statewide study of airline air travel, it was found that this model can only be used when the distance between city pairs is less than 1,280 km. At long distances between cities, the volume of traffic does not depend on the cost of the travel distance, but depends only on the level of travel generation at each node. For air flights over long distances, the shape of the model may look like

$$T_{ij} = k(T_i - T_j)^p \quad (7)$$

where  $p$  - is a constant parameter.

A modified form of the weight model was developed by the British Airports Authority for the Western European Airports Association:

$$Y_{it} = a_i (F_{it})^{\alpha_i} (I_{it})^{\beta_i} (1 + \gamma_i)^{t-1} \quad (8)$$

where  $Y_{it}$  - is the number of air flights of the  $i$ -th category performed in the  $t$ -th year;  $B_i$  is the category of the flight, set taking into account the purpose of the flight (business or vacation), place of residence of the passenger (resident of Europe or not) and flight range (near or far);  $a$  - is the regression parameter;  $F$  - is the real cost of tickets in the  $t$ -th year;  $I$  - is the real profit in the 1-th year;  $\gamma$  - is the autonomous trend;  $\alpha$  - coefficient of elasticity of demand, taking into account changes in the cost of travel;  $\beta$  - coefficient of elasticity of demand, taking into account changes in profits.

The coefficient of elasticity shows the ratio of the change in percentage of one feature (air travel) with a 1% change in another feature (income of the population).



According to the coefficient of elasticity, one can determine the possible change in the volume of traffic in the billing period according to the dynamics of income [4].

The coefficient of elasticity varies from time to time, therefore We need to use this model with caution in forward-looking forecasting, especially when economic conditions (e.g. tariffs) change. Determination of the coefficient of elasticity associated with the processing of a large amount of statistical information, which, as a rule, does not reflect the actual demand for air transportation. Therefore, the forecast results will have an error, the degree of which is difficult to quantify due to the lack of data on dissatisfied demand.

#### **References:**

1. Sokolov A. Y., Sokolov Y. N., Ilushko V. M. and other. Design of control systems (MATLAB / Simulink / Control System). KHAI. Kharkiv, 2005. 590 p.
2. Rothstein O. P., Shtovba S. D. Design of fuzzy knowledge bases: Laboratory workshop. VSTU. Vinnytsia, 2013. 64 p.
3. Fuzzy sets and theory of possibilities achievements. Radio and communication: Per. with English / Ed. R. R. Jager. Moscow, 1986. 408 p.
4. Rothstein A. P. Intelligent identification technologies: fuzzy sets, genetic algorithms, neural networks. UNIVERSUM. Vinnytsia. Vinnytsia, 1999. 320 p.

**V. O. Tychonova**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of the Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## STATEMENT OF THE PROBLEM OF OPTIMIZATION OF PRODUCTION MANAGEMENT IN CASE OF ACCUMULATION OF DELAYED AIRCRAFT

It should be noted, when adopting the economic criterion, the task of determining the absolute amount of costs is not set. The only interesting thing is the change in costs while changing the delayed aircraft queue management parameters. Thus, when solving the problem, it is sufficient to know the relative values, which makes it possible to avoid taking into account only the most significant factors in operational management [1]. Taking into account these circumstances, the mathematical formulation of the problem of determining the optimal release queue for delayed flights with a cluster of aircraft takes the following form:

there is a set of delayed flights

$$M = \{S_1, \dots, S_i, \dots, S_m\} \quad (1)$$

it is necessary to minimize the objective function

$$\sum_{i=1}^m U_1(m, z_1) \rightarrow \min \quad (2)$$

under the restrictions

$$\begin{cases} \tau_i \geq \tau_{normal} \\ Q_j \leq Q_{normal} \end{cases} \quad (3)$$

$$t_{fl.s} = t_{sc.s} \quad \forall S \in M \quad (4)$$

$$\begin{cases} t_{fli} \leq t_{cli} - t_{fi}, \\ t_{fli} < t_{tri} - t_{fi}, \\ t_{fli} \geq t_{opi} - t_{fi}, \end{cases} \quad (5)$$

where  $z_i$  - delay of the i-flight,  $z_i = t_{fi} - t_{sci}$ ;

$t_{fi}$ - flight time on the i-route;

$t_{cli}$ - closing time of the i-destination airport;

$t_{fli}$  - actual departure time of the aircraft;

$t_{sci}$ - scheduled departure time of the aircraft;

$U_i(z_i)$ - costs due to delays  $z_i$  i-flight;

$m$  - total number of delayed flights at the time of opening of the airport;

$\tau_{normal}$  - standard time of pre-flight service;

$\tau_i$ -actual time of pre-flight service of the i-flight;

$Q_{normal}$  -standard capacity of this airport;

$Q_j$ - airport capacity at any of the j-moments of release of delayed flights;

$t_{tri}$ -end of working hours of the transit and "foreign" aircraftcrews;

$t_{opi}$ - opening time of the i-destination airport.

Inequality (3) reflects the safety requirements, equation (4) - the requirement of regular release of flights [2] that have not been delayed yet, the system (5) allows you to take into account the restrictions imposed by the situation at the destination airports and the flight time standards of the crews.

To predict future losses, you must have analytical dependence of costs by length of delay, since each service queue and production of the aircraft has its own delay [3].

To obtain the dependence of costs on the duration of the delay, it is necessary to analyze the terms of the costs for the delay of each flight.

The most significant components of cost are:

-cost of downtime of the aircraft;

-the cost of compensation to passengers;

-refund of tickets;

- loss of the operator due to the subsequent late return of the aircraft caused by the delay in departure.

The cost of  $U_{ci}$  downtime of the aircraft which is scheduled for the i-flight can be determined by the formula:

$$U_{ci} = C_{ci} Z_{ci}, \quad (6)$$

where  $C_{ci}$  - is the cost of the unit of downtime of the aircraft of this type on which the flight is performed [4].

Loss of time for passengers on the i-flight:

$$U_i = C_n N_{ci} \quad (7)$$

where  $C_n$  - is the average cost of compensation for moral damage to passengers per unit of downtime. In performed work [100], it is proposed to take the  $C_n$  which equals to 0.5 c.u./person per hour.  $N_i$  - the number of passengers in i-flight.

Losses caused by ticket refunds:

$$U_{wi} = \begin{cases} 0, & z_i < z_{0i}, \\ C_{wi} N_i k_{oi} (z_i - z_{0i}), & z_i > z_{0i}, \end{cases} \quad (8)$$

where  $U_{wi}$  - is the ticket price for the i-flight;

$k_{oi}$  - is the coefficient that characterizes the intensity of ticket delivery, its value is due to the length of the air route, the presence and frequency of movement of competing modes of transport to the destination;

$z_{0i}$  - the initial period of time during which there is no refund of tickets when a flight is delayed.

The values  $k_{oi}$  and  $z_{0i}$  can be determined by accumulating and processing data on the time of delivery of tickets for a particular flight or by an expert survey by the relevant airport specialists [5].

The amount of economic losses due to the subsequent late return of the aircraft is advisable to calculate only for those aircraft that will once again be involved in the current SPP.

It can be decomposed into two components:

- compensation for moral damage to passengers of the subsequent flight of this aircraft ;
- refund of tickets to these passengers.

In this case, the formula for determining losses from a late return of the aircraft takes the form:

$$U_{nwi} = \begin{cases} C_i N_i' z_i', & z_i' < z_{0i}', \\ C_n N_i' z_i' + C_{wi} N_i' k_{0i}' (z_i - z_{0i}), & z_i' > z_{0i}', \end{cases} \quad (9)$$

Where  $N_i'$ ,  $z_i'$ ,  $z_{0i}'$ ,  $C_{wi}$ ,  $k_{0i}'$  - are the corresponding parameters of the subsequent flight for this aircraft.

Initially, the hypothesis was accepted that the delay in the release of a flight leads to an increase in the duration of its stay at the release airport [6]. In this regard, the average length of aircraft stay ( $\theta$ ) at the destination airport upon arrival the delay we can imagine:

$$\theta = A(S) Z_n + B(S), \quad (10)$$

where  $B(S)$  - the average duration of the training aircraft at arrival without delay;

$A(S)$ -coefficient of increase of the length of training;

$Z_n$  - delay in arrival to the airport;

$S$  - duration of the stay of aircraft at the airport of destination according to schedule.

Processing of statistical data on the service time of aircraft that arrived late using the least squares method allowed us to obtain an equation of the form:

at  $S=70 \text{ min.}$   $\theta=0.0066 Z_n+78.6 \text{ (min);}$

at  $S=75 \text{ min.}$   $\theta=0.0045 Z_n+86.1 \text{ (min);}$

at  $S=80 \text{ min.}$   $\theta=0.0046 Z_n+83.4 \text{ (min).}$

The coefficient of increase in the average duration of aircraft training, depending on  $S-A(S)$ , has a very small value. Taking into account the values of time allowances for departure, it can be concluded that the duration of the flight that started with a delay will be almost equal to the duration of the flight performed according to the schedule.

In this case, the mathematical expectation of the delay of the next scheduled flight will be equal to:

$$z_i' = \begin{cases} z_i - T_{pl}, & z_i > T_{pl}, \\ 0, & z_i < T_{pl} \end{cases}, \quad (11)$$

where  $T_{pl}$ - is the planned downtime of this basic aircraft between the performed and subsequent flight, according to the flight connection schedule.

