АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ НАУК

Економіка

УДК 656.01:004.896(477)

DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.15399175

Розвиток автономних роботизованих систем у сфері логістики та транспорту в умовах адаптації до викликів сучасної економіки України

Василишин Віталій Ярославович,
кандидат технічних наук, доцент, кафедра технічної механіки, інженерної та комп'ютерної графіки, Інститут інженерної механіки та робототехніки, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, https://orcid.org/0000-0002-0367-1198

Білухін Дмитро Сергійович,
кандидат технічних наук, доцент, кафедра «Електрорухомий склад залізниць», факультет «Управління енергетичними та економічними процесами», Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро, Україна, https://orcid.org/0000-0002-2791-617X

Тарасенко Олександр Віталійович,
старший викладач, кафедра «Транспортні технології», транспортний факультет, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, https://orcid.org/0000-0001-7882-5481

Прийнято: 29.04.2024 | Опубліковано: 13.05.2025

Анотація. У статті обґрунтовано економічну доцільність упровадження автономних роботизованих систем (АРС) у логістичну та транспортну інфраструктуру України в контексті адаптації до сучасних викликів, зокрема,

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

збройного конфлікту, обмеженості ресурсів, нестабільності макроекономічного середовища та глобальної цифрової трансформації. В умовах зростання ролі інноваційних технологій автономні рішення розглядаються як основа модернізації транспортної системи України. **Метою** дослідження є аналіз потенціалу АРС для трансформації логістичних операцій, ідентифікація бар'єрів їхнього впровадження та формування рекомендацій для подолання обмежень. **Методологічною** основою слугували загальнонаукові та спеціальні методи: аналіз і синтез наукової літератури, порівняльний аналіз міжнародного досвіду та контент-аналіз стратегічних документів. У дослідженні використовувалися дані міжнародних організацій (Європейського банку реконструкції та розвитку, Світового банку), а також аналітичні матеріали наукових і практичних джерел. **Результати** дослідження засвідчили, що інтеграція автономних систем в Україні перебуває на початковому етапі, переважно у військовій логістиці, тоді як цивільний сектор характеризується низьким рівнем цифровізації та інвестиційної активності. Виокремлено п'ять взаємопов'язаних груп бар'єрів: нормативно-правові, фінансові, інфраструктурні, кадрові та організаційні, які потребують комплексного вирішення. На основі узагальнення міжнародного досвіду запропоновано науково обґрунтовану модель поетапної автономізації логістики, що охоплює модернізацію інфраструктури, розвиток людського капіталу, створення регуляторного середовища та механізмів державно-приватного партнерства. Особливу увагу приділено синергії технічного прогресу та інституційної підтримки як необхідній умові впровадження АРС у повсякденну практику логістичних операторів. У **висновках** підкреслено наукову новизну підходу до комплексної оцінки бар'єрів і формування системи рішень з урахуванням українських реалій. Практична значущість дослідження полягає в можливості застосування розробленої дорожньої карти для державного планування, інвестиційного аналізу та освітньо-професійної підготовки кадрів. Запропоновані рекомендації можуть бути використані в

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

процесі відновлення логістичної інфраструктури України та її інтеграції в глобальні ланцюги постачання, що визначає перспективи подальших міждисциплінарних досліджень у сфері логістичної автономізації, зокрема в напрямах моделювання економічного ефекту та оцінки стійкості ланцюгів постачання в кризових умовах.

Ключові слова: інтелектуальна логістика, цифрова інфраструктура, інноваційні технології, бар'єри впровадження, економічна адаптація, безпілотні системи, управління ризиками.

Development of autonomous robotic systems in the field of logistics and transport in the context of adaptation to the challenges of the modern economy of Ukraine

Vitalii Vasylyshyn,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Mechanics, Engineering and Computer Graphics, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-0367-1198

Dmytro Bilukhin,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Railway Rolling Stock, Faculty of Energy and Economic Process Management, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine, https://orcid.org/0000-0002-2791-617X

Oleksandr Tarasenko,
Senior Lecturer, Department of Transport Technologies, Faculty of Transport, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, https://orcid.org/0000-0001-7882-5481

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Abstract. The article substantiates the economic feasibility of introducing autonomous robotic systems (ARS) into the logistics and transport infrastructure of Ukraine in the context of adaptation to modern challenges – in particular, armed conflict, resource constraints, instability of the macroeconomic environment and global digital transformation. In the context of the growing role of innovative technologies, autonomous solutions are considered as the basis for the modernization of the transport system of Ukraine. The **purpose** of the study is to analyze the potential of ARS for the transformation of logistics operations, identify barriers to their implementation and formulate recommendations for overcoming limitations. The **methodological** basis was general scientific and special methods: analysis and synthesis of scientific literature, comparative analysis of international experience and content analysis of strategic documents. The study used data from international organizations (EBRD, World Bank), as well as analytical materials from scientific and practical sources. The **results** of the study showed that the integration of autonomous systems in Ukraine is at an initial stage, mainly in military logistics, while the civilian sector is characterized by a low level of digitalization and investment activity. Five key groups of barriers were identified: regulatory, financial, infrastructure, personnel and organizational, which are interconnected and require a comprehensive solution. Based on the generalization of international experience, a scientifically sound model of phased logistics autonomization was proposed, which includes infrastructure modernization, human capital development, creation of a regulatory environment and mechanisms of public-private partnership. Special attention is paid to the synergy of technical progress and institutional support as a necessary condition for the implementation of ARS in the everyday practice of logistics operators. The **conclusions** emphasize the scientific novelty of the approach to a comprehensive assessment of barriers and the formation of a system of solutions taking into account Ukrainian realities. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the developed roadmap for state planning, investment analysis and educational and professional training of personnel. The

