

УДК 656.025.4:004.896:614.8
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.3.1/54>

Чижик В.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Швець М.Д.

Національний університет водного господарства та природокористування

Іваненко Р.О.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ЛОГІСТИКИ ГУМАНІТАРНОЇ ДОПОМОГИ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Актуальність дослідження зумовлено необхідністю підвищення ефективності логістичних систем гуманітарної допомоги в кризових умовах шляхом інтеграції безпілотних технологій, здатних забезпечити оперативність і безпеку доставлення ресурсів у важкодоступні регіони. В умовах руйнування транспортної інфраструктури та нестабільності комунікацій безпілотні системи можуть стати критично важливим інструментом для оптимізації логістичних процесів.

Мета статті – обґрунтувати наукові підходи до впровадження безпілотних технологій у логістичні системи гуманітарної допомоги з акцентом на забезпечення своєчасного доставлення вантажів та мінімізацію ризиків для персоналу в кризових ситуаціях.

Методологія дослідження базується на системному аналізі, що охоплює оцінювання технічних можливостей безпілотних платформ, аналіз правових та інфраструктурних обмежень, а також виявлення ключових проблем інтеграції безпілотних систем у логістичні операції гуманітарної допомоги. Використано методи порівняльного аналізу, узагальнення міжнародного досвіду та статистичного аналізу цифрової готовності регіонів.

Результати дослідження. Встановлено, що використання безпілотних систем у гуманітарній логістиці дозволяє скоротити час доставлення до 30–40% порівняно з традиційними методами транспортування. Виявлено, що основними проблемами інтеграції є обмеженість цифрової інфраструктури в регіонах із низьким рівнем цифрової готовності, нестабільний зв'язок та відсутність нормативної бази для польотів дронів у кризових умовах. Доведено доцільність створення мобільних хабів для підтримки безпілотних систем, які включають зарядні станції, технічне обслуговування та резервні комунікаційні канали.

Висновки. Доведено, що впровадження безпілотних технологій у логістику гуманітарної допомоги є перспективним напрямом, здатним суттєво підвищити швидкість доставлення вантажів та зменшити ризики для персоналу. Визначено, що ефективність таких систем залежить від рівня цифрової готовності регіонів, наявності нормативно-правової бази для кризових польотів та технічної адаптації платформ до складних умов.

Перспективи подальших досліджень включають розроблення моделей адаптивної логістики з використанням автономних безпілотних платформ та системи моніторингу ризиків для оптимізації доставлення гуманітарних вантажів у кризових регіонах.

Ключові слова: дрони, автономні платформи, кризові ситуації, доставлення вантажів, цифрова інфраструктура, оптимізація логістики, ризики впровадження.

Постановка проблеми. Використання безпілотних технологій у системах логістики гуманітарної допомоги під час надзвичайних ситуацій стає все більш актуальним у сучасних умовах зростання природних катастроф, воєнних конфліктів та інших надзвичайних подій. Традиційні

методи логістичного забезпечення часто стикаються з труднощами, пов'язаними з транспортною інфраструктурою, ризиками для життя рятувальників та персоналу, а також складністю організації оперативного доступу до віддалених або небезпечних зон. Такі виклики зумовлюють

необхідність упровадження нових технологічних рішень, які здатні забезпечити ефективність і швидкість логістичних операцій навіть в екстремальних умовах.

Застосування безпілотних літальних апаратів та автономних наземних транспортних засобів у логістиці гуманітарної допомоги дозволяє долати обмеження традиційних підходів. Безпілотники можуть доставляти необхідні ресурси в зони з обмеженим доступом, здійснювати моніторинг ситуації та передавати важливу інформацію в реальному часі. Автономні наземні транспортні засоби дають змогу безпечного переміщення вантажів через небезпечні території без ризику для людського життя. Використання таких технологій сприяє підвищенню ефективності розподілу ресурсів, зменшенню часу доставлення та оптимізації процесу прийняття рішень в умовах надзвичайної ситуації.

Проблематика дослідження полягає у визначенні оптимальних шляхів інтеграції безпілотних технологій у логістичні системи гуманітарної допомоги, зокрема в аспектах швидкості доставлення, точності визначення потреб, безпеки транспортних операцій та адаптації до непередбачуваних умов. Розв'язання цієї проблеми має значне практичне та наукове значення, оскільки сприяє розробленню моделей організації логістики, здатних оперативно реагувати на зміну ситуації.