Substituting (11) in (9), we get:

$$U_{nwi} = \begin{cases} 0, z_i > T_{pl}, \\ C_{ci} N_i'(z_i - T_{pl}), z_i > T_{pl}, z_i - T_{pl} \leq z_{0i} \\ C_{ci} N_i'(z_i - T_{pl}) + C_{wi} N_i' k_{0i}'(z_i - T_{pl} - z_{0i}'), z_i > T_{pl}, z_i - T_{pl} > z_{0i} \end{cases} \quad (12)$$

In this case, the total losses for the base aircraft will be equal to:

$$U_i = \begin{cases} U_{ci} + U_{ci}', z_i \leq z_{0i}, z_i \leq T_{pl}, z_i - T_{pl} \leq z_{0i}' \\ U_{ci} + U_{ci}' + U_{wi}, z_i > z_{0i}, z_i \leq T_{pl}, z_i - T_{pl} \leq z_{0i}' \\ U_{ci} + U_{ci}' + U_{wi} + U_{nwi}, z_i > z_{0i}, z_i > T_{pl}, z_i - T_{pl} \leq z_{0i}' \\ U_{ci} + U_{ci}' + U_{wi} + U_{nwi}, z_i > z_{0i}, z_i > T_{pl}, z_i - T_{pl} > z_{0i}' \end{cases} \quad (13)$$

To determine the order of release of delayed flights, it is necessary to proceed from minimizing the total losses from delays in the service queue.

The calculation of total  $U_{0i}$  losses for the i-flight must be carried out from the moment of departure, since the company bears losses even when the airport is closed, and this phenomenon cannot be ignored [7].

If graphically represent the economic losses of  $U_{nwi}$ , as a function of time delay (Fig. 1.1), we obtain a polyline with three points bending at  $z_i = z_{0i}, z_i = T_{pl}, z_i - T_{pl} = z_{0i}'$ . First bending due to commencement of delivery of tickets by passengers, the second delay subsequent scheduled docking flight in result of a late return to base; the latter curve is due to the surrender of tickets by passengers subsequent flight. As shown in figure 1., each flight will have its own polyline curve.

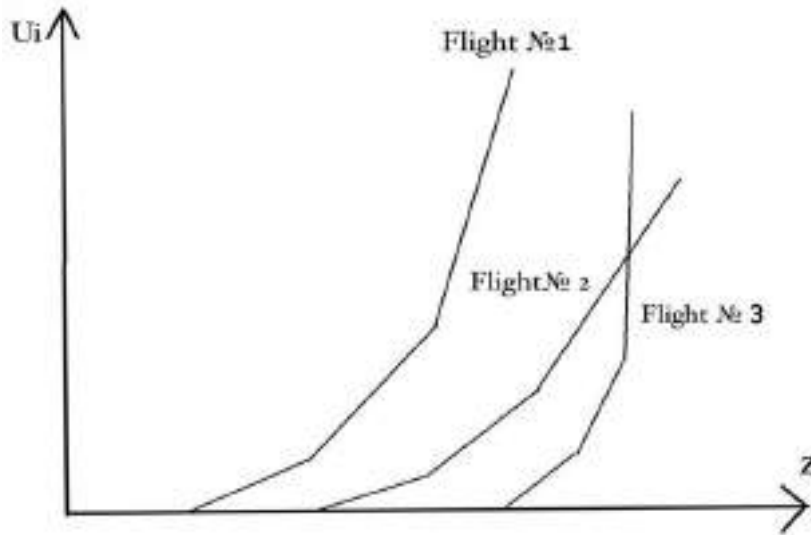


Fig. 1. Dependence of cost losses on the duration of flight delays:  $z$  - duration of flight delay,  $U_i$  - economic losses.

During the period when the airport is closed and departures are not carried out, the losses of  $U_{Hi}$  (damage that the company bears) are unmanageable and unavoidable. Delayed flight release management begins when the first of the delayed flights is prepared. From this point on, losses become manageable. Service for the first of the delayed flights may start earlier, later, or coincide with the opening of the airport [8].

To get a really optimal order, you need to separate losses that can be managed against unavoidable losses. With the growth of delay  $z$ , in accordance with the formula (13), the intensity of losses for the  $i$ -flight changes. Controlled losses must have the intensity of growth inherent in the  $i$ -flight, as illustrated in Fig.2. Based on the above, controlled losses can be determined by the formula:

$$U_i(z) = U_{0i}(z_i) - U_{Hi}(z_i - t_0), \quad (14)$$

where  $t_0$  - delay at the time of release of the first of the delayed flights;  $U_{0i}(z_i)$  - losses since the airport closed,  $U_{Hi}(z_i - t_0)$  - losses from the delay of the  $i$ -flight at the time of the start of preparation for the flight of the first of the delayed flights.

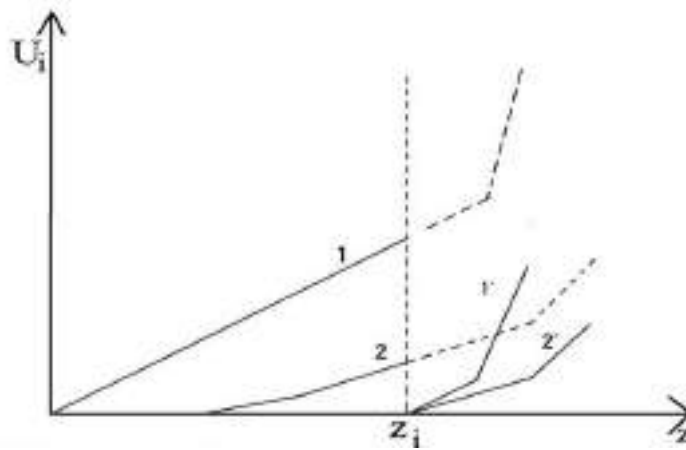


Fig. 2. Dependence of controlled and unavoidable losses on the time of flight release: 1, 2 - unavoidable losses of the 1st and 2nd flights; 1', 2' - controlled losses of the 1st and 2nd flights.

### References:

1. Road transport of Ukraine: state, problems, prospects of development. K: State Enterprise "Derzhavtotrans NDI proekt", 2005. 400 p.
2. Aksenov I. M. Improving the efficiency of passenger traffic, taking into account foreign experience. *Railwaytransport of Ukraine*. 2005. №2. P. 82-86.
3. Aksenov I. M., Janowski P. O. Organization of passenger suburban transportation: Textbook. K.: QUETT, 2002. 69 p.
4. Al-Maya Ahmad Khalifa. Research of normative-legalbase in systems of separatetypes of transport. *Bulletin of the EngineeringAcademy of Ukraine*. 2010. Issue №3-4. S.151-155.
5. Al-Maya Ahmad Khalifa. Perspectives of Ukraine in the programs of the European community. *Problems of transport: Collection of scientificworks*. 2010. Issue №7. P.255-259.
6. Al-Maya Ahmad Khalifa. The results of the Eurasian transport initiative. *Problems of a systematic approach in economics: Collection of scientific works*. 2010. Issue №35.P.75-80
7. Arytynov A. P., Kondrat'ev G. A. System analysis of the processes of transportinteraction in the region and in transporthubs. *Automation of processes of interaction of transportsystems in Vladivostok*: Far East Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR, 1983. P. 25-38.
8. Arytynov A. P., Skaletsky V. V. Automation of planning processes in the management of transport systems. M. : Transport, 1981. 208 p.



**A. O. Zatelepa**

*Student of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

**D. V. Medynskiy**

*Assistant of Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **TECHNOLOGY AND MECHANIZATION OF GROUND SERVICE BY AIR TRANSPORTATION**

With the constant growth of traffic volumes, an increase in the number of hours of aircraft movement, and their capacity, the problem of heavy shelling of passengers has become especially important [1].

Under the shelling of passengers is understood as a whole complex of operations performed by the airport transportation service before departure and after the arrival of the aircraft [2].

*The task of ground shelling of passengers involves:*

- information of the population on transportation issues;
- seat reservation, ordering and selling tickets;
- reservation of seats for transit passengers;
- information of passengers and airport personnel, city agencies and city air terminals about aircraft movement, availability of tickets, tariffs, etc.;
- registration of tickets, registration of baggage, accounting of the actual load;
- acceptance and handling of baggage:
- baggage delivery;
- temporary storage of baggage and hand luggage; transportation and landing of passengers in the aircraft; accounting of seats occupied in the aircraft% B
- transportation, loading, and unloading of baggage;
- calculation of aircraft loading and centering paperwork;
- dispatching work.

When servicing on international lines, additional medical control, customs inspection, and passport and visa control are carried out [3].

In addition to servicing related to the registration of the flight, passengers also use other types of services: mail, telegram, telephone, food and trade enterprises, household and social services (hairdressers, toilets, medical stations, room for mother and child).

*The main requirements for the technological process of airing passengers are:*

- minimum time for servicing passengers;
- minimum waiting time before departure;
- simplicity and ease of maintenance;
- efficiency of air transportation;
- efficiency of utilization of facilities, facilities and service personnel%;
- observance of aircraft alignment;
- exclusion of sending baggage without a passenger;
- the inability to enter the aircraft of a passenger with weapons, flammable substance [4].

Delivery of passengers to the airport and from the airport to the city sometimes takes 1,5 - 2 hours, operations for servicing passengers at the airport take 1,5 - 1,8 hours (if pre-flight service up to 75 minutes, with post-flight - 25-35 minutes). By mechanization and automation, improving the organization of technological processes, the time for servicing passengers can be significantly reduced.

