

ISSN 2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

3.2018

---

# ВІСНИК

**Хмельницького  
національного  
університету**

**Технічні науки**

---

**Technical sciences**

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2018, Issue 3, Volume 261

Хмельницький

**ВІСНИК**  
**ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання (перереєстрація)  
Наказ МОН 04.07.2014 №793

*Засновано в липні 1997 р.*

*Виходить 6 разів на рік*

---

Хмельницький, 2018, № 3 (247)

---

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет**  
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Включено до науково-метричних баз:

<b>Google Scholar</b>	<a href="http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aUP9OYAAAAJ">http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aUP9OYAAAAJ</a>
<b>Index Copernicus</b>	<a href="http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3">http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3</a>
<b>РИНЦ</b>	<a href="http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650">http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650</a>
<b>Polish Scholarly Bibliography</b>	<a href="https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221">https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221</a>

<b>Головний редактор</b>	<b>Скиба М. Є.</b> , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, ректор Хмельницького національного університету
<b>Заступник головного редактора</b>	<b>Войнарченко М. П.</b> , д. е. н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, член-кореспондент Національної академії наук України, проректор з науково-педагогічної та наукової роботи, перший проректор Хмельницького національного університету
<b>Голова редакційної колегії серії "Технічні науки"</b>	<b>Бойко Ю.М.</b> , д. т. н., професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки, начальник науково-дослідної частини Хмельницького національного університету
<b>Відповідальний секретар</b>	<b>Гуляєва В. О.</b> , завідувач відділом інтелектуальної власності і трансферу технологій Хмельницького національного університету

**Ч л е н и р е д к о л е г і ї**

*Технічні науки*

Березненко М.П., д.т.н., Бойко Ю.М., д.т.н. Бубулис Алгимантас, д.т.н. (Литва), Гордєєв А.І., д.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Жултовський Б., д.т.н. (Польща), Зубков А.М., д.т.н., Каплун В.Г., д.т.н., Карван С.А., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Кіницький Я.Т., д.т.н., Коновал В.П., д.т.н., Коробко Є.В., д.т.н. (Білорусія), Костогриз С.Г., д.т.н., Лунтовський А.О., д.т.н. (Німеччина), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мартинюк В.В., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Натріашвілі Т.М., д.т.н. (Грузія), Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Поморова О.В., д.т.н., Попов В., доктор природничих наук (Німеччина), Прохорова І.А., д.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Ройзман В.П., д.т.н., Рудницький В.Б., д.фiз.-мат.н., Сарібеков Г.С., д.т.н., Семенко А.І., д.т.н., Сілін Р.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Сорокатиї Р.В., д.т.н., Сурженко Є.Я., д.т.н. (Росія), Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Ясній П.В., д.т.н.

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 11 від 23.05.2018 р.**

**Адреса редакції:** редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"  
Хмельницький національний університет  
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

<b>т</b>	(038-22) 2-51-08	<b>web:</b>	<a href="http://journals.khnu.km.ua/vestnik">http://journals.khnu.km.ua/vestnik</a>
<b>e-mail:</b>	<a href="mailto:visnyk.khnu@gmail.com">visnyk.khnu@gmail.com</a>		<a href="http://vestnik.ho.com.ua">http://vestnik.ho.com.ua</a>
			<a href="http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm">http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm</a>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року

© Хмельницький національний університет, 2018  
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2018

## ЗМІСТ

**МАШИНОЗНАВСТВО ТА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ В МАШИНОБУДУВАННІ**

<b>В.Ю. ЩЕРБАНЬ, Н.І. МУРЗА, А.М. КИРИЧЕНКО, Г.В. МЕЛЬНИК, М.І. ШОЛУДЬКО</b> ВИКОРИСТАННЯ РЕКУРСИВНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГУ НИТОК В РОБОЧІЙ ЗОНІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	7
<b>Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, Л.М. ТРАСКОВЕЦЬКА, П.В. МІНЯЙЛО</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАЖЛИВИХ МЕХАНІЗМІВ ІЗ ЗУПИНКОЮ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ, ОДЕРЖАНИХ НА БАЗІ ПРЯМОЛІНІЙНО-НАПРЯМНОГО КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО МЕХАНІЗМУ .....	12
<b>О.Ю. ОЛІЙНИК, М.М. РУБАНКА</b> ВІДЦЕНТРОВА ФРИКЦІЙНА МУФТА З РЕГУЛЬОВАНИМ КРУТНИМ МОМЕНТОМ ТА ВИБІР ЇЇ ПАРАМЕТРІВ .....	16
<b>Ю.Г. КАЧАН, Ю.Б. ЛІУШ, В.Ю. МІЩЕНКО</b> АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВАННИ РУДНОТЕРМІЧНОЇ ПЕЧІ .....	19
<b>В.Г. ЦІРУК</b> ЗАХИСТ ПРИВОДНИХ ДВИГУНІВ ВІД ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ У ВИРОБАХ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ .....	23
<b>В.М. КОРЕНДІЙ, П.Р. ДМИТЕРКО, Ю.Я. НОВІЦЬКИЙ</b> ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАЦІОНАРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБМОТУВАННЯ ПІДДОНІВ З ВАНТАЖАМИ .....	27
<b>І.В. ДРАЧ</b> ДИНАМІКА РІДИННОГО АВТОБАЛАНСИРА: ВПЛИВ КОРІОЛІСОВИХ СИЛ .....	39
<b>Р.Т. КАРПИК, Л.Д. ПІТУЛЕЙ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ЯКІСТЬ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗУБКІВ ШАРОШОК БУРОВИХ ДОЛІТ .....	49
<b>В.В. ГОРІН, В.В. СЕРЕДА</b> РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ І ТЕПЛООБМІНУ ПІД .....	54
<b>С.О. КУЛЬМАТИЦЬКИЙ, А.С. КУЛЬМАТИЦЬКА</b> ВИКОРИСТАННЯ МАЛИХ ГЕС ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ .....	64
<b>О.М. ПИЛИПЕНКО, О.В. БАТРАЧЕНКО, І.М. ЛИТОВЧЕНКО</b> ЗМЕНШЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ОПОРУ КАБІНИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЮ .....	69
<b>М. GRYNIEWICZ-JAWORSKA</b> ANALYSIS OF THE CHOICE AND LOCATION OF WIND TURBINES IN POLAND AND EUROPE .....	74
<b>О.М. СИНЮК, О.А. КРАВЧУК, А.Ю. КРАВЧУК</b> ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОПРУЖНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ .....	78
<b>О.А. ДОРОФЄВ</b> МОДЕЛІ ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ АРХІТЕКТУРНИХ СПОРУД ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ ПРИ ЇХ СПОРУДЖЕННІ .....	91
<b>С.Л. ГОРЯЩЕНКО, В.Р. ЛЮБЧИК, С.В. УСПАЛЕНКО</b> РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОГО КОТЛА ТА ЙОГО ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ .....	96

## ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<b>А.І. СЛАВІНСЬКА</b> МОДЕЛЬ КОРЕГУВАННЯ ЕТАПІВ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ РІЗНИХ ЦІНОВИХ ГРУП .....	101
<b>О.В. НАХАЙЧУК, Е.А. ЗАХАРОВА, А.А. МІЗРАХ, Л.В. КОНДРАТЬЄВА</b> УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРАДАЦІЇ ЛЕКАЛ ДЕТАЛЕЙ НОВИХ МОДЕЛЕЙ ЖІНОЧИХ КОРСЕТНИХ ВИРОБІВ .....	108
<b>В.І. ЧУПРИНКА, Г.Ю. ЗЕЛІНСЬКИЙ, Н.В. ЧУПРИНКА</b> ЗГЛАДЖУВАННЯ ЗОВНІШНІХ КОНТУРІВ ПЛОСКИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДУГ КІЛ .....	112
<b>Д.А. МАКАТЬОРА, А.Ю. ВЛАСЕНКО, Л.Є. ГАЛАВСЬКА</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ВЗУТТЯ ШЛЯХОМ МОДУЛЬНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ КАБЛУКА .....	118
<b>С.О. БІЛІНСЬКИЙ, А.Г. ДАНИЛКОВИЧ</b> ОСОБЛИВОСТІ ПОЦЕСІВ ДОДУБЛЮВАННЯ-НАПОВНЮВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ЕЛАСТИЧНИХ ШКІР СВІТЛИХ КОЛЬОРІВ. (оглядова) .....	124
<b>Л.Г. НІКОЛАЙЧУК</b> СУЧАСНИЙ АСОРТИМЕНТ ТОВАРІВ ІЗ ТЕХНІЧНИХ КОНОПЕЛЬ .....	130
<b>А.В. МИЩЕНКО, Е.А. ВЕНГЕР, Д.С. КАЧУК, И.О. КУЛИКОВА</b> ВЛИЯНИЕ ИОННЫХ ГРУПП В ИОНОСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ПИГМЕНТНОЙ ПЕЧАТИ .....	135
<b>В.Г. ЄФІМОВА, Т.М. ПИЛИПЕНКО</b> РОЗРОБКА СКЛАДУ КОСМЕТИЧНОГО КРЕМУ ANTI-AGE СПРЯМУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МУЦИНА РАВЛИКА .....	141
<b>РАДІОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ</b>	
<b>О.С. САВЕНКО</b> ФОРМАЛІЗАЦІЯ ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ АЛГЕБРАЇЧНИХ СИСТЕМ .....	145
<b>О.М. ЯШИНА, О.А. КРАВЧУК</b> ВИКОРИСТАННЯ МОВИ GO У РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	155
<b>С.Р. КРАСИЛЬНИКОВ</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ЗАДАЧ СЕРЕД WEB - РОЗРОБНИКІВ .....	158
<b>Ю.Н. ШМЕЛЕВ, С.И. ВЛАДОВ, С.Н. БОЙКО, Я.Р. КЛИМОВА, С.Я. ВИШНЕВСКИЙ</b> ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....	165
<b>А.А. МЯСИЩЕВ</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТЫ ROBOTDYN MEGA2560 PRO ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПОЛЕТНОГО КОНТРОЛЛЕРА ГЕКСАКОПТЕРА .....	171
<b>О.О. ПЕТРОВА, Є.С. ЛИСЕНКО, Ю.В. КАЧАНОВ</b> ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ СТИЛІВ СПОРУД .....	180
<b>О.А. ПАСІЧНИК</b> ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПУ ДЕКОМПОЗИЦІЇ ПІД ЧАС КОМП'ЮТЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДІЯЛЬНОСТІ .....	186

<b>В.М. КРАВЧУК, О.А. ПАСІЧНИК</b> ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДАЖІВ КОМП'ЮТЕРНИХ ІГОР .....	191
<b>О.І. POLIKAROVSKYKH, L.O. KOVTUN, L.V. KARPOVA, I.V. GULA</b> MODERN REFERENCE OSCILLATORS FOR FREQUENCY SYNTHESIS .....	195
<b>М.В. ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ, Р.П. ПАЛАМАРЧУК</b> ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ У ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ .....	202
<b>В.І. МИКИТЕНКО, П.С. КОТЛЯР, Ю.А. ЛЕГА</b> ЗОРЯНИЙ ДАТЧИК ДЛЯ УНІВЕРСИТЕТСЬКОГО НАНОСУПУТНИКА .....	208
<b>Ю.М. НЕЛЮБІН, О.А. ПАСІЧНИК</b> ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ .....	213
<b>В.Ю. ДЯЧУК, О.А. ПАСІЧНИК</b> СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЕКТАМИ .....	219
<b>О.В. МАЗУРЕЦЬ</b> ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СЕМАНТИЧНИХ ТЕРМІНІВ В ЕЛЕМЕНТАХ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	223
<b>А.В. СНІГУР</b> АНАЛІЗ СТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗОРОВОГО КАНАЛУ СПРИЙНЯТТЯ ЛЮДИНИ .....	231
<b>Ю.Н. ШМЕЛЕВ, С.И. ВЛАДОВ, С.Н. БОЙКО, Я.Р. КЛИМОВА, С.Я. ВИШНЕВСКИЙ</b> ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВЕРТОЛЕТА МИ-8МТВ ПРИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ В РЕАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ .....	241
<b>Б.П. КНИШ, Я.А. КУЛИК, М.В. БАРАБАН</b> КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ ТОВАРІВ .....	246
<b>В.М. ГОДОВАНЮК, І.В. ДОКТОРОВИЧ, В.Г. ЮР'ЄВ, І.М. ФОДЧУК, Є.О. ШОРОК</b> ДОДАТКОВІ ПОХИБКИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ОСВІТЛЮВАЧАХ .....	253
<b>В.С. ДМИТРІЄВ</b> ВПЛИВ СПОСОБУ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ GaAs-ПІДКЛАДКИ НА ПИТОМИЙ ПЕРЕХІДНИЙ ОПІР ОМІЧНИХ КОНТАКТІВ НА ОСНОВІ СРІБЛА .....	258
<b>Г.І. МІХАЛЕВСЬКА, В.Ц. МІХАЛЕВСЬКИЙ, Л.Е. БАЙДИЧ</b> ОКРЕМІ ПИТАННЯ КОМУНІКАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ЯК ЧИННИК РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА .....	264
<b>Н.В. ГРИПІНСЬКА, Н.І. ПРАВОРСЬКА</b> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ .....	270
<b>С.М. КВАТЕРНЮК</b> ОЦІНЮВАННЯ ДОСТОВІРНОСТІ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ БІОМАСИ ФІТОПЛАНКТОНУ У ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩАХ .....	275
<b>V.V. ROMANUKA</b> MAXIMIZATION OF COLLECTIVE UTILITY AND MINIMIZATION OF PAYOFF PARITY LOSSES FOR ORDERING AND SCALING EFFICIENT NASH EQUILIBRIA IN TRIMATRIX GAMES WITH ASYMMETRIC PAYOFFS .....	279
<b>К.Л. ГОРЯЩЕНКО</b> НЕДОЛІКИ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ПОШУКУ ВІДСТАНЕЙ ФАЗОВИМИ МЕТОДАМИ У ВИПАДКУ ДЕКІЛЬКОХ ОБ'ЄКТІВ .....	282

## КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ ТОВАРІВ

В роботі розглянуто основні види безпілотних літальних апаратів та ознаки, за якими вони класифікуються, а саме – за типом системи управління, масою, масштабом завдань, паливною системою, типом крила, тривалістю польоту, практичною стелею польоту, типом літального апарату, базуванням, правилами польотів, кількістю використань, типом паливного баку, радіусом дії, максимальною швидкістю польоту, кількістю двигунів, використанням, напрямком підйому/посадки, типом підйому/посадки, часом одержання зібраної інформації. На основі проведеного аналізу запропоновано класифікацію безпілотних літальних апаратів за різними критеріями та завданнями, які на них покладаються. Базуючись на запропонованій класифікації, визначено тип безпілотних літальних апаратів, який поєднує всі основні характеристики літальних апаратів для доставки товарів в межах певного населеного пункту або території. Крім того, проведено моделювання системи доставки товарів за допомогою безпілотних літальних апаратів.

**Ключові слова:** авіація, безпілотні літальні апарати, класифікація, технологічність, доставка товарів.

V.P. KNYSH, Y.A. KULYK, M.V. BARABAN  
Vinnytsya National Technical University

### CLASSIFICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AND THEIR USE FOR DELIVERY OF GOODS

The paper deals with the main types of unmanned aerial vehicles (UAV) and the features by which they are categorized, namely, by type of control system, by mass, by scale of tasks, by fuel system, by type of wing, by flight duration, by practical flight ceiling, by type the aircraft, based on the rules of the flight, the number of uses, the type of fuel tank, the radius of action, the maximum flight speed, the number of engines, by the use, the direction of lifting / landing, the type of lift / landing, by the time received gathered information. On the basis of the analysis in this paper, a classification of unmanned aerial vehicles is proposed based on various criteria and tasks that are assigned to them. Based on the proposed classification, the type of unmanned aerial vehicles is defined, which combines all the main characteristics of aircraft for the delivery of goods within a certain settlement or territory. In addition, the modelling of the delivery system of goods with the help of unmanned aerial vehicles was carried out. It is shown that the main problems in transport infrastructure are not influenced by the system of delivery of goods by means of UAV. It was shown that it is best to use tactical, small-sized (up to 600 kg.), for small cargoes (not more than 100 kg), low-level (flight height up to 1050 m), small-sized (up to 3 x 3 meters), reusable, low-speed, near-range distance with ground-based. The main parameters for the goods delivery system has been mathematically modelled for calculating the average time for execution of one delivery, the average UAV idle time, the average number of goods in the system, the summarizing time for delivery of goods, the probability of a simple UAV situation or the absence of free UAVs that can perform delivery of goods, the intensity of service orders and the intensity of receipt of applications for delivery and the economic efficiency of the delivery system of goods, taking into account the income costs in the delivery of goods without lost and downtime UAV maintenance costs.

**Keywords:** aviation, unmanned aerial vehicles, classification, technology, delivery of goods.

### Вступ

Україна володіє повним циклом створення авіаційної техніки і займає значне місце на світовому авіаційному ринку в секторі транспортної та регіональної пасажирської авіації, що дозволяє розробляти та виробляти авіаційну техніку за такими напрямками, як літакобудування, бортове радіоелектронне обладнання, орієнтоване на використання супутникових систем зв'язку, навігації та спостереження, надлегкі й легкі літальні апарати, вертольотобудування, безпілотні літальні апарати (БПЛА) [1]. Під останніми згідно термінології слід розуміти будь-які авіаційні літальні апарати без пілота (екіпажу) на борту, призначені для виконання завдань, які властиві пілотованим літальним апаратам [2].

БПЛА характеризуються такими перевагами над пілотованою авіатехнікою, як: відсутність в необхідності в екіпажі та системах його життєзабезпечення, аеродромах; відносна невисока вартість і низькі витрати на їх створення, виробництво та експлуатацію; порівняно незначні масогабаритні параметри в порівнянні з високою надійністю, значною тривалістю і дальністю польоту, маневреністю та переліком цільового спорядження, яке може бути розміщене на борту, тощо. БПЛА впроваджуються на всіх сферах людських інтересів, причому відзначається виникнення сфер застосування, де БПЛА не мають пілотованої альтернативи [3]. У зв'язку з викладеним не викликає жодних сумнівів в широкій різноманітності БПЛА як в сферах їх застосування, так і в завданнях, які перед ними ставлять.

Ця різноманітність зумовлена технологічністю БПЛА, яка характеризується ознаками, що визначають види цих літальних апаратів, причому збільшення сфер їх використання відповідно породжує збільшення кількості цих ознак. Сучасні класифікації не є достатньо повними, оскільки не розглядають всі види БПЛА, які існують на сьогодні, в зв'язку з динамічним розвитком цієї технології. Яскравим прикладом даного технологічного розвитку є використання БПЛА для доставки товарів. Це один із самих перспективних напрямків. Визначення типу БПЛА, який би поєднував всі основні характеристики літальних апаратів для доставки товарів в межах певного населеного пункту або території, та відповідної системи дозволить значно пришвидшити і автоматизувати процес доставки товарів.

