

vehicle downtime by 35–50%, lower fuel costs by 8–12%, and ensure greater stability and reliability in international timber transport.

*The results obtained have significant practical potential, in particular for the design of logistics routes, the modernization of customs checkpoints, and the development of digital solutions for the needs of transport companies.*

**Keywords:** International road transport, timber, wooden pallets, logistics optimization, customs control, queuing models, simulation modeling, GPS monitoring, digitalization, throughput capacity.

*Стаття надійшла 02.12.2025р.*

УДК 656:004

[doi.org/10.31498/2522-9990302025347253](https://doi.org/10.31498/2522-9990302025347253)

Процик О. П., Хмельов І. В., Бутенко Г. М., Данєвський М. О., Красулін О.С.

### СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

*У роботі розглянуто сучасні цифрові технології управління транспортними процесами автомобільного транспорту в міжнародному сполученні як один із ключових чинників підвищення ефективності, надійності та безпеки перевезень в умовах глобалізації та цифрової трансформації транспортної галузі. Актуальність дослідження зумовлена зростанням обсягів міжнародних автомобільних перевезень, ускладненням логістичних ланцюгів постачання, підвищенням вимог до якості транспортних послуг та необхідністю оперативного прийняття управлінських рішень в умовах невизначеності зовнішнього середовища. Також проаналізовано основні напрями цифровізації управління транспортними процесами, зокрема використання транспортних інформаційних систем (TMS), телематичних і супутникових навігаційних систем, технологій великих даних (Big Data), хмарних сервісів, цифрових платформ координації перевізників і вантажовласників, а також елементів штучного інтелекту для прогнозування, оптимізації маршрутів та управління ризиками у міжнародних автомобільних перевезеннях. Особливу увагу приділено інтеграції цифрових технологій у процеси планування, диспетчеризації, моніторингу та контролю виконання перевезень з урахуванням вимог міжнародного законодавства та стандартів.*

*Визначено основні переваги впровадження цифрових технологій, серед яких скорочення простой рухомого складу, зниження витрат на перевезення, підвищення прозорості транспортних процесів, покращення якості логістичного сервісу та зменшення впливу людського фактору на прийняття управлінських рішень. Разом з тим, окреслено проблемні аспекти цифровізації, пов'язані з інформаційною безпекою, сумісністю інформаційних систем, підготовкою персоналу та необхідністю адаптації організаційно-управлінських структур транспортних підприємств.*

*Наукова новизна дослідження полягає у комплексному підході до узагальнення та структуризації сучасних цифрових технологій управління транспортними процесами автомобільного транспорту в міжнародному сполученні з позицій системної ефективності транспортно-технологічних рішень. Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх використання при розробленні та впровадженні цифрових рішень у діяльності автотранспортних підприємств, а також у навчальному процесі під час підготовки фахівців з транспортних технологій і логістики.*

**Ключові слова:** *Автомобільний транспорт, міжнародні перевезення, транспортні процеси, цифрові технології, управління, транспортні інформаційні системи, Блокчейн, Інтернет речей, platooning, AI, smart contracts.*

**Постановка проблеми.** Сучасні міжнародні автомобільні перевезення функціонують в умовах зростання складності логістичних ланцюгів, інтенсифікації інформаційних потоків та підвищених вимог до ефективності й безпеки транспортних процесів. Традиційні підходи до управління перевезеннями не забезпечують необхідного рівня прозорості та оперативності прийняття рішень. Впровадження цифрових технологій, зокрема блокчейну, Інтернету речей (IoT), інтелектуальних систем управління та технології платонінгу, створює суттєвий потенціал підвищення ефективності міжнародних автомобільних перевезень. Водночас застосування зазначених технологій має переважно фрагментарний характер і супроводжується значними інвестиційними витратами, проблемами інтеграції інформаційних систем, нормативно-правового регулювання та кібербезпеки. Недостатньо дослідженим залишається питання їх комплексного використання в єдиній системі управління транспортними процесами. Це зумовлює актуальність наукового обґрунтування доцільності та умов цифрової трансформації управління автомобільним транспортом у міжнародному сполученні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасні дослідження з управління транспортними процесами автомобільного транспорту в міжнародному сполученні приділяють увагу впровадженню цифрових технологій, таких як блокчейн, Інтернет речей (IoT), інтелектуальні системи управління та платонінг. Водночас більшість досліджень мають фрагментарний характер, акцентуючи увагу на технічних або описових аспектах, без системного аналізу комплексного впливу цих технологій на ефективність і економічну доцільність міжнародних перевезень. Це визначає наукову прогалину та обґрунтовує необхідність подальших досліджень у напрямі інтегрованого використання цифрових технологій для управління транспортними процесами.

В роботі [1] зазначено, що інтенсивний розвиток технологій збирання, обробки й передачі інформації дозволив багатьом організаціям на макрорівні проводити різноманітні дослідження у масштабах світової економіки, використовуючи міжнародні та національні бази статистичних даних, які охоплюють практично всі аспекти глобального розвитку та включають показники, що характеризують процеси цифровізації національних економік та окремих її сфер.

Відповідно до джерела [2] проаналізовано напрямки та перспективи цифровізації транспортних систем за умов переходу до нового технологічного укладу, оскільки глобальні науково-технологічні тренди останніх десятиліть суттєво посилили роль транспортних систем у соціально-економічному розвитку держав.

В дослідженні [3] розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення управління транспортом підприємств матеріальної сфери при обслуговуванні торгових точок із реалізації продукції. Запропоновано критерії для вибору оптимального програмного забезпечення автоматизації транспортно-логістичних процесів обслуговування торгових точок.

В роботі [4] розглянуто роль та можливості використання сучасних технологій, а саме штучного інтелекту, в управлінні транспортною логістикою. Дослідження зосереджується на тому, як штучний інтелект може впливати на ефективність та оптимізацію процесів управління транспортними ресурсами, маршрутизацію, контроль якості доставки та складське управління.

**Мета дослідження.** Метою роботи є дослідження та систематизація сучасних цифрових технологій управління транспортними процесами автомобільного транспорту в міжнародному

сполученні, а також обґрунтування доцільності їх комплексного застосування для підвищення ефективності, безпеки та прозорості функціонування транспортно-логістичних систем.

**Основний матеріал дослідження.** В роботі розглянуто сучасні цифрові технології управління транспортними процесами автомобільного транспорту у міжнародному сполученні. Блокчейн розглядається як засіб підвищення прозорості, безпеки та простежуваності ланцюгів постачання, IoT — для моніторингу транспортних засобів і оптимізації маршрутів, а платонінг та інтелектуальні системи — для підвищення безпеки та ефективності перевезень.

Технологія блокчейн — це децентралізований цифровий реєстр, який фіксує транзакції на декількох комп'ютерах. Це забезпечує прозоре та безпечне управління даними, що робить її надзвичайно важливою в логістичній галузі. Блокчейн складається з блоків транзакцій. Кожен блок пов'язаний з попереднім, утворюючи ланцюг. Цей ланцюг розподілений по мережі блокчейну, і кожен вузол має доступ до всього блокчейну. Така децентралізація підвищує прозорість логістики. Майнери перевіряють транзакції та додають нові блоки, вирішуючи складні задачі. Це забезпечує легітимність і безпеку кожного запису в реєстрі блокчейну. Також слід зауважити що інвестиції в блокчейн технології є значними тому слід звернути увагу на рентабельність інвестицій.

Логістичні компанії використовують блокчейн для створення прозорих, незмінних записів про діяльність ланцюга поставок, забезпечуючи перевірюваність і безпеку кожного етапу.

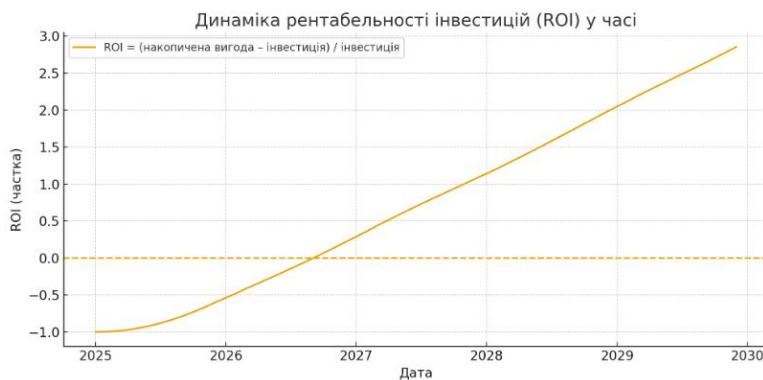


Рисунок 1 – Динаміка рентабельності інвестицій у часі

Крім того, блокчейн підтримує смарт-контракти — самовиконуючі контракти з умовами, записаними в коді, що спрощує процес оплати. Технологія блокчейн трансформує логістичну галузь, покращуючи простежуваність, вдосконалюючи процеси перевезення вантажів і зменшуючи кількість шахрайства.



Рисунок 2 – Щомісячні витрати при використанні блокчейну

## Транспортні технології

Використовуючи базу даних блокчейну, компанії можуть відстежувати товари по всьому ланцюгу поставок, покращуючи безпеку харчових продуктів у ланцюгах поставок харчових продуктів. Судноплавні компанії використовують рішення блокчейну для скорочення часу митного оформлення та зменшення термінів доставки. Розумні контракти автоматизують фінансові транзакції, оптимізуючи процес оплати.

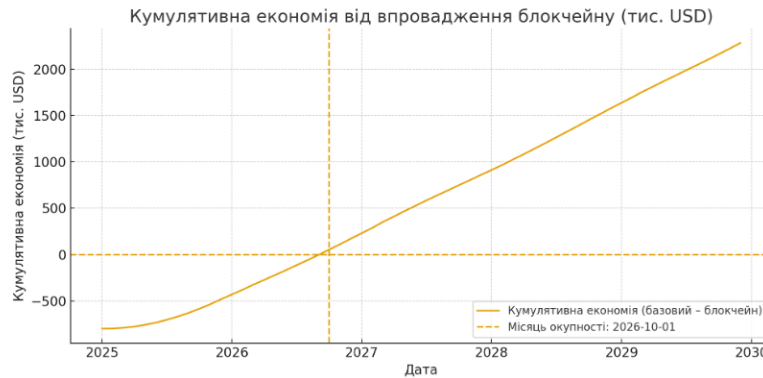


Рисунок 4 – Кумулятивна економія від впровадження блокчейну

При повному впровадженні блокчейн-технологій спостерігається значний значне скорочення ключових показників



Рисунок 5 – Скорочення ключових показників при впровадженні блокчейну

IoT в логістиці, скорочення витрат від «Інтернет речей», представляє собою інтеграцію фізичних пристроїв у мережу логістичної та транспортної галузі, які спілкуються та обмінюються даними без втручання людини. Також IoT дозволяє зменшити щомісячні загальні витрати.

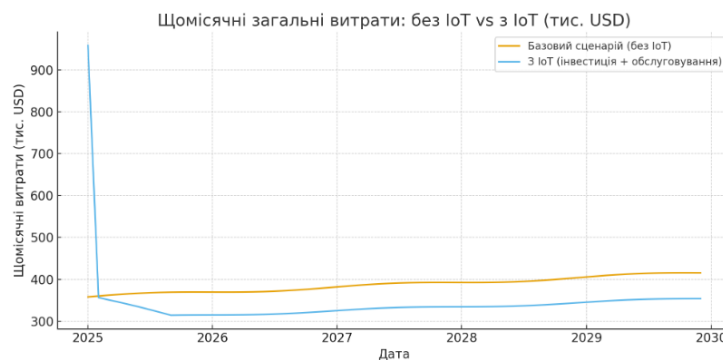


Рисунок 6 – Щомісячні витрати при використанні IoT

По суті, IoT дозволяє пристроям, таким як датчики, транспортні засоби та обладнання, підключатися та синхронізуватися через Інтернет, створюючи більш динамічне, чутливе та взаємопов'язане логістичне середовище. Пристрій IoT відіграє важливу роль у цій екосистемі, контролюючи умови, підвищуючи безпеку даних та керуючи величезними обсягами генерованих даних.

Основні компоненти IoT:

- ✓ датчики: це очі та вуха пристроїв IoT, які збирають дані, такі як місцезнаходження, температура або швидкість, з логістичного середовища;
- ✓ зв'язок: пристрої IoT не можуть спілкуватися без надійного з'єднання. Зв'язок може варіюватися від стільникових мереж до Wi-Fi, що дозволяє обмінюватися даними в режимі реального часу між віддаленими локаціями і навіть по всьому світу;
- ✓ аналітика даних: дані, зібрані пристроями IoT, є величезними. Ці дані перетворюються на практичні висновки за допомогою систем прогнозової аналітики та штучного інтелекту, що допомагає оптимізувати маршрути та прогнозувати потреби в технічному обслуговуванні.

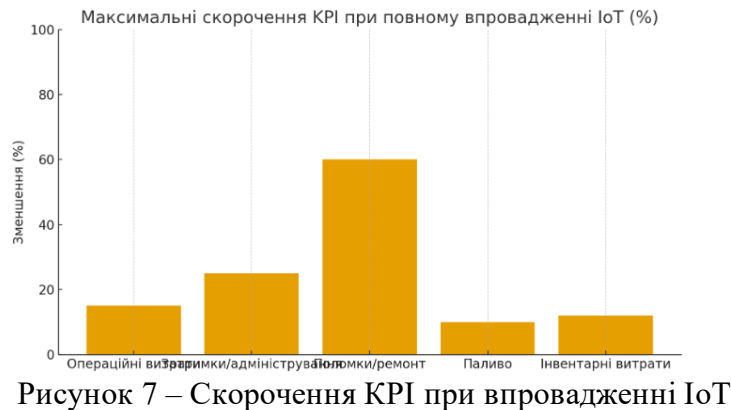
IoT в логістиці працює шляхом підключення пристроїв, датчиків та інших технологій до Інтернету, що полегшує збір та аналіз даних у режимі реального часу. Ці пристрої IoT можуть бути стратегічно розміщені на транспортних засобах, контейнерах та пакунках, забезпечуючи безперервне відстеження та моніторинг вантажів.

Наприклад, датчики IoT можуть контролювати умови навколишнього середовища, такі як температура та вологість, забезпечуючи безпечне транспортування чутливих товарів. Дані, зібрані з цих датчиків, потім аналізуються для отримання інформації про роботу ланцюга поставок. Це дозволяє логістичним компаніям виявляти області, що потребують поліпшення, оптимізувати свої процеси та підвищити загальну ефективність. Використовуючи аналітику даних IoT, логістичні компанії можуть приймати обґрунтовані рішення, що сприяють операційній досконалості.

Інтернет речей (IoT) продовжує розвиватися, приносячи трансформаційні зміни в логістичну галузь. Якщо поглянути в майбутнє, то кілька нових технологій та інновацій, ймовірно, визначатимуть траєкторію розвитку IoT в логістиці:

- 5G та мережі з низькою затримкою – очікується, що впровадження технології 5G значно покращить функціональність IoT в логістиці, забезпечивши швидше та надійніше підключення до Інтернету. Це дозволить ефективніше передавати дані в режимі реального часу;
- доповнена реальність (AR) – AR відіграватиме ключову роль у логістичному секторі, надаючи працівникам інформацію в режимі реального часу під час роботи за допомогою окулярів AR або мобільних пристроїв;
- автономні транспортні засоби та дрони – розвиток IoT сприяє зростанню використання дронів та автономних транспортних засобів для доставки. Ці технології оптимізують процеси доставки, особливо в міських районах, зменшуючи витрати та покращуючи терміни доставки;
- технологія блокчейн – інтеграція блокчейну з IoT може революціонізувати управління даними в логістиці, створивши більш прозорий і безпечний реєстр для транзакцій і відстеження;
- розумні склади – очікується, що IoT буде все частіше використовуватися в розробці розумних складів, які використовують дані з датчиків IoT для автоматизації та оптимізації операцій, від розміщення запасів до управління енергією.

## Транспортні технології



Платонінг – це форма скоординованого руху, при якій кілька вантажівок рухаються в колоні з невеликим інтервалом між ними. Завдяки сучасним системам зв'язку та управління (V2V – Vehicle to Vehicle) і технологіям допомоги водієві (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems, AI – Artificial Intelligence, радар і LIDAR – Light Detection and Ranging sensors) транспортні засоби можуть синхронізувати свої рухи в режимі реального часу. Це дозволяє їм підтримувати зменшену відстань між транспортними засобами без шкоди для безпеки.

Основні переваги впровадження:

- ✓ зменшення споживання палива та викидів: коли вантажівки рухаються в щільній колоні, транспортний засіб, що їде попереду, зменшує опір повітря для тих, що їдуть позаду, створюючи ефект «тяги». Дослідження та польові випробування показують, що залежно від довжини та швидкості колони економія палива може досягати 10%;

- ✓ більша логістична ефективність: колона дозволяє більш точно координувати маршрут, мінімізуючи час простою та покращуючи пунктуальність доставки. Крім того, втомлюваність водія зменшується завдяки системам допомоги водієві, які підтримують дистанцію та положення на смузі руху;

- ✓ підвищення безпеки дорожнього руху: Сучасні датчики та системи зв'язку постійно контролюють відстань між вантажівками та навколишнім середовищем. У критичних ситуаціях колона реагує синхронно та надзвичайно швидко – будь-яке гальмування або уповільнення провідної машини миттєво відбивається на наступних, що зменшує ризик ланцюгових зіткнень.

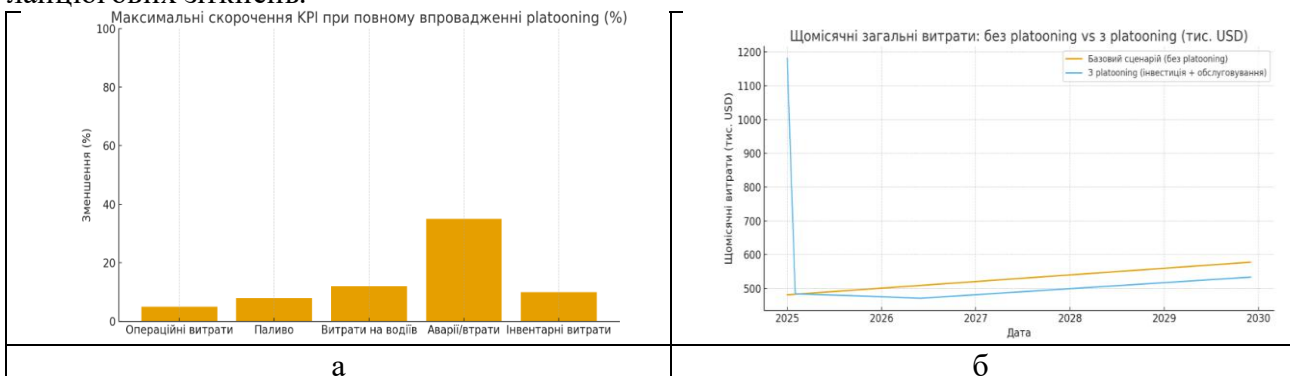


Рисунок 8 – Скорочення KPI при впровадженні платонінгу (а) та витрати при його використанні (б)

Хоча платонінг має великі перспективи, кілька перешкод все ще заважають його широкому впровадженню. Перш за все, це відсутність стандартизованих нормативних актів як на національному, так і на міжнародному рівнях. В Європі все ще точаться дискусії щодо

## Транспортні технології

безпечної дистанції між автомобілями, вимог до кваліфікації водіїв та допустимого рівня автоматизації транспортних засобів. Також необхідна надійна цифрова інфраструктура, що базується на високошвидкісному з'єднанні V2V (часто 5G). Дороги повинні забезпечувати надійне покриття, а вантажівки повинні бути оснащені сучасним обладнанням та програмним забезпеченням, що для багатьох операторів може бути дорогим вкладенням.

Ще однією важливою проблемою є кібербезпека. Постійний обмін даними між транспортними засобами вимагає високих стандартів захисту для запобігання фальсифікаціям або кібератакам, які можуть поставити під загрозу безпеку людей і вантажів. Крім того, багато компаній вагаються інвестувати в автопарки, здатні до платонування, через невизначеність щодо реальної окупності інвестицій.

Також в роботі зроблено порівняння цифрових технологій, що розглядаються та наведено на рисунках 9 – 11.



Рисунок 9 – Порівняння щомісячних витрат при впровадженні запропонованих технологій

**Кумулятивна економія** – це сукупний (накопичений) економічний ефект, який отримується за певний період часу внаслідок впровадження заходів, рішень або технологій. Тобто, це інтегральний показник ефективності, що характеризує накопичений обсяг зниження витрат або зростання прибутку за період експлуатації інноваційного або організаційно-технічного рішення.

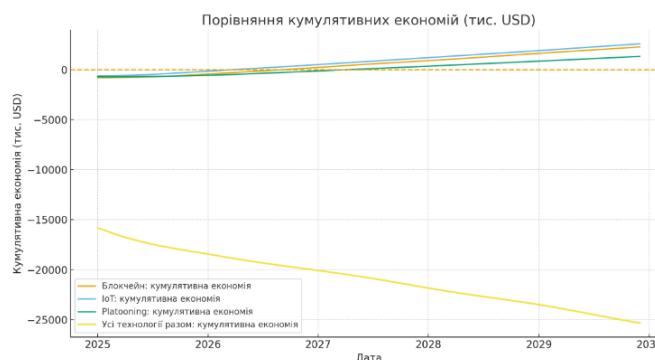


Рисунок 10 – Порівняння сукупного економічного ефекту при впровадженні запропонованих технологій

**ROI (Return on Investment)** цифрових технологій у логістиці та міжнародних автомобільних перевезеннях — це узагальнений показник економічної ефективності, що відображає співвідношення сукупного (кумулятивного) економічного ефекту, отриманого внаслідок впровадження IoT, блокчейн-технологій та платонінгу, до обсягу інвестицій у

## Транспортні технології

цифрову інфраструктуру, програмне забезпечення та модернізацію рухомого складу за певний період експлуатації.

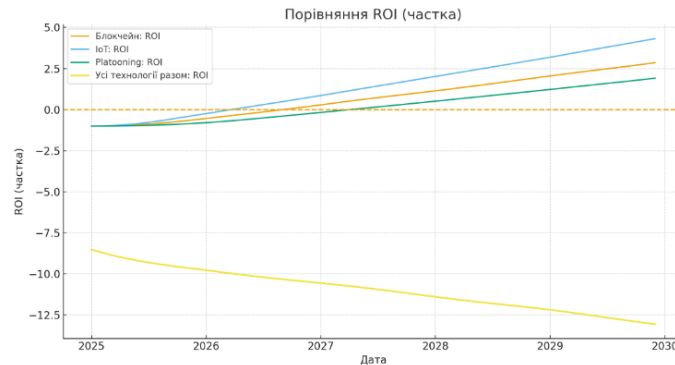


Рисунок 11 – Співвідношення сукупного (кумулятивного) економічного ефекту, отриманого внаслідок впровадження розглянутих технологій

Сучасні умови функціонування міжнародних автомобільних перевезень характеризуються зростанням складності логістичних ланцюгів, обсягів інформаційних потоків та вимог до ефективності, безпеки й прозорості транспортних процесів. Традиційні методи управління дедалі частіше виявляються недостатніми для оперативного прийняття рішень і координації взаємодії учасників міжнародних перевезень.

Активне впровадження цифрових технологій, зокрема блокчейну, Інтернету речей (IoT), інтелектуальних систем управління та технології платонінгу, створює значний потенціал підвищення ефективності автомобільного транспорту в міжнародному сполученні. Водночас їх використання має фрагментарний характер, супроводжується значними інвестиційними витратами, проблемами інформаційної та кібербезпеки, інтеграції інформаційних систем і нормативно-правового забезпечення.

## ВИСНОВКИ

Сучасні цифрові технології, зокрема блокчейн, IoT, інтелектуальні системи управління та платонінг, здатні значно підвищити ефективність, безпеку та прозорість міжнародних автомобільних перевезень. Блокчейн забезпечує прозорість і надійність даних, IoT дозволяє моніторинг у реальному часі, а платонінг і інтелектуальні системи — оптимізацію маршрутів та зменшення витрат палива. Водночас фрагментарне впровадження технологій, високі інвестиційні витрати та відсутність стандартів обмежують їх ефективність. Комплексне інтегроване застосування цифрових рішень потребує системного підходу, оцінки економічної доцільності та нормативного забезпечення. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку методичних підходів до інтегрованого впровадження цифрових технологій, оцінку їх впливу на ключові показники ефективності та економічну доцільність у міжнародних перевезеннях.

### Список використаних джерел

1. Никифоров О. І., Стасюк О. М., Чмирьова Л. Ю., Федяй Н. О. Цифровізація в транспортному секторі: тенденції та індикатори розвитку. Частина 2 // Статистика України. 2019. № 4. С. 48–64. Doi: 10.31767/su. 4(87)2019.04.06.

2. Рибчук А. В., Пазюк Р. І., Ю. М. Пантук Ю. М. Цифрова трансформація транспортних систем в інформаційній економіці // Інвестиції: практика та досвід. Економічна наука. 2024. № 6. С. 51–57. DOI: 10.32702/2306-6814.2024.6.51.

3. Сумець, О. (2024). Інформаційно-цифрові технології забезпечення автоматизації транспортно-логістичних процесів обслуговування торгових точок. Journal of Innovations and Sustainability, 8(1), 06. <https://doi.org/10.51599/is.2024.08.01.06>.

4. Головіна Олена. Сучасні технології в управлінні транспортною логістикою. International Science Journal of Management, Economics & Finance. Vol. 2, No. 3, 2023, pp. 35-42. doi: 10.46299/j.isjmf.20230203.04.

Procyk O. P., Khmelyov I. V., Butenko G. M., Danevsky M. O., Krasulin A. S.

## MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES FOR MANAGEMENT OF TRANSPORT PROCESSES OF ROAD TRANSPORT IN INTERNATIONAL CONNECTION

*The paper examines modern digital technologies for management of transport processes of road transport in international communication as one of the key factors for increasing the efficiency, reliability and safety of transportation in the context of globalization and digital transformation of the transport industry. The relevance of the study is due to the growth in the volume of international road transportation, the complexity of logistics supply chains, increased requirements for the quality of transport services and the need for prompt decision-making in the context of uncertainty in the external environment. The main directions of digitalization of transport process management were also analyzed, in particular the use of transport information systems (TMS), telematics and satellite navigation systems, big data technologies (Big Data), cloud services, digital platforms for coordination of carriers and cargo owners, as well as elements of artificial intelligence for forecasting, route optimization and risk management in international road transportation. Particular attention was paid to the integration of digital technologies into the processes of planning, dispatching, monitoring and control of transportation performance, taking into account the requirements of international legislation and standards.*

*The main advantages of implementing digital technologies were identified, including reducing rolling stock downtime, reducing transportation costs, increasing the transparency of transport processes, improving the quality of logistics services and reducing the influence of the human factor on managerial decision-making. At the same time, problematic aspects of digitalization related to information security, compatibility of information systems, personnel training and the need to adapt the organizational and management structures of transport enterprises were outlined.*

*The scientific novelty of the research lies in the comprehensive approach to the generalization and structuring of modern digital technologies for managing transport processes in international road transport from the standpoint of the systemic efficiency of transport and technological solutions. The practical significance of the results obtained lies in the possibility of their use in the development and implementation of digital solutions in the activities of road transport enterprises, as well as in the educational process during the training of specialists in transport technologies and logistics.*

**Keywords:** Road transport, international transportation, transport processes, digital technologies, management, transport information systems, Blockchain, Internet of Things, platooning, AI, smart contracts.

Стаття надійшла 12.11.2025