Ticket registration, baggage processing, boarding, obtaining reference data, as a rule, are carried out in the terminal building. The main role is played by the airport terminals, and the city air terminals complement them. Air terminals are divided into small, medium, and large by capacity. The capacity of the airport terminal is understood as the number of passengers that can be covered in the airport within an hour under normal production, technological, and sanitary and hygienic conditions. In this case, the capacity is set not for the "rush" hour, but for the hour during which the volume of passenger traffic is less by 10-20% than the same traffic during rush hour.

Small ones include air terminals with a throughput capacity of 50, 100 , 200, 400 pass-hours, medium ones - 600, 800, 1000 pass-hours, large ones - 1500,2000, 2500 pass-hours.

Depending on the number of passengers, duration of flights, automation and mechanization of the technological process, the following types of ground handling of passengers can be applied [5].

Flight (centralized) - group boarding. Ticket and baggage check-intakes place at the airport. This type of equipment is widely used in the registration of flights over long distances with the throughput of air terminals up to 1000 passengers per hour. One or two transportation workers (each with a registrar and a baggage loader) performs passenger registration and baggage registration 30-40 minutes before the departure of the aircraft. registration ends 15 minutes before departure. There is practically no need to sort baggage for one flight and it excludes sending it to the wrong destination (low need for technological areas and sorting means).

Disadvantages of this type of service: uneven loading of check-in counters for various flight directions, a large number of attendants, passengers standing in line for ticket check-in and baggage check-in.

Free (decentralized) - implemented at all major airports with high throughput (over 1000 passengers, -h). A passenger 1-2 hours before departure can register a ticket and drop off baggage at any workplace of the transportation service in the operating room (at the airport in Frankfurt am Main there are 240 such points), where the registrar operates. Creates a uniform loading of the registration boxes. Registration ends 15-25 minutes before the plane takes off. A passenger who arrives at the airport shortly before the end of check-in may end up in a queue for passengers on longer flights. When sorting baggage, it is possible that it may not be sent to the wrong destination. This raises the need for baggage sorting and data centralization. The duration of the complete set reaches 45 minutes. Although the registration of tickets is carried out for individual boarding in a group. Individual boarding for each passenger, boarding the plane in a group.

Mixed - the majority of passengers are checked out according to the free method, and there are separate counters for those who are late before their check-in. Group boarding.

Simplified - the check-in of tickets and baggage is not carried out at the airport terminal, but at the avanperron or at the aircraft. The baggage is delivered by the passenger to the place of check-in of departures. Baggage is transported from the drive to the aircraft by means of airport [7].

Boarding an aircraft begins 20 minutes and ends 6 minutes before departure.

This type of service is used for medium-haul lines without intermediate landings. It significantly reduces the time of passenger service, but the quality of service deteriorates in bad weather.

Bus - typical for lines with heavy passenger traffic and a high frequency of aircraft movements without intermediate landings.

Passengers in air terminals are not pre-checked out. Passenger tickets are purchased at the airport, on a regular bus, onboard an aircraft. The baggage is delivered to the aircraft by the passenger and is with him. Tickets are monitored upon boarding the aircraft or in the aircraft [8].

Efficient passenger service is facilitated by information at all stages and by all generally accepted means.

Information is a technological necessity for the normal operation of the airport. The use of systems and means of visual information of passengers can improve the culture of service, eliminate the time spent waiting in queues to receive the necessary information from an employee of the information desk, and reduce the likelihood of passengers being late.

Visual information in the form of boards, signs, etc. introduces passengers to the rules of carriage, tariffs, airlines schemes, the placement of premises and passenger service enterprises at the bus station, at the station square, avaperrone, apron (baggage check-in point, information brochure, exit to the apron, luggage room, first-aid post, post office, telegraph, room mother and child, hotel, taxi stand, cafe, restaurant, telephone, toilet, bus parking), shows the number of vacant seats on

the aircraft, in the hotel, storage room, ticket and baggage check-in area, signals the boarding gate and more [9].

The radio notification network informs passengers about the beginning to the end of the ticket and baggage registration, preparation and boarding and boarding in an aircraft, check-in of transit passengers, the time of arrival of the aircraft.

When servicing passengers, intra-station, apron, and intra-aircraft mechanization is used.

With the help of intra-station automation and mechanization means, ticket registration and baggage processing, transfer of information on completed flights, transportation, sorting and baggage claim, luggage storage equipment, information on departures and arrivals are carried out. This group includes a centralized air ticket sales console, an automated ticket sales system, cash desks, an integrated flight dispatching system, autonomous, digital passenger information, complete, autonomous, digital information and flight number, visual information equipment, time indicator, computers;intercom, loudspeaker communication, a system of automatic, semi-automatic or manual baggage sorting, automatic conveyor, dial, lever, passenger escalator.

With the help of apron mechanization, transportation, embarkation, and disembarkation of passengers, transportation, loading, and unloading of baggage, transportation, and loading of catering are carried out. This group includes apron road train, buses with a lifting body, bus storage salons, passenger elevators, moving sidewalks, electric trains, self-propelled and non-self-propelled ladders, luggage trolleys, electric cars, container trolleys, auto-, electric tractors, trucks, loaders, conveyors, car lifts [10].

The optimal number of means of apron mechanization is calculated according to the daily irregularity of air traffic at the airport.

$$\eta = \frac{C_{total} \times K_{d.i} \times K_{service} \times T_c \times m}{60 \times T_{day} \times K_{t.r}}, \quad (1)$$

where

$\eta$ - is the required number of machines of a certain type;

$C_{total}$  - the number of departures per day for the month with the highest intensity of air traffic (from the traffic schedule)

$K_{d.i}$  - is the coefficient of daily non-uniformity of air traffic, representing the ratio of the maximum number of arriving and departing aircraft per hour "peak" to the hourly number of arriving and departing aircraft during the day.

$K_{service}$  is the aircraft service factor equal to

$$f + \frac{C_{initial}}{C_{total}} \quad (2)$$

where

$C_{initial}$  - is the number of initial sorties per day of the "peak" month.

$T_c$  - the duration of one cycle of the machine, min;

$m$  - is the number of machines of the same type simultaneously participating in the maintenance of one air vessel;

$K_{t,r}$  - the coefficient of technical readiness of the machine (within .0.75 + 0.85);

$T_{day}$  is the duration of the machine's operation during the day, h.

With the help of intra-aircraft mechanization, baggage and containers are distributed in the baggage and cargo compartments of the aircraft.

The total number of means of automatization and mechanization of passenger service at the airport is more than I, 5 thousand pieces.

Baggage processing technology and solutions.

For one passenger in most of the packages there is one piece of baggage weighing 10-12 kg (2-3 pieces on international routes). At large airports, about 50,000 pieces of luggage are processed per day, during rush hours - up to 10000 suitcases per hour.

In case of route-based and simplified check-in of passengers, transportation service employees weigh the baggage and record the weight in the check-in list, deliver the baggage to the aircraft, load it into the aircraft and place it inside the baggage room.

With free check-in, the number of operations increases due to the need for baggage sorting. For departing passengers, they consist of the following:

- baggage acceptance (weighing, mark on the ticket and check-in sheet);
- baggage sorting by flights; stowage of luggage on vehicles;
- delivery of it to the aircraft;
- loading into an aircraft, stowing inside an air vessel.

The baggage handling technology for arriving passengers consists of the following operations:

- unloading from the aircraft;
- transportation to the place of issue;
- delivery to unloading devices and delivery to passengers.

The most labor-intensive operations are the processing of baggage of transit passengers, the main of which are: unloading from an aircraft; transportation to the place of issue; sorting and picking; transportation to the aircraft where the passenger crosses; loading into an aircraft.

The loading of baggage (and cargo) into the aircraft is carried out under the control of the centering dispatcher. For each flight, a centering schedule is drawn up, a document on the correct distribution of baggage (and cargo) in the aircraft. Baggage processing is carried out by intra-station means and loading and unloading.

#### **References:**

1. Nesvitskiy Y. I. Technical exploitation of cars. Kyiv: "ВищаШкола", 1971.
2. Kramarenko G. V. Technical maintenance of cars. M.: "Транспорт", 1972.
3. Rusinov I. Y. Mechanization of ground handling of air transportation. M.: "Транспорт", 1971.
4. Egorichev V. A. and other. Aircraft and helicopter maintenance units. M.: "Транспорт", 1973.
5. Technical operation of aircraft. Ed. by A. I. Pugachev. M.: "Транспорт", 1976.
6. Reliability handbook. T. I, P, SH. M.: "Мир", 1970.
7. Alekseev B. A. Road traffic safety. M.: Publishinghouse "Досааф", 1972.
8. Parchomenko G. P. Fundamentals of technical diagnostics. M.: "Энергия", 1976.
9. Mirolnikov L. V., Boddin A. P., Pol B. I. Diagnostics of the technical condition of vehicles at motor transport enterprises. M.: "Транспорт", 1977.
10. Tselybskiy B. V., Tsiyarskiy T. M. Technical exploitation of dorsk cars. Handbook of mechanicalengineer. M.: "Транспорт", 1975.