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

proposed recommendations can be used in the process of restoring Ukraine's logistics infrastructure and its integration into global supply chains, which determines the prospects for further interdisciplinary research in the field of logistics autonomy, in particular in the areas of modeling the economic effect and assessing the sustainability of supply chains in crisis conditions.

Keywords: intelligent logistics, digital infrastructure, innovative technologies, implementation barriers, economic adaptation, unmanned systems, risk management.

Постановка проблеми. Сучасна економіка України перебуває на етапі якісних перетворень, зумовлених впливом воєнних дій, змінами в глобальних ланцюгах постачання, цифровою трансформацією та вимогами сталого розвитку. За таких умов логістична й транспортна системи країни гостро потребують підвищення ефективності, адаптивності та безперервності функціонування. Одним з основних напрямів реагування на ці виклики стає впровадження автономних роботизованих систем (далі – АРС), здатних не лише автоматизувати окремі операції, а й забезпечити комплексну перебудову логістичних процесів.

У контексті логістики та транспорту автономні рішення сприяють зниженню залежності від людського ресурсу, оптимізації маршрутів, зменшенню витрат пального та підвищенню точності доставлення. Світовий досвід засвідчує значний потенціал застосування безпілотних транспортних засобів, дронів, роботизованих сортувальних систем та інших елементів АРС у забезпеченні сталої логістичної інфраструктури [1; 2, p. 9–10]. Водночас Україна лише розпочинає системне впровадження таких технологій, хоча перші успішні кейси, зокрема в умовах військової логістики, вже доводять їхню ефективність [3; 4].

Проте розвиток АРС в Україні ускладнюється низкою бар’єрів: недосконалістю нормативно-правового регулювання, відсутністю системної

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

державної підтримки інновацій у логістиці, нерівномірним рівнем цифровізації регіонів, а також дефіцитом висококваліфікованих кадрів. Помітно, що потенціал цифровізації макрологістичних систем в Україні реалізується лише частково, що зумовлює необхідність оновлення управлінських підходів і технологічних стандартів [5, p. 10–12; 6, с. 152–154].

Особливої актуальності проблема набуває в контексті побудови стійких логістичних систем, здатних адаптуватися до кризових умов, наприклад, збройних конфліктів чи порушень глобальних торговельних зв'язків. Зокрема, автономізація процесів перевезення й сортування вантажів розглядається як важливий чинник формування «розумної логістики», яка поєднує гнучкість, інноваційність та ефективність. В умовах обмежених ресурсів, високої невизначеності та потреби у швидкому реагуванні на зміни автономні системи можуть стати основою логістичної стійкості та економічного відновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світовій науці проблема розвитку АРС у логістиці розглядається крізь призму цифровізації, технологій штучного інтелекту (далі – ШІ), стійкості транспортних мереж та інфраструктурної модернізації.

У напрямі «розумного» транспорту та цифрової логістики вагомими є дослідження С. Гриценка (S. Hrytsenko), А. Гречковської (A. Hrechkovska) та М. Кордяка (M. Kordiak), у яких обґрунтовано необхідність розбудови інтелектуальних транспортних систем в Україні як основи для модернізації логістики [7]. Подібний акцент простежується в працях В. Осетського (V. Osetskyi), Ю. Уманціва (Y. Umantsiv), В. Клименка (V. Klymenko), Г. Лозової (G. Lozova) та Є. Єщенка (E. Yeshchenko), де проаналізовано макрологістичні цифрові системи [5], а також у статті В. Юр'єва, присвяченій інноваційним підходам у транспортній логістиці [6]. Хоча ці автори й підкреслюють важливість цифрових рішень, поняття автономності в більшості випадків згадується лише побіжно або взагалі відсутнє.

 ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

У працях О. Короленка та М. Швеця акцентовано на значенні інструментів ШІ та автоматизованих технологій для підвищення ефективності логістичних ланцюгів і перевантажувальних вузлів [8; 9]. С. Ковалевський (S. Kovalevskyy) представляє загальноекономічне бачення трансформації під впливом ШІ [10], однак практична деталізація впливу на логістику залишається невиразною. Водночас стаття О. Коростіна ілюструє конкретний приклад застосування ШІ для автоматизації в міжнародних морських перевезеннях, демонструючи технічні можливості в окремих сегментах галузі [11].