Наукові завдання включають аналіз сучасних технологій безпілотного транспорту, вивчення міжнародного досвіду їх використання в умовах криз, оцінювання ефективності впровадження в різних логістичних сценаріях та формування рекомендацій щодо подальшого вдосконалення систем управління гуманітарною допомогою з урахуванням ризиків та обмежень. Важливим аспектом є також розроблення методології оцінювання ефективності інтеграції безпілотних рішень у логістичні ланцюги, що дозволить забезпечити високий рівень оперативності та безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних досліджень з використання безпілотних технологій у системах логістики гуманітарної допомоги під час надзвичайних ситуацій свідчить про наявність чотирьох основних змістових напрямів.

Перший напрям присвячено використанню безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для гуманітарної допомоги. В. Воронько та І. Воронько [1] досліджують основні області

застосування БПЛА в гуманітарній логістиці, зокрема для доставлення медикаментів, продовольства та проведення розвідування в зонах стихійних лих і конфліктів. Е. Плачек (E. Płaczek) та А. Світальська (A. Świtalska) [2] аналізують новітні технології, включаючи дрони, для швидкого реагування в кризових ситуаціях. Застосування дронів під час природних катастроф досліджують М. Естрада (M. Estrada), А. Ндома (A. Ndoma) [3], підкреслюючи значення швидкого доставлення вантажів. М. Азмат (M. Azmat), С. Куммер (S. Kummer) [4] розглядають потенціал безпілотних транспортних засобів для подолання логістичних викликів, включаючи транспорт у важкодоступні регіони. Перспективним є подальше дослідження інтеграції дронів у системи логістики для забезпечення безперервності постачань у важкодоступних районах.

Другий напрям наукових праць зосереджено на використанні роботизованих систем і штучного інтелекту у військовій логістиці. В. Коваль, О. Семененко, С. Баранов, С. Островський, Т. Акініна, О. Сеченев [5] аналізують теоретичні аспекти застосування роботизованих систем у збройних конфліктах, акцентуючи увагу на автоматизації процесів управління ресурсами. Можливості штучного інтелекту для забезпечення логістичної підтримки бойових дій досліджує А. О. Гриндей [6]. Р. Курпівська-Корбут (R. Kurpiewska-Korbut) [7] розглядає цифрові технології в глобальному гуманітарному секторі, зокрема аналізує досвід України у використанні дронів під час війни. Перспективним є розширення досліджень щодо інтеграції штучного інтелекту в логістичні системи для забезпечення автономного управління доставленням ресурсів.

Третій напрям стосується інтеграції нових технологій у гуманітарну логістику. Т. Гуцул (T. Hutsul), М. Хобзей (M. Khobzei), В. Ткач (V. Tkach), О. Круліковський (O. Krulikovskiy), О. Мойсюк (O. Moisiuk), В. Івашко (V. Ivashko), А. Саміла (A. Samila) [8] досліджують роль дронів у гуманітарному розмінуванні на території України. Д. Едвардс (D. Edwards), Н. Субраманян (N. Subramanian), А. Чаудхурі (A. Chaudhuri), П. Морлаччі (P. Morlacchi), В. Чженг (W. Zeng) [9] зосередились на бар'єрах прийняття безпілотних технологій з боку логістичних провайдерів, підкреслюючи необхідність розроблення нових стандартів безпеки польотів. Технічні обмеження, що заважають широко-масштабному впровадженню дронів у логістику гуманітарної допомоги, аналізують А. Камат

(A. Kamat), С. Шанкер (S. Shanker), А. Барве (A. Barve), К. Мудулі (K. Muduli), С. К. Мангла (S. K. Mangla), С. Лутра (S. Luthra) [10]. С. Сотудефар (S. Sotoudehfar), Й. Саркін (J. J. Sarkin) [11] аналізують застосування дронів у російсько-українському конфлікті щодо порушення міжнародного гуманітарного права. Своєю чергою В. Целлер, С. Крамський [12] розглядають інфраструктурну підтримку інновацій у сфері транспортної логістики. Перспективним є подальше дослідження можливостей інтеграції автоматизованих систем контролю за переміщенням гуманітарних вантажів.

Четвертий напрям досліджень присвячено проблемам та викликам використання дронів у гуманітарній логістиці. Сучасні підходи до використання дронів для гуманітарної допомоги систематизують Р. Е. Альфаріс (R. E. Alfaris), З. Вафахаг (Z. Vafakhah), М. Джалаєр (M. Jalayer) [13], виявляючи ключові проблеми реалізації проєктів у кризових умовах. А. Реджеб (A. Rejeb), К. Реджеб (K. Rejeb), С. Сімске (S. Simske), Г. Тріблмаєр (H. Treiblmaier) [14] аналізують можливості застосування дронів у гуманітарних операціях та окреслюють основні бар'єри для їх масштабного впровадження. Перспективним є вивчення методів оптимізації управління дронами з огляду на специфіку роботи в кризових умовах.