**A. S. Zelynskyi**

*Student of the Faculty of Transport, Management and Logistics  
National Aviation University*

**D. V. Medynskyi**

*Assistant of Air Transportation Department,  
Faculty of Transport, Management and Logistics,  
National Aviation University*

## **AIRPORT SPECIAL TRANSPORT SERVICE**

Special transport service is an air delivery section that carries out its activities on the basis of on-farm settlement [1]. The special transport service will rely on the following basic tasks:

- provision of special vehicles for work on maintenance of aircraft;
- provision of airfield machines and mechanisms for work on the environmental maintenance of the airfield;
- provision of transportation of aviation chemical property, cargo and other types of transport operations of the airline;
- organization and implementation of industrial activities of the MSS in accordance with the requirements of manuals, effective orders and instructions of the MGA, the Civil Aviation Administration and the airline;
- implementation of the effective and rational use of special vehicles, equipment, operating and repair materials for their intended purpose and in accordance with the established norms and rules [2].

In accordance with the purpose and main tasks, the functions of the special transport are:

- organization and implementation of technically correct use - use, maintenance (storage) and repair of all those dying in;
- preparation of personal requirements for the development of steps in the operation of new equipment; implementation of improvements, from acquisitions, of all advanced and progressive in the field of exploitation and repair of open machines;



- participation together with planned authorities of the airline in the development of plans for the operation of special vehicles and the introduction of on-farm accounting in all offers of the special transport service;

- compliance with the requirements of manuals and factory instructions during the operation of special vehicles, maintaining established accounting and reporting, correct use of spare parts, tires, hot lubricants and other automotive and tractor equipment;

- reduction of the cost of operating special tires, carrying out measures to increase the repair time, drawing up, in the prescribed manner, plans-applications for capital repairs of equipment and ensuring their timely implementation;

- ensuring control over the work of special vehicles, organizing the safety of their work and providing timely technical assistance to drivers on line;

- analysis, development and implementation of preconceptions on combating road traffic accidents, fooling odious ships and delaying their departure due to the FTA;

- constant improvement of the technical, economic and cultural level of service workers, ensuring that a different composition of established requirements is met, observance of labor;

- instilling in the personnel a high sense of responsibility for the entrusted equipment and the fulfillment of productive tasks;

- organization of socialist competition among the workers of department [3].

The general management of the work of the SS in departments and aviation enterprises is carried out by the heads of departments and heads of aviation enterprises through their deputies for ground operations, the department of the special transport of the aviation enterprise is headed by the head [4].

A special transport lodge consists of columns (sections), Shifts, teams and a repair and maintenance zone (repair shops).

Head of the SS: Responsible for the organization of work, for intravenous activities (safety, correct use of equipment), compliance with the Charter on the discipline of civil aviation workers, the organization of socialist competitions, Deputy

Head of the SS for operation, a set of works on the exploitation of special equipment and is responsible for the correct their use, compliance with labor safety requirements.

The chief engineer (technical manager) ensures the technical readiness of the open machines (condition, maintenance and repair, storage), compliance with the safety rules, is responsible for the correct eco-operation of the emergency vehicles and the compliance with the safety rules and labor [5].

The given block diagram is a functional-line, i.e. the employee receives instructions on productive activities only from one person and only "for certain types of his activities.

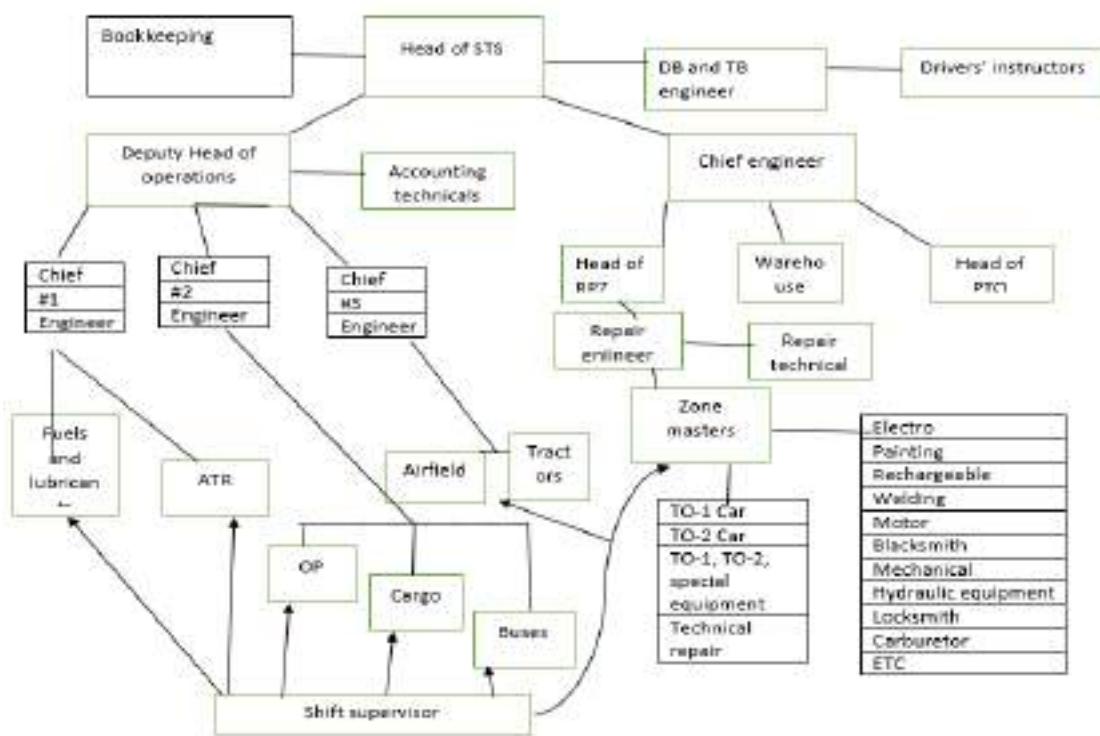


Fig.1. Airport special transport service structure

With the general plan of the aviation enterprise and defines several territorial zones, the main of which are the production and technical base (PB) and the operational support zone [6].

The device and equipment of the production and technical base must be provided:

- convenience of special vehicles before leaving the line and upon returning -  
convenience of the preside on the territory of the PTB;

-convenience of placement and complete safety of special vehicles;

-volume and quality;

-completion of technical casing and repair of special tires;

-fast start of special vehicles engines;

- observance of safety requirements;

The production and technical base 'includes:

- buildings for the placement of the management system;

- sanitary and household premises:

- repair shop - warehouse of material and technical property;

- detached and guarded conservatory; cues;

- places for storage of special vehicles;

- point of car wash.

The territory of the PTB must be landscaped, landscaped, have a fence, lighting, hard surface of driveways, driveways and areas for storing open machines. Near the entrance to the territory there should be a stand of the special vehicles driving scheme. Cleaning and washing stations for special vehicles are equipped with oil and dirt traps, which are required to be kept in constant operational condition [7].

Buildings, layout and size of maintenance and repair areas, auxiliary areas, their lighting, heating, power supply, ventilation, water supply and sewerage, as well as the number and design of outposts for the maintenance and repair of specialties must comply with the CST production program, building codes and regulations, the requirements for protecting the environment from pollution, in the architectural design of buildings and structures, interiors and landscaping - the requirements of technical aesthetics [8].

The repair shop is intended for technical maintenance and repair of special vehicles, as well as for carrying out routine maintenance on special equipment.

The repair shop includes:

- point for cleaning and washing units, assemblies and parts;

- areas for technical lining and repair of specialty materials;
- intermediate warehouses and tool storerooms;
- sites for checking the technical condition of special vehicles:
- specialized sections for technical covering and repair of special equipment (fuel equipment, hydraulic systems, electrical equipment, etc.);
- auxiliary areas (battery, vulcanizing, metalworking, blacksmithing, welding, chain winding, painting, copper, carpentry, wallpaper, etc.). These objects should be located in accordance with the technological process of technical maintenance and repair of special vehicles, in compliance with the established labor safety requirements.

The posts at which work is carried out to inspect, wash, lubricate or repair any hard-to-reach parts of a tire specialist must have inspection pits, lifts, overpasses or other devices that provide a comfortable position for workers when performing these works [9].

The operational support zone is a series of operational parking areas for special vehicles and auxiliary facilities located at the airfield near the parking areas for air vessels or aircrafts operating special vehicles.

Parking places for special vehicles are equipped on the territory of the production and technical base of the special transport service, as well as in the 8th operational support (at the airfield) and are subdivided into:

- parking spaces for special vehicles of daily operation;
- specialty parking places, which are under conservation;
- parking places for the operator, repair or maintenance.

The parking lots of special vehicles in the operational support zone are located near the apron and places from the aircraft on level platforms with artificial turf and have good access. A permanent place is assigned to each special vehicle availability of dispatch point and communication facilities provides fast leadership.

Preparation of special vehicles for production on the line carried out by the technical engineering and driver staff of SST and includes:

- performance of daily technical maintenance in accordance with the requirements of factory instructions and current manuals for technical maintenance of special vehicles;

- elimination of irregularities revealed during the control examination;
- refueling special vehicles fuels and lubricants and special liquids;
- Start and check of engines and systems of special vehicles;
- registration of the established documentation.

The release of special vehicles to the line is carried out by the column mechanic, who carries out a control inspection of the special vehicles and certifies the technical serviceability of his signature in the blowing letter (form).