Тому метою роботи є аналіз відомих видів БПЛА, їх класифікація та моделювання системи доставки товарів за допомогою БПЛА, тип якого визначений на основі класифікації.

### Класифікація безпілотних літальних апаратів

Для практичного застосування та розробки БПЛА важливим є дослідження питання їх класифікації (рис. 1).

Основними класифікаційними ознаками, згідно рис. 1, є: за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації.

Тип системи управління визначає вид БПЛА. Дистанційно пілотовані літальні апарати керуються безпосередньо оператором в межах видимості через наземну станцію. Вони обладнані цифровим каналом передачі даних, які можуть передаватися на землю в режимі реального часу в межах прямої видимості або через супутниковий канал зі швидкістю до 50 Мбіт/с [4]. Дистанційно керовані працюють автономно, але можуть керуватися пілотом, який використовує лише зворотній зв'язок через інші підсистеми контролю. Такі літальні апарати містять аналоговий та цифровий канали, причому перший забезпечує стабільну передачу інформації на відстань до 40 км, а другий – до 15 км [5]. Автоматичні літальні апарати виконують попередньо запрограмовані дії. На БПЛА такого типу розміщується комплексні системи автоматичного пілотування з GPS приймачами, гіроскопами, акселерометрами, різноманітними датчиками, що дозволяє працювати в режимі реального часу та передавати дані по каналу зв'язку з частотою 1 МГц [6, 7]. Дистанційно керовані авіаційні системи керуються вбудованими системами, наприклад UASAnalyzer [6].

Маса БПЛА поділяє їх на малорозмірні – до 200 кг, середньорозмірні – 200–2000 кг, великорозмірні – 2000–5000 кг, важкі – більше 5000 кг [8].

БПЛА за масштабом завдань, які вирішуються, поділяються на тактичні, тобто дальність їх польоту не перевищує 80 км, оперативно-тактичні – до 300 км, оперативно-стратегічні – до 700 км [9].

Паливна система БПЛА виділяє їх на такі види: монозаправні – одноразова заправка паливної системи, яка виконуються в промислових умовах виробником на заводі, полізаправні – багаторазова заправка, яка може, в свою чергу, бути наземною – виконується на землі, платформна – морська (на борту морського судна) та бортова (на борту пілотованого літального апарату) [5]. Монозаправні літальні апарати споживають від 4 до 25 кг палива, тоді як полізаправні зазвичай живляться від паливних елементів та акумуляторів [9].

БПЛА за типом крила поділяються на фіксовані – літакового (забезпечує швидкість польоту близько 50–60 км/год) та гелікоптерного (забезпечує швидкість польоту близько 100 км/год) типів, плаваючі – використовуються в конвертипланах (дозволяє виконувати вертикальний зліт/посадку і має можливість фізично повертати двигуни або пропелери на 90 градусів для створення вертикальної підйомної сили або горизонтальної тягової) [5].

Тривалість польоту БПЛА різна і поділяє їх на малої тривалості – менше 6 год, середньої тривалості – 6–12 год, великої тривалості – більше 12 год [11].

Практична стеля польоту БПЛА виділяє їх на маловисотні – менше 1 км, середньовисотні – 1–4 км, висотні – 4–12 км, стратосферні – більше 12 км [11].

Літальні апарати за типом поділяються за літаковою аеродинамічною схемою, за гелікоптерною аеродинамічною схемою та легші за повітря. Зазвичай літакова схема передбачає більшу тривалість та дальність польоту БПЛА – більше 12 год та не менше 1500 км, відповідно, та мають більшу швидкість (можуть навіть перевищувати швидкість звуку). В той самий час гелікоптерна схема забезпечує більшу маневреність літального апарату [12].

БПЛА за базуванням поділяються на наземні, які пересуваються по земній поверхні, морські, орієнтовані на роботу у водному середовищі, та космічні, орієнтовані на вихід у космос. Літальні апарати наземного базування розраховані на досить великий радіус дії – не менше 1500 км, морського базування для значно менших відстаней – до 300 км, а космічні – понад 100 км [13].

БПЛА згідно правил польотів поділяються на візуальні, якщо вони знаходяться і виконують політ в межах видимості пілота, який керує і контролює їх в світлий час доби (5 км); приладовий, якщо політ виконується в автоматичному режимі не лише в межах видимої зони, але й в сліпих зонах в темний час доби (понад 150 км); візуально приладовий, коли під час польоту використовуються візуальні та приладові прийоми (5 – 150 км) [13].

БПЛА за кількістю використань поділяються на одноразові, якщо не передбачена система посадки, та багаторазові, які використовуються велику кількість разів (понад 10 разів) і можуть вирішувати різні задачі [13].

Тип паливного баку БПЛА є важливою конструкторською характеристикою, що визначає базові літальні апарати, які мають основний паливний бак, та базово-резервні – мають основний та резервний паливні баки. Додаткові паливні баки дозволяють збільшувати дальність (до 2000 км) та тривалість польоту (до 24 год) [6].

Радіус дії БПЛА варіюється в широких межах. Виділяють п'ять основних видів: ближнього радіусу дії – до 40 км, малого – до 70 км, середнього – до 300 км, дальнього – до 1500 км, великої дальності польоту – не менше 1500 км [14].

За максимальною швидкістю польоту БПЛА поділяються на замало швидкісні – до 100 км/год, малошвидкісні – від 100 до 300 км/год, середньшвидкісні – від 300 до 600 км/год, надзвукові – перевищують швидкість звуку до 5 разів [14].

БПЛА за кількістю двигунів поділяються на одновигунні, дводвигунні, багатодвигунні, бездвигунні. В залежності від типу та кількості двигунів потужність цих літальних апаратів може досягати 3 МВт (близько 4 тис. к.с.) [12].