Варто зазначити, що В. Гарькава (V. Harkava), О. Пилипенко (O. Pylypenko), О. Гайша (O. Haisha), А. Арамян (A. Aramyan) та В. Кайров (V. Kairov) у спільному дослідженні аналізують моделювання розвитку автомобільного транспорту в країнах Східної Європи, акцентуючи на структурних та інфраструктурних зрушеннях [12]. Хоча стаття цінна з позиції порівняльного аналізу, автономні системи в ній згадуються лише опосередковано. Також в окремій праці В. Гарькава висвітлює вплив ШІ на логістичне управління в умовах зміни попиту на перевезення в Україні, підкреслюючи необхідність адаптації логістики до технологічних зрушень [13].

Тематичний блок, присвячений автономним транспортним рішенням та роботизованим платформам, представлений роботою З. Задорожного (Z. Zadorozhnyi), В. Муравського (V. Muravskyi), О. Шевчука (O. Shevchuk), В. Муравського (V. Muravskyi) та М. Задорожного (M. Zadorozhnyi), які досліджують управління автономними транспортними системами з позицій обліково-аналітичного забезпечення [14]. Автори К. Бондарь (K. Bondar) [3], Д. Хемблін (D. Hambling) [4] та Т. Балмфорт (T. Balmforth) [15] висвітлюють досвід воєнного впровадження автономних платформ і дронів в Україні, що може слугувати підґрунтям для їхньої подальшої адаптації до цивільного логістичного середовища.

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Розгляд логістичної стійкості та інфраструктурного розвитку відображено в роботах Л. Лебедєвої (L. Lebedeva), Д. Шкуропадської (D. Shkuropadska) [16] та І. Москвиченка (I. Moskvichenko) зі співавторами [17], у яких окреслено структурні виклики та організаційні проблеми управління якістю в логістичному секторі.

У напрямі загальноекономічних тенденцій та статистичного обґрунтування І. Парицький (I. Paryzkyi), Ю. Перегуда (Y. Perehuda), М. Кривоберець (M. Kryvoberets), О. Гуріна (O. Hurina) та В. Глибовець (V. Glybovets) [19] аналізують розвиток «smart economy», підкреслюючи нерівномірність цифровізації регіонів України, тоді як в іншій праці Ю. Перегуда [18] розглядає аспекти інновацій у зовнішній торгівлі.

У своїх дослідженнях Д. Дрофа (D. Drofa) доводить ефективність застосування штучного інтелекту для прогнозування ресурсів у стратегічному управлінні проектами. Використання машинного навчання дозволяє точно передбачати потреби у ресурсах, оптимізувати логістичні маршрути та планувати витрати на основі аналізу великих даних [22]. Ці технології особливо актуальні для української логістики, де інтелектуальні алгоритми дозволяють враховувати стан доріг, погодні умови, історію заторів та інші фактори для побудови найефективніших маршрутів. Запровадження автономних роботизованих систем у логістиці та транспорті стає необхідністю для підтримки конкурентоспроможності українських компаній у сучасних умовах. Інтеграція штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє не лише оптимізувати процеси, а й передбачати зміни на ринку, адаптуватися до нових викликів та забезпечити стабільність логістичних ланцюгів [23]. В умовах активного впровадження автономних роботизованих систем у логістиці та транспорті України особливої ваги набуває питання захисту конфіденційних даних, що циркулюють між різними елементами цифрової інфраструктури. Як зазначає Ю. Горбенко (Y. Horbenko), традиційних заходів безпеки, що обмежуються шифруванням каналів передачі та захистом баз

 ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

даних, уже недостатньо для протидії сучасним високотехнологічним кіберзагрозам [24].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Аналіз актуальних наукових публікацій свідчить, що проблематика впровадження АРС у логістиці України розглядається переважно через фрагментарну призму цифровізації, автоматизації або загальних стратегічних тенденцій розвитку транспорту. Комплексний системний підхід до дослідження АРС як цілісного економічного й інституційного явища є недостатнім. Переважна більшість дослідників обмежується висвітленням окремих технологічних рішень без розкриття їхньої ролі в трансформації логістичних процесів у масштабах країни.

Недостатньо вивченими залишаються питання економічної ефективності впровадження АРС, зокрема в порівнянні з традиційними логістичними підходами в умовах високої інфляції, нестабільності валютного курсу та обмеженості інвестиційного ресурсу. Існує дефіцит обґрунтованих моделей оцінки рентабельності автономних рішень в умовах підвищених воєнних і логістичних ризиків. Попри активне посилання на європейський досвід, вітчизняна наука практично не пропонує адаптаційних моделей для впровадження іноземних практик з урахуванням специфіки українського середовища, яке характеризується інфраструктурними, правовими та кадровими обмеженнями.