#### **Reference list:**

1. Nesvitsky I. I. Technical maintenance of cars. Ed. 2nd. Kiev: Vishcha School, 1971.
2. Kramarenko G. V. Technical maintenance of cars. Moscow: Transport, 1972.
3. Rusinov I. Y. Mechanization of ground handling of air transportation. Moscow: Transport, 1971.
4. Egorichev V. A. And other units for the maintenance of aircraft and helicopters. Moscow: Transport, 1973.
5. Technical maintenance of aircraft / ed. by A. I. Pugacheva. Moscow: Transport, 1976.
6. Alekseev B. A. Road traffic safety. Moscow: Ed. Dosaaf, 1972.
7. Parkhomenko G. P. Fundamentals of technical diagnostics. Moscow: Energy, 1976.
8. Miroshnikov M. V., Boddin A. P., Diagnostics V. I. Of the technical condition of vehicles at motor transport enterprises. Moscow: Transport, 1977.
9. Sheyulbsky B. V., Tsiyarsky T. M. Technical operation of road vehicles. Handbook of mechanical engineer. Moscow: Transport, 1975.

УДК 665.73-026.782:662.6

**С. В. Бойченко**

*д.т.н., професор кафедри хімії і хімічної технології  
Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій,  
Національний авіаційний університет*

**Н. Г. Калмикова**

*аспірант кафедри хімії і хімічної технології  
Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій,  
Національний авіаційний університет*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОБЛІКУ ЕМІСІЇ КОМПОНЕНТІВ БЕНЗИНІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА МІНІМІЗАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ**

Підвищення ефективності використання моторних палив на сьогодні є одним із найреальніших напрямів вирішення енергетичних і екологічних проблем водночас [1].

Аналіз ситуації на ринку нафтопродуктів у світі й Україні, дають підставу зробити висновок про те, що в енергетиці та і в державній політиці загалом головними пріоритетними напрямками будуть ресурсо- та енергозбереження [1].

Існуючий стан ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів в Україні можна визначити як такий, що не відповідає сучасним вимогам. Однією з причин такого стану є втрати нафтопродуктів. Основними причинами втрат є морально та технічно застарілі технології й обладнання, що використовуються для транспортування, зберігання та розподілу нафти і нафтопродуктів, а також нераціональна їх експлуатація [1; 2].

Випаровування нафтопродуктів при їх зберіганні становлять основну частку втрат. Світові статистичні дані свідчать, що втрати нафти і нафтопродуктів від випаровування коливаються в межах 0,5-1,7% від загального обсягу перероблюваної сировини, тоді як в Україні вони значно більші і становлять 3-7% [3].

Для підприємств нафтопродуктозабезпечення важливою проблемою є облік втрат нафтопродуктів. Якщо процеси обліку нафтопродуктів не налагоджено, велика ймовірність фінансових втрат через невизначеність кількості нафтопродукту, що перекачується або зберігається, відсутності реальних залишків і, як результат, неможливість зведення масового балансу підприємства. Крім того, точний та ретельний облік нафтопродуктів важливий для звіту підприємства кінцевим постачальникам, споживачам та контролюючим органам [4].

Втрати від випаровування відносяться до природніх втрат. Природні втрати нафтопродуктів - це втрати (зменшення маси при збереженні якості в межах вимог нормативних документів), що є наслідком фізико - хімічних властивостей нафтопродуктів, впливу метеорологічних факторів і недосконалої існуючих на даний час засобів запобігання втрат нафтопродуктів від випаровування і налипання при транспортуванні, прийманні, зберіганні та відпуску [1].

Розраховувати кількісну оцінку втрат нафтопродукту від випаровування можна двома способами: дослідним та розрахунковим за вітчизняною та зарубіжною методиками. Існують методики для розрахунку втрат вуглеводнів від випаровування при зберіганні, які були запропоновані такими авторами як Н. Н. Константинов, В. І. Черникін, Ф. Ф. Абузова. Ці методики не пристосовані до практичного використання, так як перевантажені зайвою інформацією, і, що головне, не мають статусу офіційних нормативних документів. Також є зарубіжний досвід методики визначення втрат нафтопродуктів із резервуарів Під час зберігання [3].

Розглянемо більш детально методику визначення втрат нафтопродуктів Американського інституту нафти AP42, що використовується для обліку втрат нафтопродуктів в США. Ця методика є більш сучасною порівняно з методикою вітчизняних науковців. В США головним документом у сфері екології є «Закон про чисте повітря» (The clear air act) з останньою поправкою від 1990 року. Відповідно до нього були утворені Агенство з охорони навколишнього

середовища (EPA Environmental Protection Agency) і Національна лабораторія автомобільних паливних викидів (NVFEL – National Vehicle and Fuel Emissions Laboratory). Агенство з охорони навколишнього середовища (EPA) контролює викиди шести основних речовин-забруднювачів повітря, що впливають на екологію навколишнього середовища і, як наслідок, на здоров'я населення [4; 5]. Для розрахунку кількості викидів із резервуарів для всіх вуглеводневих рідин, чистих летких органічних сполук, хімічних сумішей з аналогічним тиском насичених парів розроблений нормативний документ EPA AP42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (чинники, які забруднюють повітря), затверджений Агенством з охорони навколишнього середовища США (U.S. Environmental Protection Agency), в сьомій главі якого наводиться методика розрахунку викидів в атмосферу із резервуарів. На основі даної методики була створена комп'ютерна програма «TANKS» для розрахунку викидів в атмосферу із резервуарів [4; 5].

Методики вітчизняних і зарубіжних авторів для розрахунку втрат нафтопродуктів у резервуарах під час зберігання по різному оцінюють значення факторів, що впливають на виникнення втрат, але, в цілому, вони однаково інтерпретують процес втрат нафтопродукту від випаровування. В підходах спостерігаються суттєві відмінності, що виражаються, насамперед, у вихідних даних, їх кількості, ступенем детальності опрацювання, точності визначення [3; 6].

Висновки.

На підставі вищенаведеного можемо зробити висновок, що застосування обліку втрат бензинів дозволить мінімізувати техногенний вплив на навколишнє середовище та негативні наслідки на здоров'я населення завдяки контролю викидів основних речовин-забруднювачів повітря [1; 3]. Також, ретельний облік втрат бензинів від випаровування дозволить зменшити фінансові втрати підприємств під час різних технологічних операцій, що є ефективним напрямом вирішення актуальних проблем енергетичної галузі, транспортного сектора, підприємств нафтопродуктозабезпечення на різних



етапах і рівнях розгляду, а також, дозволить вирішувати питання підвищення ефективності технології використання паливноенергетичних ресурсів, оптимізації взаємодії різних ділянок і ланок системи нафтопродуктозабезпечення [3; 7].

#### **Список використаних джерел:**

1. Бойченко С. В. Рациональное использование углеводневых палив: монографія. Київ: НАУ, 2001. 216 с.
2. Бойченко С. В., Федорович Л. А., Черняк Л. Н., Вдовенко С. В., Кальницкая Ю. А. Потери углеводородов в ходе технологических процессов переработки, транспортировки, хранения и заправки. *Нефть и газ*. 2006. №3. С. 90-94.
3. Дорошенко Ю. І., Люта Н. В. Огляд сучасних методик розрахунку втрат нафтопродуктів від випаровування за умов зберігання у наземних резервуарах. *Нафтогазова інженерія. Науковий вісник ІФНТУНГ*. 2012. <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/2437>
4. Матвеева О. Л. Еколого-економічна оцінка діяльності підприємств авіапаливозабезпечення. *Вісник НАУ*. 2001. №3. С. 178-181.
5. Данилов В. Ф., Шурыгин В. Ю. К вопросу о решении проблемы потерь нефтепродуктов от испарения. *Успехи современного естествознания*. 2016. № 3. С. 141-145.
6. Зоря Е. И., Орехова И. В., Черезова А. С. Сравнительный анализ методик расчёта потерь лёгких фракций углеводородов из резервуаров хранения. *Промышленный сервис*. 2017. №3.
7. Зоря Е. Н., Лощенкова О. В. Оценка общедоступных технологий и методов определения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров при хранении. *Экологический вестник России*. 2019. С.24-30.

**С. В. Клешня<sup>1</sup>, О. П. Пертко<sup>2</sup>, С. Л. Мельникова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>студентка Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Національний авіаційний університет

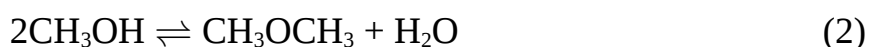
<sup>2</sup>молодший науковий співробітник Інституту біоорганічної хімії та  
нафтохімії ім. В.П.Кухаря НАН України

<sup>3</sup>к.т.н., старший науковий співробітник Інституту біоорганічної хімії  
та нафтохімії ім. В.П.Кухаря НАН України

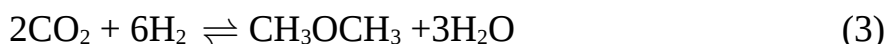
## **СИНТЕЗ І ДОСЛІДЖЕННЯ КАТАЛІЗАТОРА ПРОЦЕСУ ГІДРОГЕНІЗАЦІЇ CO<sub>2</sub> ДО ДИМЕТИЛОВОГО ЕТЕРУ**

Важливою проблемою ХХІ століття є глобальне потепління, яке спричинене викидом парникових газів, пов'язаних з діяльністю людини. Збільшення кількості цих газів, особливо CO<sub>2</sub>, в атмосфері, підвищило середню глобальну температуру [5]. У зв'язку з цим, зростає важливість пошуку шляхів зниження рівня шкідливих викидів. Одним із найбільш перспективних методів, що дозволяють перетворювати відпрацьований продукт техногенного розвитку – CO<sub>2</sub>, є його гідрогенізація в присутності гетерогенних каталізаторів з отриманням диметилового етеру (ДМЕ) [3].