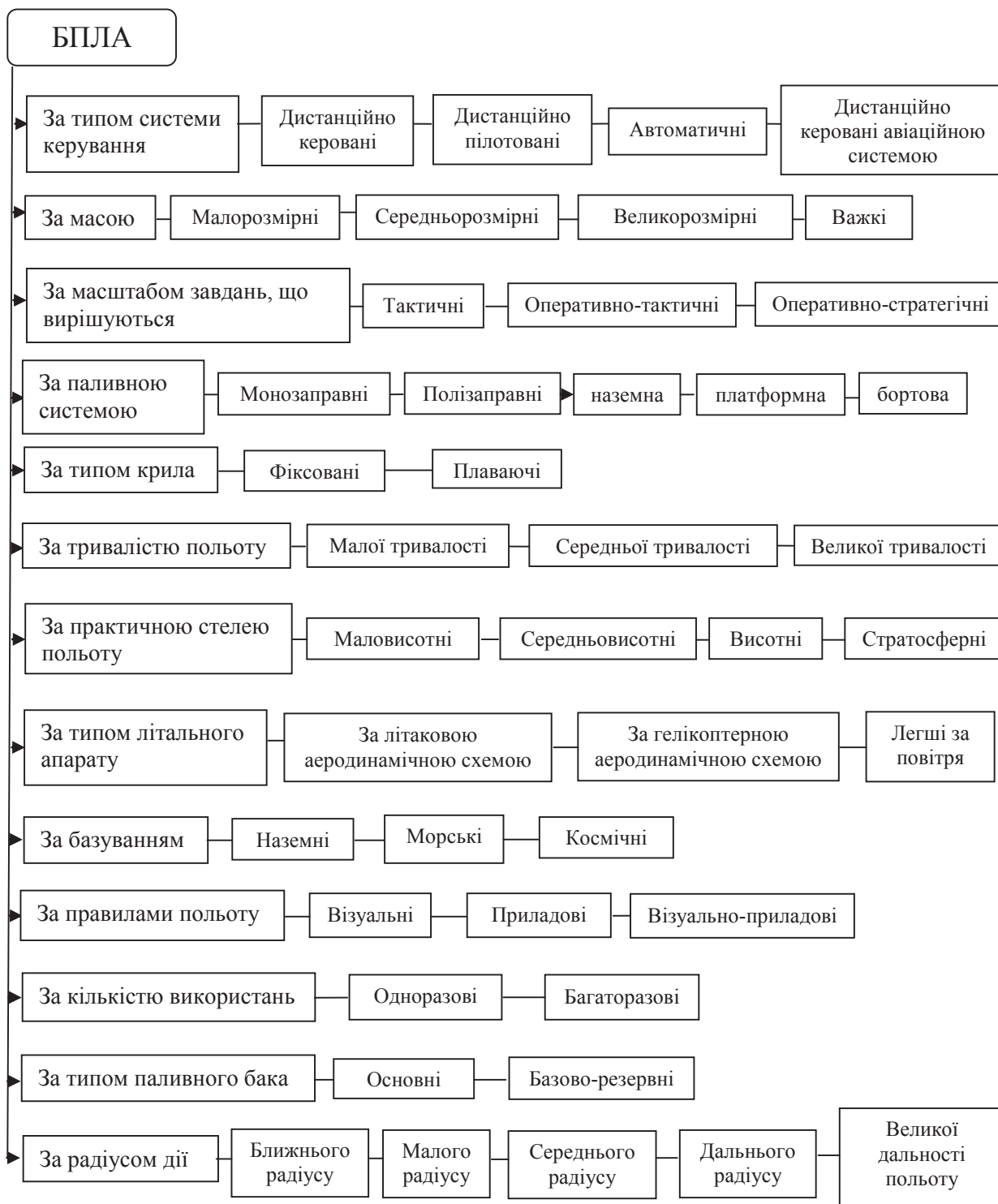
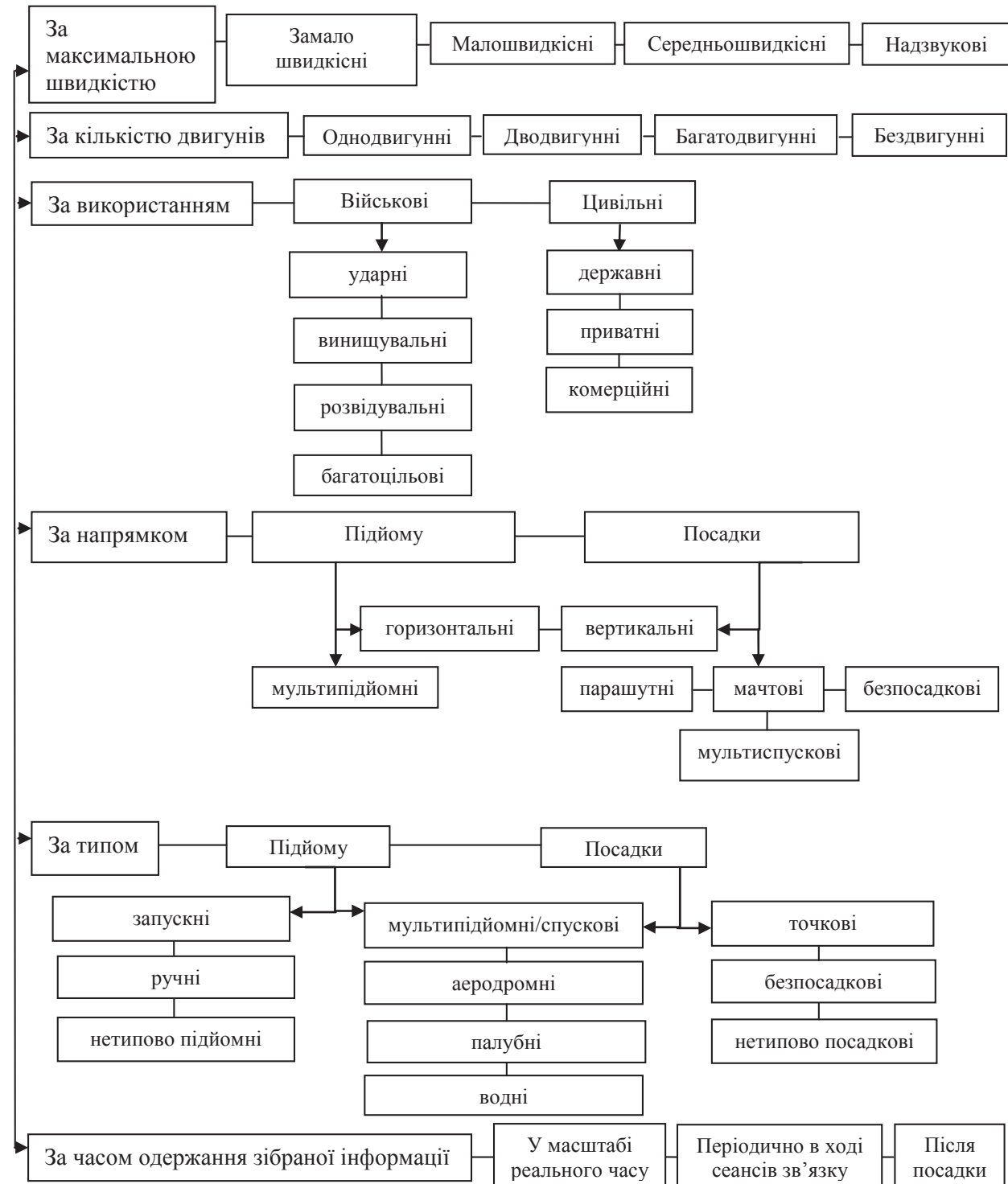