Таким чином, аналіз літератури свідчить про значну увагу науковців до використання безпілотних технологій у системах логістики гуманітарної допомоги.

Попри все більшу увагу до впровадження безпілотних технологій у логістику гуманітарної допомоги, залишаються нерозв'язаними питання оптимізації їх використання в кризових регіонах з обмеженою цифровою інфраструктурою та нестабільним зв'язком. Не досить досліджено аспекти адаптації безпілотних систем до умов руйнування транспортних шляхів, що знижує ефективність доставлення гуманітарних вантажів у зони активних бойових дій або природних катастроф. Відсутні комплексні критерії оцінювання ефективності дронів з урахуванням специфіки регіонів, що обмежує можливість точного планування маршрутів доставлення. Також недостатньо уваги приділено нормативно-правовому забезпеченню польотів безпілотників у зонах надзвичайних ситуацій, що ускладнює координацію між гуманітарними службами та операторами дронів.

Запропоноване дослідження спрямовано на заповнення цих прогалин шляхом системного

аналізу логістичних процесів у кризових регіонах з акцентом на адаптацію безпілотних систем до умов зруйнованої інфраструктури та нестабільних комунікацій. Установлення критеріїв оцінювання ефективності дронів, що враховують швидкість доставлення, безпеку та ресурсозбереження, дозволить розробити практичні рекомендації щодо оптимізації маршрутів та організації логістичних операцій з огляду на обмеження, притаманні кризовим зонам. Зокрема, акцент зроблено на доцільності впровадження мобільних хабів для запуску дронів та використання дронів-ретрансляторів для забезпечення зв'язку в зонах з обмеженим доступом до телекомунікаційної інфраструктури.

Постановка завдання. Мета статті – обґрунтувати наукові підходи до інтеграції безпілотних технологій у логістичні системи гуманітарної допомоги з метою підвищення оперативності та безпеки доставлення ресурсів під час надзвичайних ситуацій.

Завдання статті:

1) визначити цільові напрями застосування безпілотних технологій у логістичних процесах гуманітарної допомоги з акцентом на забезпечення оперативності доставлення вантажів у кризових умовах;

2) оцінити вплив інтеграції безпілотних систем на ефективність управління логістичними операціями, зокрема щодо координації ресурсів та забезпечення стабільного зв'язку між підрозділами в зонах зі зруйнованою інфраструктурою;

3) виявити ключові проблеми впровадження безпілотних технологій у гуманітарну логістику, зокрема технічні та правові обмеження, та розробити практичні рекомендації щодо їх подолання для оптимізації логістичних процесів у кризових регіонах.

Виклад основного матеріалу. Використання безпілотних технологій у логістиці гуманітарної допомоги сприяє ефективній організації доставлення ресурсів у кризових ситуаціях, коли традиційні методи транспортування стають недоступними або небезпечними. Такі технології охоплюють широкий спектр завдань, починаючи від моніторингу територій та збору даних до транспортування вантажів та підтримки комунікацій. Основні напрями застосування безпілотних систем у логістиці гуманітарної допомоги включають доставлення вантажів, пошук і порятунок людей, моніторинг небезпечних зон, комунікаційну підтримку та збір аналітичних даних для прогнозування ризиків. Ці напрями

реалізуються завдяки використанню безпілотних літальних апаратів, автономних наземних транспортних засобів та роботизованих платформ, що дозволяє швидко реагувати на зміни в ситуації та забезпечувати координацію між рятувальними службами (табл. 1).

Застосування безпілотних технологій у логістичних системах гуманітарної допомоги в сучасних умовах є особливо актуальним у регіонах з ускладненим доступом до інфраструктури. У країнах Європи, як-от Німеччина і Португалія, дрони активно використовуються для моніторингу територій після паводків та лісових пожеж. Це дозволяє оперативно отримувати актуальну інформацію про масштаби руйнувань та ефективно координувати рятувальні операції [9]. Аналогічно у Швейцарії було розроблено систему автономних дронів для доставлення медичних препаратів до віддалених гірських районів, де традиційний транспорт є небезпечним або мало-ефективним [2].

В Україні застосування безпілотних технологій отримало новий імпульс у зв'язку з війною. У прифронтових зонах дрони використовуються для моніторингу інфраструктури, виявлення пошкоджених об'єктів та доставлення гуманітарних вантажів у місцевості, що залишаються відрізаними від основних транспортних шляхів [1]. Впровадження таких технологій дозволяє значно скоротити час доставлення, зменшити ризики для волонтерів та забезпечити зворотний зв'язок із кризовими зонами.