Синтез ДМЕ шляхом гідрування CO<sub>2</sub> відбувається через утворення метанолу:



Сумарна реакція одержання диметилового етеру виглядає так:



Паралельно має місце обернена реакція водяного газу:



Каталізатор прямого перетворення CO<sub>2</sub> в ДМЕ має бути ефективним як в реакції утворення метанолу, так і в реакції його дегідратації, мінімізуючи вихід CO, що утворюється в зворотній реакції водяного газу (4). В таких процесах використовують біфункціональний каталізатор, який має окиснювально-

відновну функцію, що здатна гідрогенізувати CO<sub>2</sub> до спирту, і кислотну функцію, котра може перетворювати спирт в етер [1; 2; 4].

В ході роботи були синтезовані гібридні каталізатори, в яких гідруючим компонентом є промисловий мідь-цинк-алюмооксидний каталізатор синтезу метанолу СНМ-У, а дегідратуючим компонентом – модифікована добавками металів іонообмінна воднева форма цеоліту типу НМFI.

Воднева форма цеоліту типу НМFI була отримана з цеоліту ЦВМ-898, шляхом переведення його Na- форми в Н- форму. Методика полягала у обміні йону Na<sup>+</sup> на йон NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, після чого отриману NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – форму прожарювали.

Отриманий цеоліт НМFI в подальшому модифікували осидами металів Al та Zr. В результаті одержано зразки НМFI/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та НМFI/ZrO<sub>2</sub> – дегідратуючі компоненти біфункціонального каталізатора. Досліджено фізико-хімічні властивості отриманих біфункціональних каталізаторів.

Елементний аналіз зразків з метою контролю маси нанесених на цеоліт оксидів здійснювали методом рентгенівської флуоресцентної спектроскопії (РФС) на приладі X-Supreme 8000 Oxford Instruments. Результатами аналізу підтверджено введення оксидів Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> та ZrO<sub>2</sub> до складу цеоліту НМFI. (табл. 1).

Таблиця 1

### Склад модифікованих цеолітних каталізаторів

Зразок	Вміст, %, мас., за результатами розрахунку маси зразка при синтезі					Вміст, %, мас., за результатами РФС				
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	ZrO <sub>2</sub>	Zr	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	ZrO <sub>2</sub>	Zr
НМFI (SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 41)	95,36	3,94	2,08	–	–	96,18	3,67	1,63	–	–
НМFI/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	83,14	12,81* (16,75**)	6,78* (8,87**)	–	–	88,92	7,12* (10,79**)	3,77* (5,71**)	–	–
НМFI/ZrO <sub>2</sub>	87,83	3,62	1,91	7,9	5,85	83,11	3,08	2,0	13,56	10,04

\* - додано в процесі просочування (% мас.);

\*\* - сумарний вміст у зразку (% мас.).

Повноту розкладання нанесених солей до оксидів та термічну стійкість синтезованих зразків підтверджено за допомогою дериватографічного аналізу

каталізаторів на приладі Linseis STA 1400. На рис. 1. наведено результати термогравіметричного аналізу (ТГ) і диференційної скануючої калориметрії (ДСК) досліджуваних цеолітів.

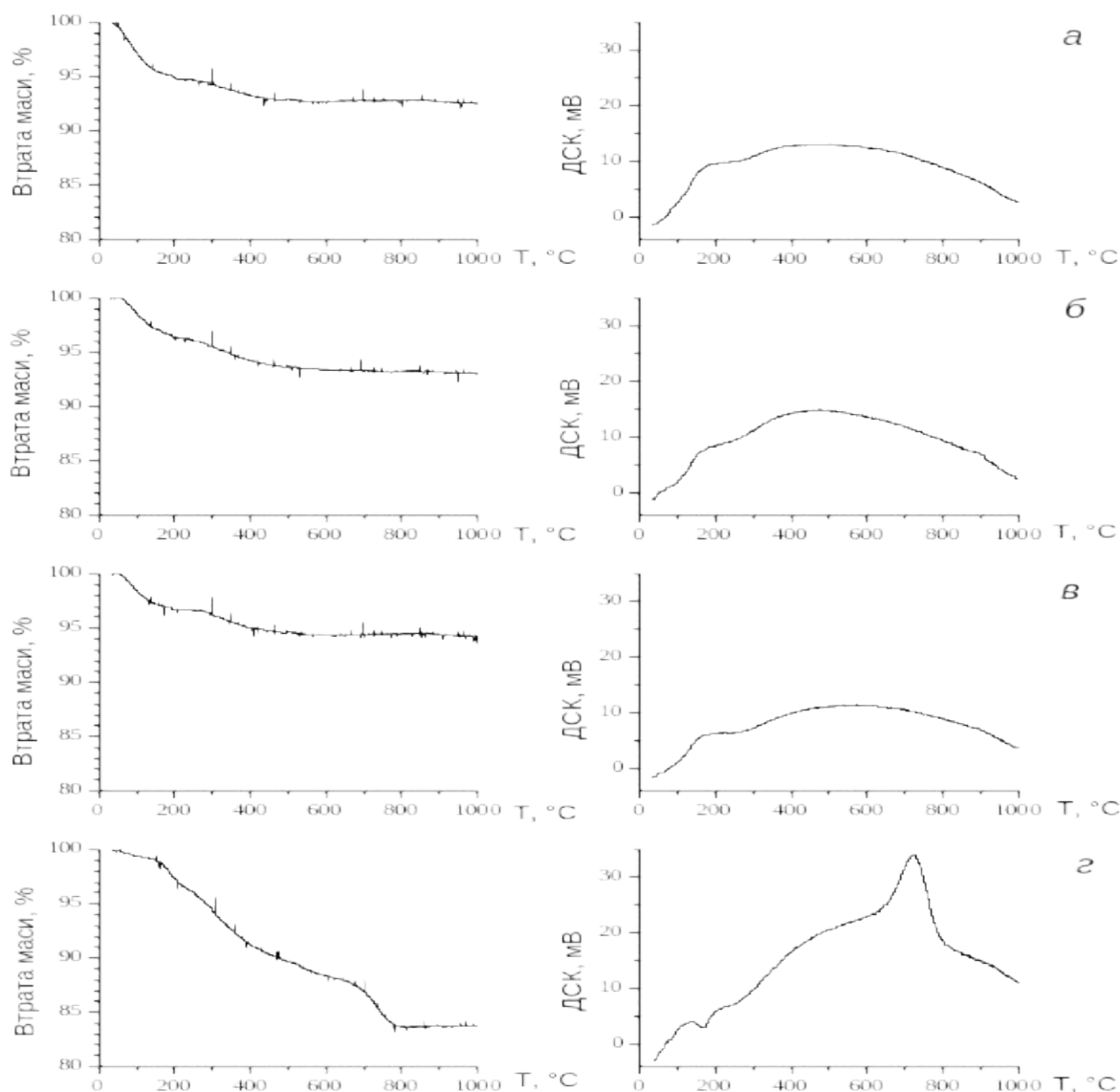


Рис.1. Термограми каталізаторів NMFI (а), NMFI/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (б), NMFI/ZrO<sub>2</sub> (в) і CHM-Y (г).

Спільною рисою для всіх цеолітних зразків є втрата маси (до 7 %) при нагріванні в діапазоні температур до 400 °С, який є типовим діапазоном десорбції води, що підтверджується ендотермічними ефектами на кривих ДСК. Втрати маси за температур понад 400 °С була незначною, що підтверджує

повне розкладання нанесених солей до оксидів. На каталізаторі СНМ-У спостерігається зменшення маси в діапазоні температур до 400 °С, що не перевищує 10 % (рис. 1. г). Подальша втрата маси з температурою супроводжувалась екзотермічними ефектами на кривій ДСК, що пояснюється вигоранням домішок, які присутні у вихідних матеріалах.

Ізотерми адсорбції/десорбції ( $T = 77 \text{ K}$ ) азоту для каталізаторів реєстрували на автоматичному сорбтометрі Quantachrome Autosorb NOVA 1200e® (рис.2).