Рис. 1. Класифікація безпілотних літальних апаратів

БПЛА широко використовуються в усіх сферах людської діяльності, які в загальному можна поділити на: військові та цивільні. Цивільні поділяються на державні, приватні, комерційні. В той самий час серед військових виділяють ударні, винищувальні, розвідувальні, багатоцільові [12]. Ці БПЛА різняться багатьма параметрами, причому зазвичай військові мають більшу потужність, радіус дії, тривалість польоту тощо. Цивільні БПЛА конструктивно масово представлені у вигляді квадрокоптерів, найпотужніші з яких мають швидкість 160 км/год, максимальну висоту 3000 м, корисне навантаження не більше 100 кг та



потужність 140 к.с. [15].



Продовження рис.1. Класифікація безпілотних літальних апаратів

БПЛА за напрямком підйому/посадки поділяються на горизонтальні та вертикальні. Також виділяють мультипідйомні та мультиспускові літальні апарати, тобто ті, напрям руху яких не залежать від поверхні, з якої здійснюється підйом чи посадка. Крім того, за посадкою виділяють мачтові, парашутні [5, 6] та безпосадкові БПЛА. Останні зазвичай є одноразовими та розраховані на малий радіус дії – до 10 км [16].

За типом підйому/посадки: мультипідйомні/спускові, аеродромні, палубні, водні. Мультипідйомні/спускові БПЛА не залежать від поверхні, з якої здійснюється підйом чи посадка. Крім того, за типом підйому виділяють запускні, ручні [5] та нетипово підйомні, а за типом посадки – точкові, безпосадкові та нетипово посадкові. Нетипово підйомні та посадкові БПЛА – це літальні апарати, які не мають вищенаведених особливостей запуску. На підйом/посадку значно впливає швидкість вітру біля землі, яка не повинна перевищувати 15 м/с [13].

БПЛА часом одержання зібраної інформації: у масштабі реального часу, періодично в ході сеансів зв'язку, після посадки. Передача даних в режимі реального часу вимагає наявності в конструкції БПЛА

цифрового каналу з мінімальною швидкістю передачі 1 МБіт/с. В інших типах достатньо аналогового каналу та/або запам'ятовуючого пристрою [16].

### Вибір типу безпілотних літальних апаратів для доставки товарів

Базуючись на розробленій вище класифікації, виділимо характеристики, що визначають тип БПЛА, який є оптимальним для доставки товарів в межах певного населеного пункту або території.

Найбільш перспективними і масовими для цивільного застосування є БПЛА для доставки невеликих (до 100 кг) товарів. Також, згідно запропонованої класифікації, можна вважати придатними малорозмірні, тактичні БПЛА, оскільки їхня маса (до 600 кг) дозволяє перевозити більшість магабаритних (розміром не більше 3х3 метри) та невеликих (до 100 кг) вантажів. Для доставки товарів найкраще підходять маловисотні БПЛА, оскільки висотні транспортні канали (понад 1050 м) хоча і менш завантажені та перевищують всі будівлі світу, потребують додаткового часу та пального на набір висоти. Також там панують більш сильні вітри, яким тактичні БПЛА важко протистояти. Оскільки доставка товарів відбувається між сусідніми населеними пунктами або в межах одного, то це передбачає наземне базування даних літальних апаратів. Для доставки товарів необхідні дешеві, надійні та багаторазові БПЛА. Оскільки часто здійснюється доставка однотипних товарів у різні населені пункти, створюють децентралізовані мережі складів. Тому немає необхідності БПЛА долати максимально можливі відстані. Це зумовлює їх використання для ближнього та малого радіусу дії. Для цих відстаней достатньо замало швидкісних БПЛА (до 100 км/год). Також для доставки товарів необхідні цивільні комерційні БПЛА, оскільки військові аналоги створені з урахуванням власної специфіки.

Інші класифікаційні ознаки, зокрема тип системи керування та паливної системи, кількість двигунів, тип підйому/посадки, особливого значення не мають, оскільки відносяться до технічних особливостей і при налагодженій технології на здійснення доставки особливо не впливають.

### Моделювання системи доставки товарів за допомогою безпілотних літальних апаратів

На сьогодні постійно розширюється сфера застосування БПЛА, зокрема в транспорті та доставці товару. Вони можуть скласти конкуренцію традиційним засобам доставки, причому як у великих містах через наявність заторів, так і невеликих населених пунктах з недостатньо розвинутою транспортною інфраструктурою, яка для даного типу транспортного засобу значення не має. Доставка товару є системою, що вимагає автоматизації, яку забезпечують різноманітні системи масового обслуговування.

Для моделювання доставки товарів використаємо системи масового обслуговування з відмовами, оскільки вони найбільш повно описують всі можливі випадки на ринку товарів.

У випадку замовлення товарів, які будуть відправлені багатьма БПЛА, час виконання одного замовлення складе

$$T_0 = T_p / d, \quad (1)$$

де  $T_p$  – середній час на доставку однієї одиниці товару,  $d$  – кількість вільних БПЛА.

В багатьох випадках  $T_p$  можна наближено визначити як ексцентриситет графу території доставки, яка обслуговується, або як час перельоту від окраїни до центру населеного пункту/території.

Інтенсивність обслуговування складе

$$\mu = 1/T_0. \quad (2)$$

Коефіцієнт завантаження системи можна визначити з виразу

$$\rho = \lambda / \mu, \quad (3)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність надходження замовлень на доставку товарів.