Ще одним малодослідженим аспектом є взаємозв’язок між рівнем цифрової грамотності персоналу логістичних компаній і темпами інтеграції автономних систем. Це питання є критично важливим для формування ефективної стратегії автономізації, оскільки технологічне впровадження неможливе без готовності людського капіталу до його використання. Водночас залишаються без належної уваги й ризики, пов’язані з регуляторною невизначеністю, недостатністю сертифікаційних процедур, нормативної бази та механізмів державної підтримки впровадження автономних рішень.

 ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Зазначені нерозв'язані частини проблеми є критично важливими для формування в Україні стійкої, гнучкої логістичної системи на основі автономних технологій. Їхнє подальше дослідження дасть змогу сформувати науково обґрунтовану дорожню карту розвитку АРС, визначити пріоритетні напрями державної політики, розробити механізми фінансування та управління ризиками в умовах високої невизначеності. Таким чином, окреслені прогалини не лише підтверджують наукову новизну обраного напряму дослідження, а й визначають його практичну цінність для формування стратегій післявоєнного економічного відновлення України.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є обґрунтування потенціалу впровадження АРС у логістиці та транспорті України в умовах адаптації до сучасних економічних викликів, а також формування засад для підвищення ефективності логістичних процесів через автономізацію. Для досягнення поставленої мети сформульовано завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан та рівень застосування АРС у логістичному секторі України з урахуванням міжнародного досвіду та специфіки воєнно-економічних умов;
- ідентифікувати основні бар'єри й чинники, що впливають на впровадження автономних технологій у логістиці, зокрема нормативно-правові, організаційні, інфраструктурні та кадрові аспекти;
- запропонувати науково обґрунтовані підходи до підвищення ефективності адаптації логістичної системи України до умов невизначеності шляхом автономізації процесів перевезення, сортування, навантаження та управління інформаційними потоками.

Виклад основного матеріалу дослідження. У світовій логістиці активно впроваджуються АРС з метою підвищення ефективності та стійкості постачань. Передові компанії застосовують безпілотні транспортні засоби, дрони для адресного доставлення, автономних сортувальних роботів на

 ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

складах, що сприяє скороченню витрат та часу доставлення, підвищенню безпеки перевезень та зниженню залежності від людського фактора. Зокрема, інновації, такі як автономні автомобілі й безпілотні літальні апарати вже трансформують транспортну галузь, роблять її продуктивнішою, безпечнішою та екологічнішою.

У країнах Європейського Союзу впровадження інтелектуальних транспортних систем (наприклад, інтелектуальне керування дорожнім рухом) та логістичних роботів відбувається на державному рівні, що сприяє сталому розвитку інфраструктури [2, p. 8–10]. Наприклад, у Фінляндії та Німеччині індекс ефективності логістики (LPI) перевищує 4.0, тоді як в Україні цей показник значно нижчий (табл. 1).

Таблиця 1

Значення LPI для України та окремих країн, 2023 р.

Країна	Загальний LPI (1 = низький, 5 = високий)
Фінляндія	4,2
Німеччина	4,1
Польща	3,6
Україна	2,7

Джерело: сформовано авторами на основі даних [2, p. 8–10; 16, с. 118–119]

Низький показник вказує на відставання України за рівнем логістичної ефективності, що частково пояснюється недостатньою цифровізацією та автоматизацією логістичних процесів.

В українській логістиці впровадження АРС має фрагментарний характер. У цивільному секторі спостерігаються лише поодинокі пілотні проєкти: автоматизовані сортувальні лінії в поштово-складських комплексах, тестування дронів для адресного доставлення, застосування роботизованих навантажувачів тощо. Проте ці ініціативи не набули масового поширення, і більшість логістичних операцій в Україні все ще здійснюється традиційними методами.

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Важливі зрушення відбуваються переважно під впливом воєнних умов: з метою забезпечення військової логістики Україна інвестує в автономні системи перевезень для небезпечних ділянок. Так, уже закуплено кілька тисяч наземних роботизованих платформ для доставлення боєприпасів та евакуації поранених із фронту, а потреба оцінюється десятками тисяч таких одиниць на найближчий рік [15]. Одночасно налагоджується серійне виробництво вітчизняних дронів: упродовж року заплановано випуск до 30 тис. безпілотників різного радіуса дії. Ці факти свідчать, що в екстремальних умовах війни автономні технології довели свою ефективність і здатність забезпечувати безперервність постачань там, де участь людини ризикована або неможлива [1]. За оцінками Т. Балмфорта (T. Balmforth), застосування безпілотних наземних транспортних засобів та дронів із технологіями ШІ у 2025 році в Україні зросте в геометричній прогресії, що вказує на швидке поширення автономних систем на практиці [15].

Міжнародний досвід підтверджує потенціал АРС для підвищення продуктивності логістики. Оглядові дослідження показують, що застосування автономних вантажівок та дронів сприяє зменшенню витрат на доставлення (завдяки економії палива та заробітних плат), оптимізації маршрутів і мінімізації людських помилок. Наприклад, автономні вантажні шатли, протестовані в Європі, продемонстрували скорочення операційних витрат на ~30 % і зниження викидів CO_2 завдяки оптимізованому водінню [1].

У сфері складування глобальні логістичні компанії (Amazon, DHL тощо) експлуатують десятки тисяч роботів для автоматичного сортування й переміщення товарів, досягаючи високої швидкості обробки замовлень. В Україні подібний рівень автономізації відсутній, що відображається в нижчих показниках ефективності логістичної системи. Проте перші успішні кейси (військові безпілотники та роботизовані платформи) створюють передумови для прискорення впровадження АРС і в цивільній логістиці.

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Необхідно проаналізувати, які бар'єри стримують ширше застосування цих технологій в Україні для визначення подальших кроків адаптації.

Результати дослідження виявили комплекс взаємопов'язаних бар'єрів, які гальмують упровадження автономних технологій у логістику України. Вони охоплюють нормативно-правову, технічну, організаційну та кадрову площини. Важливо, що жоден із бар'єрів не діє ізольовано – вони підсилюють один одного, створюючи високий поріг входження для інновацій. Зокрема, висока вартість робототехнічних рішень у поєднанні з невизначеністю окупності інвестицій стримує бізнес від масштабних проєктів автономізації [13, с. 14–18]. До того ж недостатня цифровізація інфраструктури (застарілі склади, відсутність сенсорних мереж, обмежена доступність швидкісного інтернету на транспортних коридорах) ускладнює інтеграцію навіть доступних технологій [5, p. 10–12]. Також критичним є дефіцит кваліфікованих кадрів – недостатність фахівців із навичками в галузі ШІ, робототехніки та аналізу даних означає, що навіть за наявності технологій компанії часто не здатні їх ефективно застосовувати [8]. Цю проблему поглиблює як загальний низький рівень цифрової грамотності частини персоналу, так і опір змінам у традиційних організаціях.

Важливу роль відіграють і недоліки нормативно-правового регулювання: нині в Україні відсутні чіткі стандарти й правила експлуатації безпілотних автомобілів на дорогах, застосування дронів поза лінією видимості тощо [5, p. 11–12; 13, с. 14–18]. Невизначеність у правовому полі гальмує ініціативи бізнесу, не даючи можливості проводити повномасштабні випробування та інтегрувати АРС у повсякденну логістику. Крім того, недостатність цільових державних програм підтримки інновацій у транспортній сфері стримує подолання фінансових бар'єрів [6, с. 154–155]. Отже, наявні перешкоди є значними, проте ідентифікованими; їхню систематизацію наведено нижче (табл. 2), що створює основу для розроблення шляхів розв'язання.

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Таблиця 2

Основні бар'єри впровадження автономних роботизованих систем у логістиці України

Категорія бар'єрів	Сутність та характеристика
Фінансово-інвестиційні	Висока початкова вартість упровадження АРС, необхідність значних інвестицій. Невизначені строки окупності новітніх рішень підвищують ризики для бізнесу. Це особливо актуально з огляду на низький рівень капітальних інвестицій в Україні, які у 2023 році становили лише 13,2 % ВВП при загальному обсязі близько 160 млрд дол. США, що обмежує можливості масового впровадження високовартісних автономних рішень
Технічна інфраструктура	Низький рівень цифровізації логістичної інфраструктури: застаріле обладнання складів і терміналів, відсутність розгорнутої IoT-інфраструктури. Обмежена сумісність нових рішень із наявними системами («legacy systems»)
Кадровий потенціал	Дефіцит фахівців, здатних працювати з роботизованими комплексами й системами ШІ; потреба в перепідготовці персоналу. Опір змінам та нестача цифрових навичок у працівників логістики старшого покоління
Нормативно-правові обмеження	Відсутність або застарілі нормативні акти щодо експлуатації безпілотних транспортних засобів і дронів у цивільній сфері. Неврегульованість питань відповідальності, безпеки та сертифікації АРС
Організаційні (управлінські)	Інертність логістичних компаній та державних органів щодо інновацій: відсутність стратегій упровадження АРС, низька гнучкість бізнес-процесів для інтеграції нових технологій. Недостатня державна підтримка пілотних проєктів

Джерело: сформовано авторами на основі даних [5, p. 11–12; 6, с. 154–155; 8; 9, с. 265–268; 13, с. 14–18; 20]

З табл. 2 очевидно, що основними стримувальними чинниками є фінансові, інфраструктурно-технічні та нормативні бар'єри. Висока вартість та відсутність чітких правил формують для приватного сектору ситуацію невизначеності, що пригнічує інноваційну активність. Це узгоджується з висновками інших дослідників: так, В. Гарькава зазначає, що впровадження інструментів ШІ в логістику гальмується недостатньою готовністю менеджменту та відсутністю відповідних регламентів [13, с. 14–18]. О. Короленко також підкреслює, що ефективність цифрових інструментів у

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

ланцюгах постачання залежить від наявності кваліфікованих кадрів і належної IT-інфраструктури [8].

Виявлені бар'єри є взаємопов'язаними: наприклад, без державної підтримки (нормативної та фінансової) неможливо швидко модернізувати інфраструктуру та підготувати кадри, а без модернізації інфраструктури важко продемонструвати окупність інновацій. Таким чином, подолання перешкод потребує комплексного підходу та узгоджених дій усіх учасників ринку. Визначення цих бар'єрів дає змогу перейти до розгляду практичних підходів, спрямованих на їхню мінімізацію й успішну адаптацію логістики України до сучасних викликів.

Подолання окреслених бар'єрів і успішна інтеграція АРС у логістичну систему України потребують системних змін та реалізації низки науково обґрунтованих підходів. На основі узагальнення міжнародного досвіду та пропозицій вітчизняних фахівців сформовано комплекс рекомендацій (табл. 3). Вони охоплюють технологічні, організаційні та нормативні аспекти, акцентуючи як на технічних рішеннях, так і на інституційних заходах для забезпечення їхнього впровадження. Головний принцип – поетапна автономізація логістичних процесів: спочатку найбільш рутинних і підготовлених до цього операцій, поступове нарощування технологічної складності та масштабів паралельно з розвитком необхідної інфраструктури й компетенцій.

Таблиця 3

Практичні підходи до підвищення ефективності логістики України шляхом автономізації

Напрям / аспект	Конкретні заходи та рішення
Модернізація інфраструктури	Оснащення складських терміналів, портів та транспортних вузлів сучасними IT-інфраструктурами (IoT-сенсорами, мережами передачі даних 4G/5G) для підтримки роботи автономних систем. Оновлення парку перевантажувальної техніки до цифрового рівня (смарткрани, роботи-навантажувачі) для забезпечення сумісності з інтегрованими системами управління логістичними процесами

ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Напрям / аспект	Конкретні заходи та рішення
Пілотне й поетапне впровадження АРС	Реалізація пілотних проєктів автономізації окремих логістичних операцій: автоматизовані сортувальні лінії, роботизовані візки на складах, безпілотні фури на закритих промислових маршрутах. Поетапне розширення масштабів після успішних тестувань – від локальних вузлів до міжміських перевезень. Упровадження систем ADAS та поступовий перехід до безпілотного транспорту на визначених ділянках доріг
Інтеграція передових технологій	Застосування ШІ для оптимізації планування перевезень і прогнозування попиту (ШІ-алгоритми маршрутизації, предиктивна аналітика). Розгортання IoT для моніторингу вантажів і транспорту в реальному часі (відстеження місцеположення, стану вантажів). Застосування робототехнічних комплексів для автоматизації фізичних задач: вантажно-розвантажувальні роботи, дрони для інвентаризації складів тощо
Розвиток кадрового потенціалу	Розробка програм навчання й перекваліфікації працівників логістики для роботи з АРС та аналізу даних. Співпраця із закладами освіти для підготовки нових фахівців із Data Science, мехатроніки, управління автономними системами. Залучення українських IT-спеціалістів до проєктів у сфері логістичної робототехніки
Нормативно-правове забезпечення	Розробка та впровадження державою сучасної нормативно-правової бази: стандарти безпеки для безпілотних автомобілів, правила застосування дронів для комерційного доставлення, сертифікація роботизованих систем. Створення регуляторних «пісочниць» для тестування АРС у реальних умовах без надмірних бюрократичних бар'єрів. Адаптація національних стратегій транспорту до концепції автономної логістики
Державна підтримка та партнерства	Запуск державних програм стимулювання інновацій у логістиці: гранти або податкові пільги для компаній, що впроваджують АРС; співфінансування створення інноваційних кластерів (наприклад, тестових полігонів для безпілотного транспорту). Розвиток державно-приватного партнерства у сфері логістичних IT-платформ – об'єднання зусиль уряду, бізнесу та наукових установ задля створення єдиних цифрових платформ керування ланцюгами постачання. Координація з міжнародними партнерами для отримання технічної допомоги та інвестицій у проєкти «розумної» логістики

Джерело: авторська розробка

Варто зазначити, що Європейський банк реконструкції та розвитку вже інвестував понад 1,8 млрд євро в українську транспортну інфраструктуру, що створює фінансову передумову для реалізації інноваційних логістичних проєктів [21]. Зважаючи на це запропоновані підходи орієнтовані на комплексну модернізацію логістичної системи. Технічні рішення (IoT, роботи,

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

ШІ) мають розвиватися паралельно з «м'якою» інфраструктурою – людським капіталом та нормативно-правовим полем. Дослідження М. Швеця підтверджує, що впровадження сучасних технологій буде ефективним лише за умови одночасного розв'язання проблем інфраструктури, кадрів та регулювання [9, с. 263–270]. Узгоджується з цим і міжнародний досвід: за висновком С. Собчук (S. Sobczuk) та А. Боруцької (A. Borucka), технологічні інновації (автоматизація процесів, інформаційні системи) значно підвищують точність і швидкість логістичних операцій, але максимальний ефект досягається, коли вони впроваджуються в середовищі з належною координацією учасників та сучасною інфраструктурою [1]. Крім того, досвід ЄС наголошує на важливості міжсекторної співпраці – взаємодії держави, бізнесу та освітніх інституцій при реалізації інноваційних проєктів у транспорті.

З огляду на це в Україні доцільно створити платформу співпраці між логістичними операторами, IT-компаніями та державними органами для обміну даними й спільного впровадження АРС. Варто підкреслити, що реалізація запропонованих заходів матиме результати в середньо- та довгостроковій перспективі, а не миттєво. Поетапність упровадження дасть змогу врахувати ризики й коригувати стратегію за підсумками проміжних етапів. Вже на першому етапі очікується підвищення стійкості логістики до зовнішніх шоків: автономні системи забезпечують безперервність перевезень під час кадрових дефіцитів чи небезпеки для людей.

Отже, для адаптації логістики України до сучасних викликів потрібен збалансований підхід, що поєднує запозичення кращих світових практик та врахування національної специфіки. Запропоновані підходи (модернізація інфраструктури, етапна автономізація, розвиток кадрів, удосконалення регуляцій та партнерств) утворюють дорожню карту, реалізація якої сприятиме поступовому усуненню наявних бар'єрів. Комплексне впровадження автономних роботизованих систем у логістиці дасть змогу не

 ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

лише підвищити ефективність галузі, але й зміцнити економічну безпеку та конкурентоспроможність України в умовах невизначеності й глобальних потрясінь. Це створить передумови для формування стійкої, гнучкої та інноваційної логістичної екосистеми, здатної підтримувати економічний розвиток країни в післявоєнний період та інтеграцію у світові ланцюги постачання.

Висновки. Поглиблений аналіз міжнародного досвіду та сучасного стану впровадження АРС в Україні свідчить про наявність значного розриву між потребами національної економіки та реальними можливостями логістичної інфраструктури, що зумовлює необхідність науково обґрунтованого пошуку шляхів розвитку.

Було встановлено, що інтеграція автономних технологій у логістиці України наразі є фрагментарною та обмежена низкою бар'єрів. Виокремлено п'ять основних груп перешкод: нормативно-правові, фінансово-інвестиційні, кадрові, інфраструктурно-технічні та організаційні. Їхній комплексний характер створює замкнене коло, що уповільнює впровадження інновацій. Водночас аналіз успішних кейсів у військовій логістиці, а також досвід провідних країн ЄС свідчить про доцільність етапної автономізації логістичних процесів як засобу підвищення ефективності, безпеки та стійкості національної логістики.

Практична цінність дослідження полягає в запропонованій систематизації бар'єрів і розробці комплексу науково обґрунтованих підходів до їхнього подолання. Сформована дорожня карта впровадження АРС орієнтована на комбінування технічної модернізації (упровадження IoT, роботів, ШІ), розвитку людського капіталу, створення відповідного нормативного середовища та державної підтримки. Застосування результатів дослідження можливе в діяльності логістичних операторів, державних органів, IT-компаній і освітніх закладів із метою інтеграції автономних систем на складському, транспортному й управлінському рівнях. В умовах

 ISSN 3041-2129
Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

післявоєнного відновлення України результати можуть стати основою стратегічного планування цифрової логістики.

Перспективи майбутніх досліджень доцільно спрямувати на оцінку економічної ефективності впровадження конкретних типів АРС у різних сегментах логістики, моделювання їхнього впливу на показники продуктивності, а також на розробку механізмів публічно-приватного партнерства у сфері автономізації. Не менш актуальним є подальше дослідження адаптаційних моделей інтеграції іноземного досвіду з урахуванням особливостей українського ринку.

Список використаних джерел

1. Sobczuk S., Borucka A. Recent advances for the development of sustainable transport and their importance in case of global crises: a literature review. *Applied Sciences.* 2024. Vol. 14, № 22. 10653. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/app142210653.

2. Sapiński A., Pochopień J. Logistics innovations and their impact on the development of transportation infrastructure in europe: future prospects. *Futurity of Social Sciences.* 2023. Vol. 1, № 2. P. 4–17. DOI: https://doi.org/10.57125/FS.2023.06.20.01.

3. Bondar K. How ukraine rebuilt its military acquisition system around commercial technology. *Center for Strategic & International Studies*. 2025. URL: https://www.csis.org/analysis/how-ukraine-rebuilt-its-military-acquisition-system-around-commercial-technology (дата звернення: 22.03.2025).

4. Hambling D. How Ukraine is replacing human soldiers with a robot army. *Forbes Media LLC.* 2025. URL: https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2025/04/18/how-ukraine-is-replacing-human-soldiers-with-a-robot-army/ (дата звернення: 22.03.2025).

5. Osetskyi V., Umantsiv Y., Klymenko V., Lozova G., Yeshchenko E. Digitization of macro-logistics systems in Ukraine. *Advances in Politics and*

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

Economics. 2023. Vol. 7, № 1. P. 9–20. DOI: http://dx.doi.org/10.22158/ape.v7n1p9.

6. Юр'єв В. Інноваційні проекти в транспортній логістичній системі на промисловому ринку України. *Розвиток міста.* 2025. Вип. 1(05). С. 148–157. DOI: https://doi.org/10.32782/city-development.2025.1-21.

7. Hrytsenko S., Hrechkovska A., Kordiak M. Development of intelligent transport systems of Ukraine. *Intellectualization of logistics and supply chain management.* 2023. Vol. 17. P. 35–42. DOI: https://doi.org/10.46783/smart-scm/2023-17-3.

8. Короленко О. Вплив інформаційних технологій на ефективність логістичних ланцюгів. *Здобутки економіки: перспективи та інновації.* 2025. 15. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14914740.

9. Швець М. Аналіз впливу сучасних технологій на оптимізацію перевантаження вантажів у транспортних вузлах. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* 2025. Т. 36(75), № 1. С. 263–270. DOI: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.2/38.

10. Kovalevskyy S. Artificial intelligence as a driver of socio-economic system transformation in Ukraine. *Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS.* 2024. Vol. 22, № 3. P. 296–304. DOI: https://doi.org/10.7906/indecs.22.3.5.

11. Коростін О. Ефективність розпізнавання тексту в автоматизації міжнародних морських перевезень за допомогою штучного інтелекту. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки.* 2024. № 3. С. 29–38. DOI: https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.3.4.

12. Harkava V., Pylypenko O., Haisha O., Aramyan A., Kairov V. Modeling and trends of road transport development in eastern European countries. *International Journal of Computer Science & Network Security*. 2024. Vol. 24, № 3. P. 189–195. URL: https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2024.24.3.22.

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

13. Гарькава В. Управління логістикою відповідно до попиту на пасажирські та вантажні перевезення з появою штучного інтелекту (досвід для України). *Розвиток транспорту*. 2023. № 3(18). С. 9–23. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2023.3-18.01.

14. Zadorozhnyi Z., Muravskyi V., Shevchuk O., Muravskyi V., Zadorozhnyi M. Digitization of accounting in the innovative management of autonomous robotic transport. *Marketing and Management of Innovations*. 2024. Vol. 15, № 3. P. 110–126. DOI: https://doi.org/10.21272/mmi.2024.3-09.

15. Balmforth T. Ukraine sees use of uncrewed ground vehicles, AI-targeting drones surging next year. *Reuters*. 2024. URL: https://www.reuters.com/world/europe/ukraine-sees-use-uncrewed-ground-vehicles-ai-targeting-drones-surging-next-year-2024-12-02/ (дата звернення: 22.03.2025).

16. Lebedeva L., Shkuropadska D. Resilience of transport logistics in EU and Ukraine. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2024. № 4. P. 108–127. DOI: https://doi.org/10.31617/3.2024(135)07 .

17. Moskvichenko I., Stadnik V., Kushnir L. Improvement of the quality management system in the transport and logistics sector. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10, № 4. P. 301–309. DOI: https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-4-301-309.

18. Перегуда Ю. Експорт та імпорт аграрної продукції в умовах глобального регулювання та міжнародної торгівлі. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 54. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-92.

19. Paryzkyi I., Perehuda Y., Kryvoberets M., Hurina O., Glybovets V. Smart economy in the regions of Ukraine: Current trends and development vectors. *Review of Economics and Finance*. 2023. Vol. 21, № 1. P. 1380–1388. URL: https://refpress.org/wp-content/uploads/2023/09/Paryzkyi_REF.pdf (дата звернення: 22.03.2025).

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license

20. Ukraine. The World Bank Group. 2025. URL: https://data.worldbank.org/country/ukraine (дата звернення: 22.03.2025).

21. The EBRD in Ukraine. European Bank for Reconstruction and Development (EBRD). 2025. URL: https://www.ebrd.com/home/what-we-do/where-we-invest/ukraine.html#customtab-d38dc075f6-item-7e0c372c38-tab (дата звернення: 22.03.2025).

22. Drofa, D. Using Artificial Intelligence for Resource Forecasting in Strategic Project Management. *Asian Journal of Research in Computer Science*. 2025. 18(5), 293–302. https://doi.org/10.9734/ajrcos/2025/v18i565.

23. Drofa, D. Using Machine Learning to Forecast Resources in Long-Term Business Projects. *Horizons of Innovation: Conference on Multidisciplinary Trends in Science 2024*. (pp. 395-398). Futurity Research Publishing. https://futurity-publishing.com/wp-content/uploads/2025/03/Drofa-D.-2024.pdf

24. Horbenko, Y. Confidential Computing in Front-End: Enhancing Data Security with Secure Enclaves and Homomorphic Encryption. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research and Studies*. 2025. 5(3). 308-321. https://www.multiresearchjournal.com/admin/uploads/archives/archive-1747130538.pdf

 ISSN 3041-2129

Увесь контент ліцензовано за умовами Creative Commons BY 4.0 International license