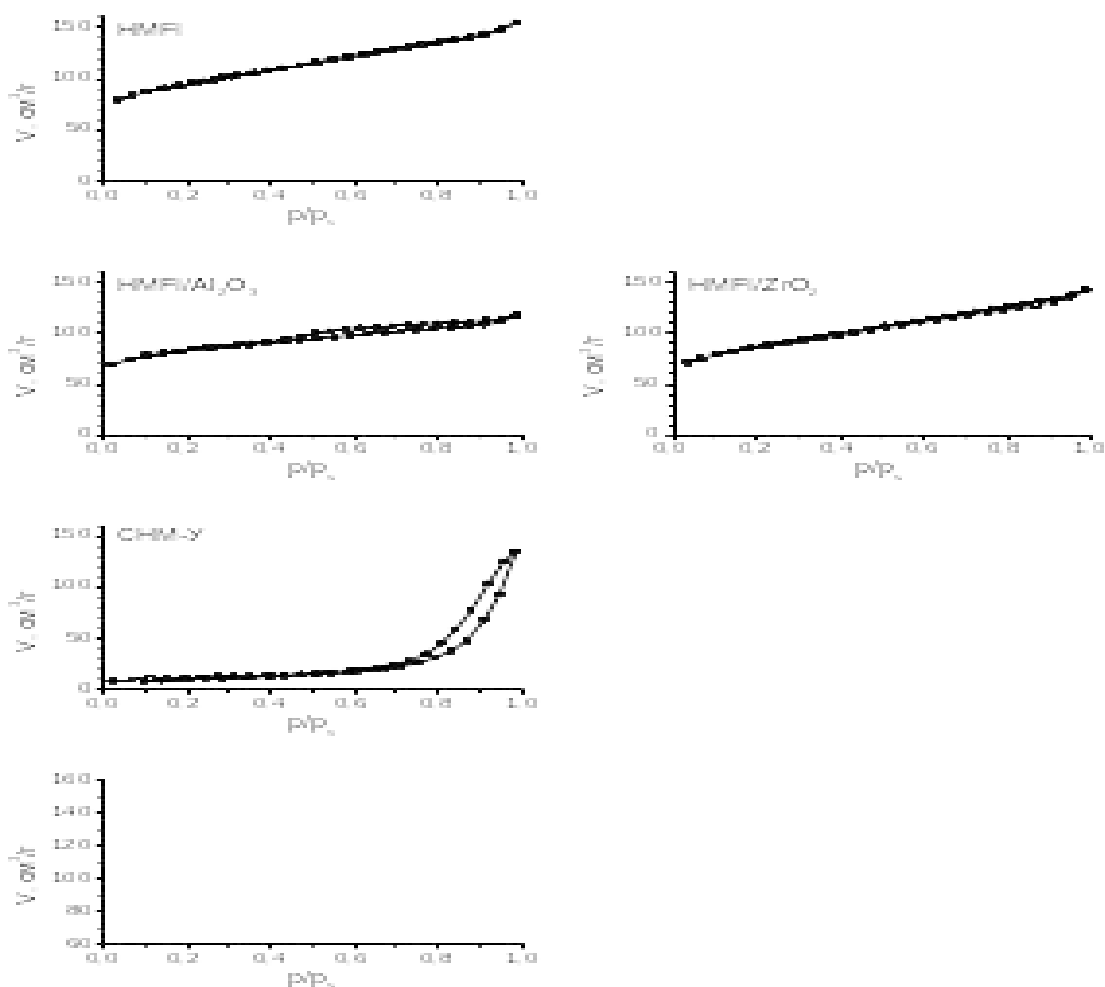


Рис. 2. Ізотерми адсорбції/десорбції азоту вихідного НМФІ та модифікованих НМФІ/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ , НМФІ/ $\text{ZrO}_2$  цеолітних каталізаторів, а також металоксидного каталізатора СНМ-У.

За ізотермами розраховано параметри пористої структури каталізаторів, результати яких наведено у табл. 2.

**Параметри пористої структури синтезованих каталізаторів**

Зразок	$S^{\text{BET}}$ , м <sup>2</sup> /г	$S_t$ , м <sup>2</sup> /г	$S^{\text{t micro}}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г	$V^{\text{t micro}}$ , см <sup>3</sup> /г	$V_{\text{micro}}/V_{\Sigma}$ , %	$R^{\text{DFT}}$ , нм	R, нм
НМFI	344	34,2	310	0,239	0,175	73,2	0,974	1,391
НМFI/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	295	19,0	276	0,182	0,142	78,0	0,705	1,234
НМFI/ZrO <sub>2</sub>	312	31,3	281	0,220	0,160	72,7	0,974	1,409
СНМ-У	44	24,4	19,2	0,209	0,008	3,83	6,566	9,593

Гістерезис, що спостерігається на ізотермах модифікованих оксидами цеолітних зразків (рис. 2), вказує на наявність мезопор. Причина їх утворення, з огляду на відсутність гістерезису для вихідного зразку, полягає в модифікуванні оксидами. Це можливо через зрощування між собою мікрочастини цеолітів оксидами металів з утворенням додаткових мезопор. Для модифікованих каталізаторів відбувається незначне зниження загального об'єму пор та  $S^{\text{BET}}$ , ці зміни більш виражені для зразка НМFI/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Частка мікропор, як і  $S_t$ , для НМFI/ZrO<sub>2</sub> залишились незмінними, тоді як для НМFI/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> частка мікропор зростає, а  $S_t$  – зменшується. Ймовірно, такі зміни відбуваються через звуження існуючих мезопор Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, на що також вказує зменшення R та  $R^{\text{DFT}}$  (зразок НМFI/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) табл.2. Найбільш виражений гістерезис спостерігається на ізотермі металоксидного каталізатора. Це вказує на те що каталізатор СНМ-У є мезопористим.

Аналіз отриманих результатів показує, що в результаті модифікування цеоліту НМFI алюмінієм або цирконієм синтезовані зразки залишаються мікропористими ( $V_{\text{micro}}/V_{\Sigma} = 73-78\%$ ), хоча показники питомої поверхні модифікованих зразків дещо зменшуються.

Модифіковані зразки цеолітів були використані у складі біфункціональних каталізаторів в дослідженні гідрогенізації CO<sub>2</sub> до диметилового етеру на каталітично-хроматографічній лабораторній установці.

Автори висловлюють велику вдячність керівнику, доктору хімічних наук, професору Ю. В. Білокопиту за консультації та допомогу в роботі.

### Список використаних джерел:

1. Ayodele O. B. Eliminating reverse water gas shift reaction in CO<sub>2</sub> hydrogenation to primary oxygenates over MFI-type zeolite supported Cu/ZnO nanocatalysts. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*. 2017. С. 368–377.
2. Intrinsic Kinetics of Dimethyl Ether Synthesis from Plasma Activation of CO<sub>2</sub> Hydrogenation over Cu-Fe-Ce/HZSM-5 / Su. T, Qin. Z, Ji. H, Zhou. X. *ChemPhysChem*. 2016. №18. С. 299–309.
3. Olajire A. A. Recent progress on the nanoparticles-assisted greenhouse carbon dioxide conversion processes. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*. 2018. №24. С. 522–547.
4. Synthesis of Dimethyl Ether from CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> Using a Cu-Fe-Zr/HZSM-5 / Liu. R, Qin. Z, Ji. H, Su. T. *Catalyst System. Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2013. №52. С. 16648–16655.
5. Zhou P., Wang M. Carbon dioxide emissions allocation: A review. *Ecological Economics*. 2016. №125. С. 47–59.

**Науковий керівник:** Ю. В. Білокопитов, д.х.н., професор,  
Національний авіаційний університет

**Б. В. Степасюк<sup>1</sup>, Т. А. Гаєвська<sup>2</sup>, В. О. Ляшенко<sup>1</sup>**  
*<sup>1</sup>студенти, <sup>2</sup>асистент кафедри хімії і хімічної технології  
Факультету екологічної безпеки інженерії та технологій,  
Національний авіаційний університет*

## **ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛІТИЧНА ПЕРЕРОБКА 1,1,2-ТРИХЛОРЕТАНУ З ОДЕРЖАННЯМ ЦІННИХ МОНОМЕРІВ**

Протягом останніх кількох десятиліть було доведено, що прямі викиди хлорованих вуглеводнів є шкідливими для навколишнього середовища (вони спричиняють кислотні дощі, виснаження озонового шару та парниковий ефект) та здоров'я людини, оскільки більшість із них є канцерогенними [1]. Враховуючи, що такі хлоровані вуглеводні утворюються у великій кількості під час різних промислових процесів, ефективна переробка цих сполук є важливою екологічною та соціальною проблемою. Прийняття Монреальського протоколу, про речовини, що виснажують озоновий шар, забезпечило контроль за викидами і утилізацією небезпечних речовин, в тому числі хлорорганічних [1]. Сучасні технологічні рішення дозволяють збирати, зберігати та оперувати ними в закритій системі без можливості забруднення навколишнього середовища. Нині значна частина цих продуктів утилізується спалюванням, без виділення цільових продуктів або з використанням складного технологічного устаткування для отримання вторинних продуктів. В основному ці виробництва спрямовані на отримання хлороводню і хлорорганічних розчинників. Незважаючи на те, що спалювання є усталеним та швидким методом знешкодження хлорованих органічних відходів, внаслідок цього можуть утворюватися більш токсичні сполуки, такі як діоксини [2]. Термоліз вимагає великих енергетичних затрат, призводить до безповоротних втрат вуглецевої складової відходів. Порівняно зі спалюванням, каталітичне дегідрохлорування (ДГХ) хлорованих вуглеводнів до цінних хімічних речовин є екологічно



чистим, раціональним і ефективним способом повторного використання відходів.

1,1,2-трихлоретан (ТХЕ) є типовим представником хлорованих вуглеводнів, він утворюється та накопичується у відходах виробництва вініхлориду на підприємстві ТОВ «Карпатнафтохім» у м. Калуш [3].