У даній системі повинна бути достатня кількість вільних БПЛА для обслуговування багатьох клієнтів з урахування коливання сезонного попиту, оскільки очікування вільного БПЛА часто призводить до збитків компанії, аналогічно до ситуації очікування вільного кур'єра. Імовірність такої ситуації складає [17]

$$p = \frac{\rho^d}{d!} \left[ \frac{1}{1 + \rho + \frac{1}{2!} \rho^2 + \dots + \frac{1}{d!} \rho^d} \right].$$

Припустимо, що за деяку одиницю часу обслуговування замовлень доставки в системі збитки складають величину  $C$ . Також експлуатація одного БПЛА за одиницю часу призводить до витрат  $K$ . У величину  $K$  зазвичай входять як експлуатаційні витрати, так і питомі капітальні витрати на один БПЛА, пов'язані з його придбанням. Вартість обслуговування всіх БПЛА складатиме  $K_d$ . Нехай відмова в обслуговуванні однієї доставки спричиняє збиток  $C_0$ .

Тоді наведені середні витрати, пов'язані з експлуатацією  $d$  БПЛА та з кількістю замовлень в одиницю часу  $T_p$  і збитками від відмов за одиницю часу  $CT_p \lambda$ , в середньому становлять

$$E = C_0 \lambda p + CT_p \lambda + K_d. \quad (4)$$

У цьому виразі  $T_p$ , середній час виконання одного замовлення в системі, а разом з ним і  $CT_p \lambda$  зменшуються зі збільшенням  $d$ . Проте і  $K_d$  за тих самих умов теж збільшується.

Таким чином, основна особливість системи доставки товарів за допомогою БПЛА полягає у виборі такого значення  $d$ , при якому критерій середніх витрат  $E$  буде мінімальним, тобто, щоб витрати, пов'язані

з придбанням та експлуатацією БПЛА і непродуктивним обслуговуванням доставок у системі (простій), були найменшими [18].

Важливим показником є середній час затримки початку обслуговування  $T_z$ , який найчастіше пов'язаний з технічною затримкою, необхідною для початку обслуговування (зокрема час на здійснення посадки та злітання). Сума середнього часу затримки  $T_z$  і власне обслуговування (доставки товару)  $T_0$  дорівнює середньому часу перебування вимоги в системі

$$T_{\text{сист}} = T_z + T_0 \quad (5)$$

Встановимо зв'язок між середнім числом замовлень, що знаходиться в системі, і середнім часом перебування одного замовлення в системі. Так як за одиницю часу в систему надходить  $\lambda$  замовлень, а середня тривалість перебування одного замовлення в системі є  $T_{\text{сист}}$ , то сумарна тривалість знаходження всіх замовлень у системі за одиницю часу дорівнює  $\lambda T_{\text{сист}}$ . Так як в системі знаходиться в середньому  $A$  замовлень, то ця величина дорівнює

$$A = \lambda T_{\text{сист}} \quad (6)$$

Аналогічно, середня кількість замовлень доставки, які очікують виконання, складатиме

$$A_H = \lambda T_z \quad (7)$$

За рахунок додаткових витрат (зміна режиму витрат пального або модернізація парку задіяних апаратів) часто є можливість зменшити середню тривалість доставки однієї одиниці товару  $T_0$ . При цьому буде зменшуватися і величина  $T_{\text{сист}}$  – середній час перебування вимоги в системі. У цьому випадку для знаходження оптимального рішення в критерій Е слід ввести також зазначені додаткові витрати.

Показником якості функціонування системи доставки є:

- коефіцієнт завантаження станції доставки (складу):

$$K_z = \frac{\lambda \mu}{n} ; \quad (8)$$

- коефіцієнт використання апаратів (який є основним показником для прогнозування завантаженості ремонтного відділу і надає основну інформацію для замовлення нових деталей та запасних частин при великому парку БПЛА)

$$K_{\text{вик}} = \frac{A_M}{n}, \quad (9)$$

де  $A_M = A - A_H$  – середня кількість замовлень, яка обслуговується наявним парком БПЛА.

### Висновки

В роботі проведено аналіз існуючих видів БПЛА, описано їх особливості. Запропоновано класифікацію, основними класифікаційними ознаками якої є: тип системи управління, маса, масштаб завдань, паливна система, тип крила, тривалість польоту, практична стеля польоту, тип літального апарату, базування, правила польотів, кількість використань, тип паливного баку, радіус дії, максимальна швидкість польоту, кількість двигунів, використання, напрямок підйому/посадки, тип підйому/посадки, час одержання зібраної інформації.

З наведеного вище аналізу видів БПЛА можна зробити висновок, що розроблена класифікація висвітлює всі види БПЛА, що використовуються на сьогодні.

Базуючись на запропонованій класифікації, визначено тип БПЛА, який поєднує всі основні характеристики літальних апаратів для доставки товарів в межах певного населеного пункту або території, та відповідної системи, моделювання якої наведено в роботі.

На основі проведеного моделювання системи доставки товарів за допомогою БПЛА можна зробити висновок, що її основна особливість полягає у виборі такого значення кількості вільних БПЛА, при якому критерій середніх витрат буде мінімальним, тобто, щоб витрати, пов'язані з придбанням та експлуатацією БПЛА і непродуктивним обслуговуванням доставок у системі, були найменшими.

### Література

1. Про схвалення Стратегії розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року : розповсюдження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008 р. № 1656-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua>.
2. Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація : ДСТУ В 7371:2013 : [наказ № 1010 від 22.08.2013] / Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – К., 2014. – С. 2.
3. Тимочко О.І. Класифікація безпілотних літальних апаратів / О.І. Тимочко, Д.Ю. Голубничий, В.Ф. Третяк, І.В. Рубан // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – Вип. 1(9) – С. 61.
4. Global Hawk [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Pages/default.aspx>.
5. Безпілотний авіаційний комплекс DeViRo «Лелека-100» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://uav-ua.com/ukr/leleka-100>.
6. Рогатюк А.А. Реалізація інформаційної технології розпізнавання, детектування та ідентифікації у вигляді додатку обробки відеоданих / А.А. Рогатюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 5 – С. 237–242.

7. М'ящев О. А. Режими польоту контролерів польоту арм 2.6 і рixhawk БПЛА / О. А. М'ящев, В.В. Швець // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – № 1 (257). – С. 78–82. – ISSN 23075732.
8. Кутовий, О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів / О.П. Кутовий // Наука і озброєння – 2014. – № 4. – С. 39–47.
9. Дементьев Д.О. Бойові Літальні комплекси в складі єдиної інформаційно-розвідувально-навігаційно-ударної системи / Д.О. Дементьев // Зб. наук. пр. Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2015. – №27. – С. 74–77.
10. Беспилотный летательный аппарат «R-400» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eizvestia.com/armiya/full/386-bespilotnyj-letatelnyj-apparat-r-400>.
11. Луцкий М.Г. Развитие международного регулирования та нормативной базы использования беспилотных летательных аппаратов / М.Г. Луцкий, В.П. Харченко, Д.О. Бугайко // Вісник НАУ. – 2015. – № 4. – С. 5–14.
12. Моисеев, В. С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами: монография / В. С. Моисеев. – Казань : ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования» (Серия «Современная прикладная математика и информатика»), 2013. – С. 768.
13. Ростопчин В.В. Безпілотні авіаційні системи: основні поняття / В.В. Ростопчин, І.Е. Бурдун / Електроніка: Наука, Технологія, Бізнес. – 2016. – № 7. – С. 82–88.
14. Сальник Ю.П. Аналіз технічних характеристик і можливостей безпілотних авіаційних комплексів оперативно-тактичного та тактичного радіуса дії армій розвинених країн / Ю.П. Сальник, І.В. Матала // Військово-технічний зб. – 2013. – № 7. – С. 70–74.
15. Беспилотное летающее такси Ehang 184 уже тестируют в небе над Дубаем [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://itc.ua/blogs/bespilotnoe-letayushhee-taksi-ehang-184-uzhe-testiruyut-v-nebe-nad-dubaem-video>.
16. Харченко О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона. – 2015. – № 6. – С. 47–54.
17. Приймак А.В. Аналіз доцільності створення та застосування багатофункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення / А.В. Приймак, Я.В. Дар'їн, Д.М. Стрюк, А.А. Слободянюк // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3(23). – С. 142–145.
18. Таха Х. Введение в исследование операций / Х. Таха. – М. : «Вильямс», 2001. – 912 с.

## References

1. Pro skhvalennia Stratehii rozvytku vitchyznanoi aviatsiinoi promyslovosti na period do 2020 roku : rozpovsiudzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 27 hrudnia 2008 r. № 1656-r [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://zakon3.rada.gov.ua>.
2. Tekhnika aviatsiina viiskovoї pryznachnosti. Aparaty litalni bezpilotni. Osnovni termini, vyznachennia poniat i klasyfikatsiia : DSTU V 7371:2013 : [nakaz № 1010 vid 22.08.2013] / Ministerstvo ekonomichnoho rozvytku i torhivli Ukrainy. – K., 2014. – S. 2.
3. Tymochko O.I. Klasyfikatsiia bezpilotnykh litalnykh aparativ / O.I. Tymochko, D.Iu. Holubnychyi, V.F. Tretiak, I.V. Ruban // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2007. – Vyp. 1(9) – S. 61.
4. Global Hawk [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://www.northropgrumman.com/Capabilities/GlobalHawk/Pages/default.aspx>.
5. Bezpilotnyi aviatsiinyi kompleks DeViRo «Leleka-100» [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://uav-ua.com/ukr/leleka-100>.
6. Rohatiuk A.A. Realizatsiia informatsiinoi tekhnologii rozpiznavannia, detektuvannia ta identyfikatsii u vyhladi dodatku obrobky videodanykh / A.A. Rohatiuk // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2015. – № 5 – S. 237–242.
7. Miasishchev O. A. Rezhymy polotu kontroleriv polotu arm 2.6 i pixhawk BPLA / O. A. Miasishchev, V.V. Shvets // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2018. – № 1 (257). – S. 78–82. – ISSN 23075732.
8. Kutovyi, O.P. Tendentsii rozvytku bezpilotnykh litalnykh aparativ / O.P. Kutovyi // Nauka i ozbroiennia – 2014. – № 4. – S. 39–47.
9. Dementiev D.O. Boiovi litalni komplekxy v skladi yedynoi informatsiino-rozvidualno-navihatsiino-udarnoi systemy / D.O. Dementiev // Zb. nauk. pr. Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. – K. : VIKNU, 2015. – №27. – S. 74–77.
10. Bespilotnyi letatelnyi apparat «R-400» [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <http://eizvestia.com/armiya/full/386-bespilotnyj-letatelnyj-apparat-r-400>.
11. Lutskyi M.H. Rozvytok mizhnarodnoho rehuliuвання ta normatyvnoi bazy vykorystannia bezpilotnykh litalnykh aparativ / M.H. Lutskyi, V.P. Kharchenko, D.O. Buhaiko // Visnyk NAU. – 2015. – № 4. – S. 5–14.
12. Moiseev, V. S. Prykladnaia teoriia upravleniia bespilotnymi letatelnyimi apparatami: monohrafiia / V. S. Moiseev. – Kazan : HBU «Respublykanskiy tsentr monytorynha kachestva obrazovaniia» (Seriia «Sovremennaia prykladnaia matematika y ynformatyka»), 2013. – S. 768.
13. Rostopchyn V.V. Bezpilotni aviatsiini systemy: osnovni poniatia / V.V. Rostopchyn, I.E. Burdun / Elektronika: Nauka, Tekhnolohiia, Biznes. – 2016. – № 7. – S. 82–88.
14. Salnyk Yu.P. Analiz tekhnichnykh kharakterystyk i mozhlyvosti bezpilotnykh aviatsiinykh kompleksiv operatyvno-taktychnoho ta taktychnoho radiusa dii armii rozvynenykh krain / Yu.P. Salnyk, I.V. Matala // Viiskovo-tekhnichniy zb. – 2013. – № 7. – S. 70–74.
15. Bespilotnoe letaiushchee taksi Ehang 184 uzhe testiruyut v nebe nad Dubaem [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://itc.ua/blogs/bespilotnoe-letayushhee-taksi-ehang-184-uzhe-testiruyut-v-nebe-nad-dubaem-video>.
16. Kharchenko O.V. Klasyfikatsiia ta tendentsii stvorennia bezpilotnykh litalnykh aparativ viiskovoho pryznachennia / O.V. Kharchenko, V.V. Kulieshyn, Yu.V. Kotsurenko // Nauka i oborona. – 2015. – № 6. – S. 47–54.
17. Pryimak A.V. Analiz dotsilnosti stvorennia ta zastosuvannia bahatofunktsionalnykh bezpilotnykh aviatsiinykh kompleksiv tsyvilnoho pryznachennia / A.V. Pryimak, Ya.V. Darin, D.M. Striuk, A.A. Slobodianiuk // Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika. – 2010. – № 3(23). – S. 142–145.
18. Takha X. Vvedeniye v yssledovaniye operatsii / X. Takha. – M. : «Vilyams», 2001. – 912 s.

Рецензія/Peer review : 27.04.2018 р. Надрукована/Printed : 14.05.2018 р.  
Стаття рецензована редакційною колегією