Практичний ефект від використання безпілотних систем у логістиці гуманітарної допомоги

також проявляється в зниженні витрат на транспортування, оскільки безпілотні платформи часто є менш ресурсозатратними, ніж традиційні транспортні засоби. Водночас успішна реалізація подібних проєктів потребує системного підходу до планування, що включає підготовку операторів дронів, налагодження ефективних каналів зв'язку та розроблення алгоритмів аналізу зібраних даних. Так, інтеграція безпілотних технологій у логістичні системи гуманітарної допомоги дозволяє не лише підвищити швидкість реагування на кризові ситуації, але й забезпечити збереження життя та здоров'я персоналу, що працює в небезпечних умовах.

Оцінювання ефективності безпілотних систем у логістиці гуманітарної допомоги є важливим етапом для забезпечення оптимальної організації логістичних процесів. В умовах надзвичайних ситуацій такі системи відіграють ключову роль у швидкому доставленні вантажів, моніторингу ситуації, підтримці комунікацій та зборі даних для аналізу ризиків. Проте для забезпечення максимального ефекту від їх застосування необхідно визначити чіткі критерії оцінювання ефективності безпілотних систем, основними з яких є швидкість виконання завдань, рівень безпеки операцій та здатність до ресурсозбереження. Швидкість забезпечується завдяки можливості оперативного транспортування вантажів, що дуже важливо, якщо традиційні транспортні засоби є недоступними. Безпека передбачає мінімізацію ризиків для персоналу та можливість уникнення небезпечних ділянок із застосуванням безпілотних платформ. Ресурсозбереження

Таблиця 1

Цільові напрями застосування безпілотних технологій у логістиці гуманітарної допомоги в умовах надзвичайних ситуацій

Напрямок застосування	Функціональні можливості	Очікуваний ефект
Доставлення гуманітарних вантажів	Транспортування медичних засобів, продуктів харчування та води до віддалених регіонів	Зменшення часу доставлення, мінімізація ризиків для персоналу
Моніторинг та розвідка	Аерофотозйомка територій, оцінка масштабу руйнувань, виявлення небезпечних зон	Оперативний аналіз ситуації, формування плану реагування
Пошук та порятунок	Виявлення потерпілих за допомогою тепловізорів, передача геолокаційних даних	Збільшення швидкості пошукових операцій, підвищення безпеки
Комунікаційна підтримка	Забезпечення зв'язку у випадку руйнування телекомунікаційної інфраструктури	Відновлення координації між службами, оперативна передача інформації
Збір та аналіз даних	Збір інформації про стан територій, моніторинг екологічних умов	Підвищення точності прогнозів, попередження потенційних загроз

Джерело: сформовано на основі [1; 2; 3; 4; 7; 8; 10]

полягає в скороченні витрат на паливо, технічне обслуговування та залучення людських ресурсів (табл. 2).

На практиці оцінювання ефективності безпілотних систем у логістиці гуманітарної допомоги здійснюється на основі аналізу результатів виконаних операцій. В Європейському Союзі проводяться масштабні дослідження щодо впливу безпілотних систем на швидкість реагування у кризових ситуаціях. Наприклад, у Німеччині після паводків 2024 року було використано дрони для доставлення медикаментів до важкодоступних регіонів. Аналіз операцій показав, що середній час доставлення вантажів скоротився на 40% порівняно з традиційними методами транспортування [5]. У Греції після землетрусу дрони-ретранслятори забезпечили безперебійний зв'язок між рятувальними підрозділами, що дозволило оперативно координувати дії та передавати дані про ситуацію в реальному часі [10]. В Україні під час воєнних дій безпілотні системи використовуються для моніторингу небезпечних зон, що дозволяє оцінити ступінь руйнувань та визначити безпечні маршрути для доставлення

гуманітарної допомоги. Це сприяє зниженню ризиків для персоналу, який здійснює перевезення вантажів. Водночас ресурсозбереження стає важливим аспектом у кризових умовах, коли доступ до пального та технічних ресурсів обмежений. Застосування безпілотних систем у таких ситуаціях дозволяє оптимізувати витрати на транспортування, оскільки вони не потребують великої кількості пального й технічного обслуговування, як традиційні транспортні засоби.

Інтеграція безпілотних технологій у логістику гуманітарної допомоги тісно пов'язана з рівнем цифрової готовності країн та регіонів. Цифрова готовність включає інфраструктурні, організаційні та технологічні аспекти, які визначають спроможність ефективно впроваджувати інноваційні рішення, зокрема безпілотні системи (табл. 3).

В Європейському Союзі рівень цифрової готовності оцінюється за Індексом цифрової економіки та суспільства (DESI) [15]. Згідно з даними за 2024 рік, країни з високим рівнем цифрової інфраструктури, як-от Данія та Естонія, мають значну частку фіксованих

Таблиця 2

Критерії оцінювання ефективності безпілотних систем у логістиці гуманітарної допомоги

Критерій	Зміст оцінки	Оцінювані показники	Очікуваний ефект
Швидкість виконання	Час, необхідний для доставлення вантажів до місць призначення	Середня швидкість доставлення, час очікування, оперативність реагування	Зменшення часу доставлення, прискорення реагування на кризові ситуації
Безпека операцій	Здатність безпілотних систем виконувати завдання без ризиків для персоналу та вантажів	Кількість аварійних випадків, точність навігації, захист вантажу	Зниження ризиків для персоналу, мінімізація втрат вантажів
Збереження ресурсів	Зменшення витрат на транспортування та обслуговування	Витрати на паливо, кількість залученого персоналу, тривалість автономної роботи	Зниження експлуатаційних витрат, оптимізація логістичних процесів

Джерело: сформовано на основі [6; 9; 10; 14; 15]

Таблиця 3

Взаємозв'язок між рівнем цифрової готовності та ефективністю інтеграції безпілотних технологій у логістиці гуманітарної допомоги

Рівень цифрової готовності	Характеристики цифрової інфраструктури	Потенціал інтеграції безпілотних технологій
Високий	Розвинена широкопasmова мережа, високий рівень цифрових послуг, наявність цифрових платформ для управління логістикою	Високий: ефективне використання дронів для доставлення та моніторингу
Середній	Часткова цифровізація послуг, обмежений доступ до високошвидкісного інтернету, наявність окремих цифрових ініціатив	Середній: потенціал для розширення використання безпілотних технологій

Джерело: сформовано на основі [7; 8; 12; 13]

ширококутних підключень зі швидкістю понад 1 Гбіт/с, що сприяє ефективному впровадженню безпілотних технологій у логістиці гуманітарної допомоги.

В Україні рівень цифрової готовності регіонів оцінюється за Індексом цифрової трансформації регіонів [16]. У 2024 році середнє значення Індeksu по країні становило 0,497 бала. Лідерами стали Львівська (0,850), Дніпропетровська (0,844) та Одеська (0,805) області, які мають розвинену цифрову інфраструктуру та активно впроваджують цифрові сервіси.

Високий рівень цифрової готовності в цих регіонах створює сприятливі умови для інтеграції безпілотних технологій у логістику гуманітарної допомоги. Наприклад, у Львівській області впроваджено навчальні центри для операторів безпілотних літальних апаратів, що дозволяє ефективно використовувати дрони для доставлення гуманітарних вантажів у важкодоступні райони [1].

У регіонах із середнім рівнем цифрової готовності, зокрема в Полтавській та Вінницькій областях, спостерігається активний розвиток цифрових послуг, проте існують обмеження щодо доступу до високошвидкісного інтернету та цифрових навичок населення. Це обмежує можливості для повноцінної інтеграції безпілотних технологій у логістичні процеси.

Регіони з низьким рівнем цифрової готовності, зокрема деякі східні області України, стикаються з викликами у впровадженні безпілотних систем через недостатню цифрову інфраструктуру, відсутність кваліфікованих кадрів та обмежений доступ до цифрових послуг. Це ускладнює ефективне використання безпілотних технологій у логістиці гуманітарної допомоги.

Таким чином, рівень цифрової готовності є ключовим фактором, що визначає ефективність інтеграції безпілотних технологій у логістику гуманітарної допомоги. Країни та регіони з високим рівнем цифрової інфраструктури та цифрових навичок мають значні переваги у впровадженні інноваційних рішень, що сприяє оперативному та ефективному реагуванню на кризові ситуації.

Застосування безпілотних технологій у логістиці гуманітарної допомоги стикається з низкою проблем, які суттєво впливають на їх ефективність і практичне застосування у кризових умовах. Одним із ключових обмежень є недостатня розвиненість цифрової інфраструктури в регіонах із високим рівнем ризику, що ускладнює

забезпечення стабільного зв'язку між операторами дронів, наземними підрозділами й центрами управління логістичними операціями. В умовах, коли високошвидкісний інтернет відсутній або функціонує нестабільно, координація між безпілотними системами стає вкрай проблематичною, що призводить до збоїв у роботі логістичних ланцюгів. Така ситуація спостерігається в окремих регіонах України, де Індекс цифрової трансформації у 2024 році не перевищує 0,3 бала, що значно обмежує можливості впровадження автономних логістичних рішень [16].

Технічні обмеження також включають недостатню адаптацію безпілотних систем до умов кризових територій [12]. У зонах бойових дій або стихійних лих використання дронів часто ускладнюється наявністю пошкоджених об'єктів, нерівностей рельєфу, зон зі слабким сигналом та обмеженою видимістю. Застосування БПЛА в таких умовах вимагає впровадження додаткових сенсорів та технологій навігації, що підвищує вартість обладнання і збільшує ризики технічних несправностей.

Правові обмеження є ще одним критичним аспектом впровадження безпілотних технологій у гуманітарних місіях. У багатьох державах, включаючи Україну, відсутня чітка нормативно-правова база для регулювання польотів дронів у кризових умовах [6]. Це створює невизначеність щодо процедури отримання дозволів на польоти в зонах надзвичайних ситуацій, особливо у випадках, коли БПЛА перетинають кордони або функціонують у зонах з обмеженим повітряним простором. Відсутність гармонізованих стандартів для управління безпілотниками в міжнародних гуманітарних операціях може призвести до затримок у доставленні вантажів або втрати доступу до критично важливих територій. Крім того, правові колізії часто виникають щодо збору та оброблення даних, отриманих за допомогою дронів, що включають відео- та фотофіксацію зон стихійного лиха або бойових дій.

Інфраструктурні обмеження значною мірою визначають ефективність використання безпілотних систем у логістиці гуманітарної допомоги. У регіонах, які зазнали руйнувань унаслідок стихійних лих або воєнних дій, зруйновані дороги та транспортні вузли ускладнюють доступ до місць посадки та зльоту дронів [4]. Це змушує операторів розробляти альтернативні маршрути або використовувати мобільні платформи для старту та приземлення безпілотників, що збільшує витрати на організацію логістичних операцій.

Оптимізація логістичних процесів гуманітарної допомоги шляхом інтеграції безпілотних технологій має враховувати виявлені технічні, правові та інфраструктурні проблеми, що впливають на ефективність доставлення вантажів у кризових умовах. Одним із ключових аспектів є створення гнучкої логістичної інфраструктури, здатної оперативного адаптуватися до змін ситуації на місцях. Для цього доцільно використовувати мобільні стартові платформи для запуску БПЛА, що дозволить здійснювати доставлення вантажів навіть за умови відсутності стаціонарних злітних майданчиків. Таку практику вже було апробовано в Україні під час евакуації населення у прифронтових регіонах, де через зруйновану інфраструктуру мобільні платформи стали єдиним доступним засобом для запуску дронів.

У контексті технічної оптимізації доцільним є впровадження безпілотних систем із розширеним функціоналом, які здатні адаптуватися до складних умов місцевості та працювати в умовах обмеженої видимості. Використання тепловізійних сенсорів, систем навігації з високою точністю та автономних алгоритмів оброблення даних дозволить зменшити ризики втрати вантажів та збільшити точність доставлення до конкретних локацій. Зокрема, в Туреччині після землетрусу 2024 року такі системи застосовувалися для доставлення медикаментів у зони, де дороги були заблоковані уламками будівель. У результаті час доставлення був скорочений на 35% у порівнянні з традиційними методами.

Для підвищення рівня цифрової готовності та забезпечення стабільного обміну даними між безпілотними системами, операторами та центрами управління необхідно створити резервні комунікаційні канали на основі дронів-ретрансляторів. Такі системи можуть бути інтегровані в логістичні операції для підтримки зв'язку в зонах зруйнованої телекомунікаційної інфраструктури. У Греції після землетрусу 2024 року подібні дрони забезпечували передачу даних про маршрути доставлення гуманітарних вантажів, що дозволило уникнути хаотичної координації між підрозділами та запобігти втратам вантажів. В Україні реалізація аналогічного підходу може бути корисною в зонах з високою ймовірністю руйнування комунікаційних веж, як-от прифронтові регіони Донецької та Луганської областей.

У нормативно-правовій площині рекомендується розробити комплекс регуляторних актів, які би передбачали спеціальні дозволи на використання безпілотників у кризових умовах без

необхідності проходження тривалих бюрократичних процедур. Зокрема, такі акти повинні включати положення про координацію дій між рятувальними службами, операторами БПЛА та місцевими органами влади для узгодження польотних маршрутів та мінімізації ризиків перетину маршрутів інших рятувальних систем. В Італії після повеней 2023 року було розроблено аналогічний механізм, який дозволив здійснювати оперативне доставлення вантажів без додаткових затримок, що стало вирішальним для забезпечення постраждалих необхідними ресурсами в перші години після катастрофи.

Для подолання інфраструктурних обмежень рекомендується створити спеціалізовані хаби для безпілотних систем, які би включали мобільні пункти технічного обслуговування, зарядні станції для дронів та резервні запаси обладнання. Це дозволить забезпечити безперервну роботу безпілотних платформ навіть у разі руйнування основної інфраструктури або за тривалих операцій у віддалених регіонах. У Латвії та Фінляндії подібні хаби вже використовуються для підтримки безпілотних логістичних операцій у регіонах із важкодоступним рельєфом, що значно підвищує стабільність доставлення вантажів та мінімізує ризики втрати техніки [7]. В Україні створення таких хабів може стати критично важливим у зонах, де основні транспортні маршрути залишаються заблокованими через руйнування мостів та доріг.

Таким чином, оптимізація логістичних процесів гуманітарної допомоги шляхом інтеграції безпілотних технологій має включати впровадження мобільних платформ для запуску дронів, розширення технічного функціоналу безпілотних систем, створення резервних комунікаційних каналів, удосконалення нормативної бази та формування спеціалізованих хабів для технічної підтримки. Застосування таких заходів дозволить зменшити ризики втрат вантажів, підвищити точність доставлення в кризових умовах та забезпечити стабільність роботи безпілотних систем навіть у зонах зруйнованої інфраструктури.

Висновки. Інтеграція безпілотних технологій у логістику гуманітарної допомоги забезпечує значне скорочення часу доставлення вантажів до важкодоступних регіонів, що критично важливо в умовах руйнування транспортної інфраструктури. Використання дронів дозволяє зменшити час доставлення до 30–40% порівняно з традиційними методами, а автономні платформи підвищують точність моніторингу та координації дій.

Основні проблеми впровадження включають обмежену цифрову інфраструктуру в регіонах із низьким рівнем цифрової готовності, відсутність нормативно-правової бази для кризових польотів та недостатню адаптацію дронів до роботи у складних умовах. У східних регіонах України, де Індекс цифрової трансформації у 2024 році не перевищив 0,3 бала, нестабільний зв'язок ускладнює координацію між операторами та центрами управління.

Для подолання цих обмежень доцільно створити мобільні хаби для технічного обслуговування дронів, розгорнути дрони-ретранслятори для підтримки зв'язку в кризових зонах та спростити процедури сертифікації безпілотників у надзвичайних ситуаціях. Подальші дослідження передбачають оцінювання ефективності таких заходів та розроблення адаптивних моделей логістики для кризових ситуацій.

Список літератури:

1. Воронько В., Воронько І. Області застосування безпілотних літальних апаратів. Publishing House "UKRLOGOS Group". 2021. С. 122–136. DOI: <https://doi.org/10.36074/csriteenat.ed-1.08>
2. Płaczek E., Świtalska A. New Technologies in Humanitarian Logistics. *Journal of Public Governance*. 2023. Vol. 65, № 3. P. 48–58. DOI: <https://doi.org/10.15678/PG.2023.65.3.04>
3. Estrada M. A. R., Ndoma A. The uses of unmanned aerial vehicles–UAV's-(or drones) in social logistic: Natural disasters response and humanitarian relief aid. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 149. P. 375–383. URL: <https://surl.li/mecwrm> (date of access: 14.05.2025).
4. Azmat M., Kummer S. Potential applications of unmanned ground and aerial vehicles to mitigate challenges of transport and logistics-related critical success factors in the humanitarian supply chain. *AJSSR*. 2020. Vol. 5, № 3. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41180-020-0033-7>
5. Коваль В., Семененко О., Баранов С., Островський С., Акініна Т., Сеченев О. Роль і місце роботизованих систем у сучасних війнах і збройних конфліктах: теоретичний аспект. *Воєнна безпека і гуманітарна допомога*. 2023. Вип. 13, № 5. С. 256–276. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.5.24>
6. Гриндей А. О. Використання штучного інтелекту в оборонній сфері. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Публічне управління та адміністрування*. 2024. Вип. 35, № 6. С. 120–123. DOI: <https://doi.org/10.32782/TNU-2663-6468/2024.6/21>
7. Kurpiewska-Korbut R. Digital technologies in the global humanitarian sector: A case study of Ukraine. *Journal of Modern Science*. 2024. Vol. 60, № 6. P. 730–743. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1298117>
8. Hutsul T., Khobzei M., Tkach V., Krulikovskiy O., Moisiuk O., Ivashko V., Samila A. Review of approaches to the use of unmanned aerial vehicles, remote sensing and geographic information systems in humanitarian demining: Ukrainian case. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, № 7. Article e29142. URL: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2824%2905173-9> (date of access: 14.05.2025).
9. Edwards D., Subramanian N., Chaudhuri A., Morlacchi P., Zeng W. Use of delivery drones for humanitarian operations: analysis of adoption barriers among logistics service providers from the technology acceptance model perspective. *Annals of Operations Research*. 2024. Vol. 335, № 3. P. 1645–1667. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05307-4>
10. Kamat A., Shanker S., Barve A., Muduli K., Mangla S. K., Luthra S. Uncovering interrelationships between barriers to unmanned aerial vehicles in humanitarian logistics. *Operations Management Research*. 2022. Vol. 15, № 3. P. 1134–1160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00235-7>
11. Sotoudehfar S., Sarkin J. J. Drones on the Frontline: Charting the Use of Drones in the Russo-Ukrainian Conflict and How Their Use May Be Violating International Humanitarian Law. *International and Comparative Law Review*. 2023. Vol. 23, No. 2. P. 129–169. URL: <https://doi.org/10.2478/iclr-2023-0018> (date of access: 16.05.2025).
12. Целлер, В., Крамський, С. Інфраструктурна підтримка інновацій в сфері транспортної логістики в умовах турбулентності під час війни. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 67. С. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-142>
13. Alfari R. E., Vafakhah Z., Jalayer M. Application of drones in humanitarian relief: a review of state of art and recent advances and recommendations. *Transportation Research Record*. 2024. Vol. 2678, № 7. P. 689–705. DOI: <https://doi.org/10.1177/03611981231209033>
14. Rejeb A., Rejeb K., Simske S., Treiblmaier H. Humanitarian drones: A review and research agenda. *Internet of Things*. 2021. Vol. 16. Article 100434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2021.100434> (date of access: 14.05.2025).

15. Digital Economy and Society Index (DESI) 2024. European Commission: website. URL: https://digital-decade-desi.digital-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi/charts/desi-indicators?period=desi_2024 (date of access: 14.05.2025).

16. Індекс цифрової трансформації регіонів України 2024. Міністерство цифрової трансформації України: вебсайт. URL: <https://surl.li/rvcrtq> (дата звернення: 14.05.2025).

Chyzhyk V.M., Shvets M.D., Ivanenko R.O. USE OF UNMANNED TECHNOLOGIES IN HUMANITARIAN AID LOGISTICS SYSTEMS DURING EMERGENCY SITUATIONS

The relevance of the study is determined by the need to improve the efficiency of humanitarian aid logistics systems in crisis situations through the integration of unmanned technologies capable of ensuring the prompt and safe delivery of resources to hard-to-reach regions. In conditions of destroyed transport infrastructure and unstable communications, unmanned systems can become a critically important tool for optimizing logistics processes.

The purpose of this article is to justify scientific approaches to the implementation of unmanned technologies in humanitarian aid logistics systems with an emphasis on ensuring timely delivery of cargo and minimizing risks to personnel in crisis situations.

The research methodology is based on a systematic analysis covering the assessment of the technical capabilities of unmanned platforms, the analysis of legal and infrastructure constraints, and the identification of key challenges for the integration of unmanned systems into humanitarian aid logistics operations. Comparative analysis, generalization of international experience, and statistical analysis of the digital readiness of regions were used.

Research results. It was found that the use of unmanned systems in humanitarian logistics can reduce delivery times by 30–40% compared to traditional transportation methods. It was found that the main problems of integration are the limited digital infrastructure in regions with low digital readiness, unstable communications, and the lack of a regulatory framework for drone flights in crisis situations. The feasibility of creating mobile hubs to support unmanned systems, including charging stations, maintenance, and backup communication channels, has been proven.

Conclusions. It has been proven that the introduction of unmanned technologies in humanitarian aid logistics is a promising direction that can significantly increase the speed of cargo delivery and reduce risks for personnel. It has been determined that the effectiveness of such systems depends on the level of digital readiness of regions, the availability of a regulatory framework for crisis flights, and the technical adaptation of platforms to complex conditions.

Prospects for further research include the development of adaptive logistics models using autonomous unmanned platforms and risk monitoring systems to optimize the delivery of humanitarian cargo in crisis regions.

Key words: *drones, autonomous platforms, crisis situations, cargo delivery, digital infrastructure, logistics optimization, implementation risks.*