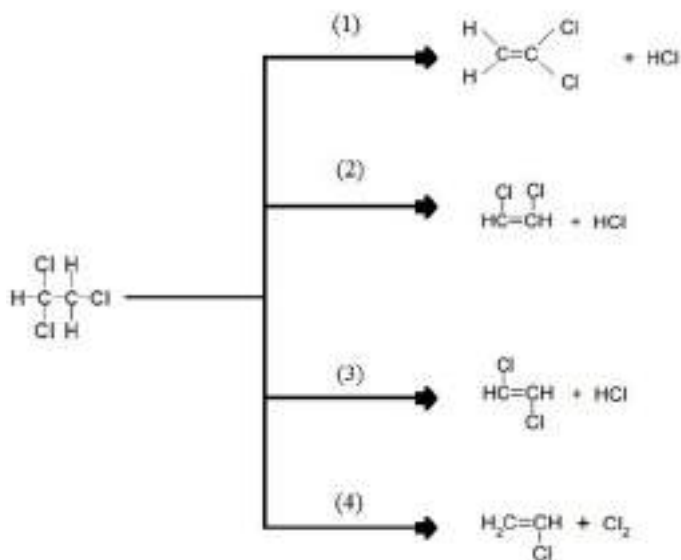


Рис.1. Можливі продукти дегідрохлорування ТХЕ

Дегідрохлорування ТХЕ дає три основні продукти: 1,1-дихлоретен (ВДХ) і 1,2-дихлоретен (1,2-ДХЕ), що включає цис-1,2-дихлоретилен (цис-ДХЕ) і транс-1,2-дихлоретилен (транс-ДХЕ). Цис-ДХЕ широко використовується як розчинник для фарб, смол, воску, каучуку та ацетатних волокон. ВДХ є мономером полівініліденхлориду (ПВДХ), який застосовується як харчова упаковка завдяки своїм добрим пакувальним властивостям [4]. Сьогодні 1,1-ДХЕ, зазвичай, виробляють шляхом дегідрохлорування 1,1,2-трихлоретану рідкофазним методом у присутності водних неорганічних основ, таких як гідроксид кальцію або гідроксид натрію. Однак реакції в рідкій фазі неминуче призводять до утворення великих кількостей забруднених стічних вод [5]. В науковій літературі також наведено дані щодо можливості утворення вініхлориду (ВХ) у ході каталітичного дехлорування ТХЕ.

Найбільша кількість проаналізованих нами робіт присвячена використанню оксидів металів, як каталізаторів дегідрохлорування ТХЕ. Дослідниками було встановлено, що вініліденхлорид під час ДГХ 1,1,2-трихлоретану  $C\overset{\alpha}{H}Cl_2 - C\overset{\beta}{H}_2Cl$  утворюється за рахунок відриву більш реакційноздатного  $\alpha$ -протона слабкоосновними центрами поверхні каталізатора. Існує припущення, що сильно основні центри реагуватимуть з менш рухливим  $\beta$ -протоном, і це може привести до утворення дихлоретиленів, які є менш цінними продуктами [6]. Перевагою оксидних каталізаторів, незважаючи на можливі хімічні перетворення під час дегідрохлорування, є найкраща селективність та найдовший термін експлуатації.

Завданням дослідження було знайти ефективних гетерогенний каталізатор дегідрохлорування 1,1,2-трихлоретану з одержанням цінних мономерів.

#### **Проведення каталітичного експерименту.**

Процес каталітичного дегідрохлорування проводився в трубчастому реакторі з нержавіючої сталі з нерухомим шаром каталізатора при атмосферному тиску. В реактор довжиною 400 мм і внутрішнім діаметром 4 мм завантажували шар каталізатора об'ємом 5мл, після чого проводили обробку повітрям із швидкістю потоку 30 мл/хв при поступовому нагріванні до 350 °С протягом 5 год.

Каталітичний експеримент відбувався наступним чином: потік реагенту певної концентрації створюється у системі випарювач-конденсатор шляхом пропускання  $Ag$  через барботер, що містить рідкий ТХЕ з подальшим насиченням парів при нижчій температурі. Після стабілізації концентрації, потік реагенту вводили в реактор. Склад вихідних речовин і продуктів реакції аналізували газовим хроматографом, обладнаним полум'яно-іонізаційним детектором, на насадковій колонці довжиною 3 м, внутрішнім діаметром 3 мм, заповненою 3% OV-225 на Inerton-Super при температурі 70°C.

Для дослідження був використаний 1,1,2-трихлоретан з чистотою 99,5%. Ідентифікацію продуктів реакції та калібрування проводили модельними сумішами чистих сполук (вінілхлорид, вініліденхлорид, транс- та цис-1,2-дихлоретилен, 1,1,2-трихлоретан).

Концентрацію ТХЕ в аргоні обчислювали виходячи з тиску насиченого пару ( $P_i$ ) при температурі випарювача і тиску ( $P$ ) у конденсаторі:

$$C_v = 100 \times P_i / P (\% \text{ об.}) \text{ або } C = C_v / 2240 (\text{моль} / \text{л}) \quad (1)$$

де  $C_v$  і  $C$  - концентрація ТХЕ у перерахунку на об'єм.% і моль / л відповідно.

Ступінь перетворення 1,1,2-трихлоретану,  $X$  (%), оцінювали за формулою:

$$X = 100 \times (C_{\text{ТХЕ}}^0 - C_{\text{ТХЕ}}) / C_{\text{ТХЕ}}^0 \quad (2)$$

де  $C_{\text{ТХЕ}}^0$  і  $C_{\text{ТХЕ}}$  - концентрації ТХЕ до і після реакції.

Селективність для конкретного продукту  $S_i$  (%) розраховували як:

$$S_i = 100 \times C_i / (C_{\text{ТХЕ}}^0 - C_{\text{ТХЕ}}) \quad (3)$$

де  $C_i$  - концентрація продукту (моль/л).

Матеріальний баланс за вуглецем (%) у вихідній речовині і продуктах розраховували за формулою:

$$\delta = 100 - (C_{\text{ТХЕ}}^0 - C_{\text{ТХЕ}} - \sum C_{\text{прод}}) \times 100 / C_{\text{ТХЕ}}^0 \quad (4)$$

### Результати і обговорення.

У ході роботи було досліджено каталітичну активність каталізатора на основі солей перехідних металів. Дані щодо складу і методики приготування не наводяться у зв'язку з намірами запатентувати даний каталізатор.

Таблиця. 1

#### Результати каталітичного експерименту

τ, год	Т, °С	C°ТХЕ·10 <sup>3</sup> моль/ л	δ, %	S, %		X, %
				Вінілхлорид	цис-ДХЕ	
2	222	1.97	83.5	79.9	3.6	100
4	193	1.97	83.1	82.5	0.6	100
6	193	1.97	83.3	82.5	0.8	100

7	170	1.97	85.9	85.5	0.4	100
8	141	1.97	88.2	88.1	0.1	100
9	141	1.97	86.9	86.8	0.1	100
10	163	1.53	77.3	75.4	0.4	94.1
11	145	1.53	80.6	74.4	0.3	76.7
12	151	1.53	78.8	72.6	0.5	78.6

Як видно з таблиці, реакція над даним каталізатором характеризується високою активністю та селективністю до ВХ, але конверсія ТХЕ починає падати через перші 10 год і досягає 76-78%. Можна припустити, що поруч з реакцією дехлорування відбувається олігомеризація продуктів [7]. Це припущення підтверджується появою широкого піку невстановленого «важкого» продукту при нагріванні хроматографічної колонки до 170 °С. Таким чином, дезактивація каталізатора викликається утворенням поверхневої полімерної плівки і, можливо, хлоруванням активних ділянок.

Зараз продовжується активне дослідження роботи цього каталізатора, ведеться пошук шляхів відновлення активності і вивчення його параметрів.

**Подяка.** Автори висловлюють щире подяку науковому керівникові, професору Ю. В. Білокопитову за спільну плідну працю над дослідженням.

#### **Список використаних джерел:**

1. Ozone Secretariat. Twelfth edition (2018). 2018. 918 p.
2. Гликин М. А. et al. К вопросу переработки отходов производства винилхлорида с утилизацией хлора До питання переробки відходів виробництва вінілхлориду з утилізацією хлору. 2000. Р 66–68.
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. 2017.
4. Платэ Н. А., Сливинский Е. В., Технологии О.Х.И. Основы химии и технологии мономеров. 2002.
5. Lich B. Applied industrial catalysis. 1983.
6. Mochida i. Et al. Catalytic dehydrochlorination of 1,1,2-trichloroethane into 1,1-dichloroethylene over alumina promoted by water. *Chem. Lett.* 1975. Vol 4, № 7. Р 745–746.
7. Bartholomew C. H. Mechanisms of catalyst deactivation. *Appl. Catal. A*

Gen. 2001.

**Науковий керівник: Ю. В. Білокопитов**, д.х.н., професор,  
Національний авіаційний університет

## СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

### **ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

*Голова секції:*

Д. О. Шевчук, д.т.н., професор, завідувач кафедри організації авіаційних перевезень Факультету транспорту, менеджменту і логістики Національного авіаційного факультету;

*Секретар секції:*

Д. В. Мединський, асистент кафедри організації авіаційних перевезень Факультету транспорту, менеджменту і логістики Національного авіаційного факультету.

### **ЕКОЛОГІЯ ТА ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

*Модератор:*

Л. М. Мельничук, д.держ.упр., начальник центру організації освітньо-наукової діяльності студентів і молодих учених

*Наукові експерти:*

Ю. В. Білокопитов, д.х.н., професор, професор кафедри хімії та хімічної технології Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій

Т. І. Білик, к.біол.н., доцент, доцент кафедри екології Факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій