

УДК339.5:656.2

ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МИТНОГО КОНТРОЛЮ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Кандидати техн. наук І. В. Берестов, О. С. Пестременко-Скрипка, А. В. Колісник

IMPLEMENTATION OF THE LATEST TECHNOLOGIES FOR CARRYING OUT CUSTOMS CONTROL DURING TRANSPORTATION OF CARGO BY RAIL TRANSPORT

PhD (Tech.) I. Berestov, PhD (Tech.) O. Pestremenko-Skrypka, PhD (Tech.) A. Kolisnik

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327274>



***Анотація.** Диджиталізація митного контролю є основним напрямом реформування міжнародних залізничних вантажоперевезень, спрямованим на підвищення ефективності митних процедур, скорочення часу оформлення вантажів і мінімізацію затримок на кордоні. У статті досліджено сучасні цифрові технології, такі як QR-коди, електронний документообіг та інтегровані платформи обміну даними. Запропоновано математичну модель оптимізації митного контролю, що дає змогу підвищити швидкість і точність виконання технологічних операцій під час перевезення вантажів.*

***Ключові слова:** міжнародні вантажні перевезення, митний контроль та оформлення, диджиталізація, цифровізація, QR-коди, митні декларації.*

***Abstract.** Key directions of customs control digitalization for international freight flows transported by rail include electronic cargo declaration, digital transport documents, big data utilization and analytics, real-time data exchange systems, integration with customs systems of neighboring countries, and blockchain technology for ensuring transparency and security. These technologies contribute to the automation of customs clearance processes, enhancing their accuracy and efficiency. The primary advantages of customs digitalization lie in the reduction of paperwork, lower processing costs, and the elimination of redundant work.*

The aim of this study is to develop and implement proposals for improving the digitalization of customs control and clearance processes during international freight transportation by rail. The goal is to increase the efficiency, transparency, and speed of customs procedures, reduce human intervention, and minimize cargo delays through the application of modern information technologies, such as QR codes, electronic document management, and integrated digital platforms.

The expected outcomes of this study include a reduction in customs clearance time, a decrease in documentation errors, an increased level of automation, and enhanced coordination between

customs authorities across different countries. By streamlining the interaction between railway transport operators and customs services, digitalization helps optimize the overall logistics process.

This paper proposes a mathematical model for optimizing customs control processes, incorporating QR codes to automate the identification of transport documents and reduce the time required for technological operations. The study improves digitalization algorithms by integrating modern technologies such as electronic document circulation, automatic declaration verification, and the creation of a unified data exchange platform between customs authorities of different countries. A new approach to assessing the efficiency of customs control is introduced, taking into account the probability of successful QR code data scanning and the impact of digital technologies on reducing procedural times.

Keywords: *international freight transportation, customs control and clearance, digitalization, QR codes, customs declarations.*

Вступ. За сучасних умов глобалізації та зростаючих обсягів міжнародної торгівлі ефективність митного контролю відіграє головну роль у розвитку транспортної логістики. Особливо актуальним це питання стає для залізничних вантажних перевезень, де швидкість і точність митних процедур безпосередньо впливають на економічні показники та конкурентоспроможність країни. Впровадження цифрових технологій у цей процес відкриває нові можливості для оптимізації перевізного процесу, зниження витрат і мінімізації затримок. У статті розглянуто основні проблеми та перспективи диджиталізації митного контролю в залізничних перевезеннях, що є важливим аспектом інтеграції України у світові економічні процеси.

Основними напрямками диджиталізації митного контролю для міжнародних вантажопотоків, що перевозять залізничним транспортом, є електронне декларування вантажів, цифрові транспортні документи, використання великих даних і аналітика, система обміну даними в реальному часі, автоматизовані системи управління ризиками, інтеграція з митними системами сусідніх країн, блокчейн для забезпечення прозорості та безпеки.

Основними перевагами диджиталізації митного контролю та оформлення є те, що автоматизація зменшує потребу в паперових документах, знижує витрати на обробку та усуває дублювання роботи. Цифрові процеси значно пришвидшують

оформлення, зменшують час очікування на кордоні та сприяють більш швидкому переміщенню вантажів [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За сучасних умов глобалізації та інтеграції України до світової економіки питання вдосконалення митного контролю під час перевезення вантажів залізничним транспортом набуває особливої актуальності. Розвиток інформаційних технологій і цифровізація процесів відкривають нові можливості для підвищення ефективності митних процедур.

Проблематику цифровізації митного контролю активно досліджують як вітчизняні, так і зарубіжні науковці. Зокрема, у роботі В. О. Задоя та С. А. Костюка [2] проаналізовано сучасні виклики та перспективи розвитку залізничних вантажних перевезень в Україні, зокрема інтеграцію нових технологій для підвищення ефективності транспортної системи. Автори підкреслюють важливість цифровізації для оптимізації логістичних процесів і покращення митного контролю. В. І. Яровий [3] досліджує теоретичні засади цифровізації контейнерних перевезень, акцентуючи на впровадженні технологій штучного інтелекту, блокчейну та інтелектуальних систем управління. Ці технології сприяють оптимізації вантажних операцій і підвищенню прозорості в ланцюгах постачання, що безпосередньо впливає на ефективність митного контролю.

Г. І. Шелехань та ін. [4] у своєму дослідженні звертають увагу на організацію раціонального митного контролю на прикордонних передавальних станціях України. Автори підкреслюють важливість електронного декларування та покращення інформаційної складової перевізного процесу для швидкої обробки вагонів та ефективної взаємодії з митними органами.

У роботах зарубіжних науковців також досліджено напрями цифровізації залізничного транспорту, зокрема у роботах [5-7] цифрову трансформацію розглянуто як важливий фактор для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту, що дає змогу покращити обслуговування клієнтів, оптимізувати використання ресурсів і підвищити ефективність роботи. Стаття також охоплює вплив цифрових технологій на різні аспекти залізничного транспорту, включаючи організаційні зміни, взаємодію з клієнтами та управління операційними процесами.

Незважаючи на значний прогрес у дослідженні цифровізації митного контролю на залізничному транспорті, залишаються аспекти, які потребують подальшого вивчення, такі як впровадження та використання QR-кодів для вантажної митної декларації, електронного документообігу та інтегрованих платформ обміну даними. Також недостатньо досліджень щодо практичного застосування цих технологій і моделі в реальних умовах і оцінювання їхнього впливу на ефективність митного контролю та безпеку перевезень. Крім того, потребують додаткового вивчення питання інтеграції цих технологій із сучасними системами митного контролю та забезпечення їх сумісності. Подальші дослідження в цих напрямках сприятимуть підвищенню ефективності митного контролю для перевезення вантажів залізничним транспортом та інтеграції України у світову економічну спільноту.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою статті є розроблення і впровадження пропозицій щодо

удосконалення процесів диджиталізації митного контролю та оформлення під час здійснення міжнародних вантажних перевезень залізничним транспортом. Це сприятиме підвищенню ефективності, прозорості та швидкості виконання митних процедур, зниженню впливу людського фактора, а також мінімізації затримок вантажів за рахунок застосування сучасних інформаційних технологій, таких як QR-коди для вантажної митної декларації.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішують завдання з визначення основних проблем, пов'язаних із традиційним митним контролем, включаючи затримки вантажів, паперовий документообіг і низький рівень автоматизації та розроблення математичної моделі оптимізації процесів митного контролю із застосуванням QR-кодів для автоматизації ідентифікації перевізних документів.

Виконання зазначених завдань дасть змогу підвищити ефективність митного контролю, скоротити час митного оформлення, зменшити кількість помилок у документації, покращити координацію між митними органами різних країн і сприяти розвитку інноваційних підходів для організації митних процедур у сфері залізничного транспорту.

Основна частина дослідження. Затримки міжнародних вантажних вагонопотоків на залізничному транспорті можуть бути спричинені різними факторами, зокрема проблемами на етапах митного оформлення та контролю, що знижує ефективність перевезень, підвищує витрати і створює додаткові труднощі для всіх учасників процесу. Сучасні цифрові технології, зокрема диджиталізація митних декларацій, можуть значно покращити ефективність і швидкість митних процедур, зменшивши кількість затримок і спростивши обробку вантажів на прикордонних станціях. На рис. 1 наведено причини затримок міжнародних вантажопотоків у залізничному сполученні та можливі методи їх вирішення через диджиталізацію [8, 9].



Рис. 1. Основні причини затримок міжнародних вантажопотоків на прикордонних передавальних станціях під час митного оформлення

До основних причин затримок міжнародних вантажопотоків можна віднести:

- тривале митне оформлення вантажів, яке включає перевірку документів,

сертифікатів, товарно-транспортних накладних і може призводити до значних затримок на прикордонних станціях;

- помилки в заповненні митних декларацій або документах вантажів (неправильні коди товарів, відсутні сертифікати або ліцензії), що часто призводять до затримок під час митного оформлення;

- відмінності в митних вимогах між країнами, адже кожна країна має свої специфічні митні вимоги, стандарти оформлення товарів, сертифікацію та процедури, що може спричиняти затримки під час переходу вантажів через кордони;

- ручну обробку документів, що часто викликає затримки, оскільки потребує часу для перевірки, підпису та підтвердження документів. Усі ці етапи можуть значно збільшити час митного оформлення;

- затримки, спричинені недостатньою координацією між митними органами різних країн, коли інформація про вантаж не синхронізована вчасно;

- зростання під час пікових періодів (сезонних навантажень) обсягів вантажопотоків, що може призвести до значних затримок на митних пунктах і прикордонних станціях.

В останні роки диджиталізація митної сфери стосувалася переважно розвитку електронного декларування. Сьогодні ж ця сфера доповнена імплементацією новітніх технічних засобів митного контролю, зокрема сканувальних систем, які дають змогу мінімізувати прямі контакти між суб'єктами зовнішньоекономічної сфери та працівниками митних органів [9].

Впровадження новітніх технологій для проведення митного контролю та оформлення міжнародних вантажів під час перевезення залізничним транспортом може значно покращити ефективність, зменшити час затримок вагонів і збільшити безпеку на прикордонних станціях. Однією з таких технологій може стати впровадження QR-кодів для митної декларації.

QR-коди можуть значно зменшити час, необхідний для обробки митних документів. Завдяки цифровому коду митні органи можуть миттєво отримати всю інформацію про вантаж, щоб швидше перевіряти документацію та знижувати ймовірність людських помилок.

На рис. 2 наведено основні переваги впровадження QR-кодів для митної декларації.



Рис. 2. Основні переваги впровадження QR-кодів для митної декларації

Впровадження QR-коду для митних декларацій є важливим кроком у цифровізації залізничного транспорту, що зробить процеси більш зручними для всіх

учасників — від перевізників до митників і кінцевих клієнтів. Наприклад, у статті розроблено QR-код для митної декларації (рис. 3).



УКРАЇНА 3 8 1000.pl Sp. z o.o. PL/0000000000 ul. Kasik 4, 30-549 Krakow 000/0000/000000 ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ЗМІТІВСЬКА ПАПЕРОВА ФАБРИКА" 63402, ХАРКІВСЬКА ОБЛ., ЗМІТІВСЬКИЙ Р. М.ЗМІТІВ, ВУЛ.ФАБРИЧНА, 11 UA10040487681		ІМ 40 ДЕ 240A80720001394905 Електронне декларування 84Вм № 1803	
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ЗМІТІВСЬКА ПАПЕРОВА ФАБРИКА" 63402, ХАРКІВСЬКА ОБЛ., ЗМІТІВСЬКИЙ Р. М.ЗМІТІВ, ВУЛ.ФАБРИЧНА, 11 UA10040487681		ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ФАБРИКА" ДМА "ЗМІТІВ" UA10040487681	
ТОВ "ВЕД Груп" UA/0039814680 AA 000458 від 04.04.2016 UA10039814680		319586.83 Польща 319586.83	
29193075 29193075		DAP: UA Zmiv EUR 4762.80 46.20960000 011 EUR	
20 20		ЄДРПОВ: 14360570 Харківське ГРУ АТ КБ "ПриватБанк"	
UA205090 Волоська митниця В-807-215-1-2		МФО: 351533	
I. Макулатура відсортована: Відходи багатоконпонентної уважки відповідно до стандарту ІС-101 - 42160кг, забарвлена з маси, являє собою відходи використання паперу, картону та гофрокартону з просоченням і покривом, охопленим вологостійкі, ламіновані, проклені спеціальними клеями. Див. доп.		47079090 00 0 4081 ZZ00 45360 1801/24UA807000905084U3 / 1	
0380 FV2024/09/13 11.09.24 0722 31503 11.09.24 0862 FV2024/09/13 11.09.24 m#100 20.01.23 m#103 20.01.23 42627.185 09.05.23		4762.8000 6 319586.83 319.58683	
020 319586.83 0 % 0.00 01 028 319586.83 20 % 63917.37 06		63917.37 06	
ГМК 6675/807 20.09.2024 СНП 6675/807 20.09.2024		м.Харків, вул.Ключівська, 370, оф.4 Салась І.В. +38095774775684111703 pronto_evmd_md@ukr.net	

Рис. 3. Митна декларації та її QR-код

Впровадження QR-кодів для вантажної митної декларації дасть змогу оптимізувати низку технологічних операцій на прикордонних передавальних станціях, скорочуючи час на виконання окремих етапів.

Математична модель виконання технологічних операцій для міжнародних вантажопотоків через прикордонну залізничну станцію із використанням QR-кодів базована на описі послідовних операцій, часу їх виконання та ефективності. Модель побудована як

система масового обслуговування або логістична мережа з оптимізацією ресурсів.

Основні змінні та параметри:

T_i – час виконання операції i (наприклад сканування QR-коду, перевірка декларацій, митна перевірка);

N – кількість вагонів у складі поїзда;

λ – інтенсивність прибуття вантажів (наприклад кількість поїздів за годину);

μ_i – продуктивність операції i (кількість одиниць обробленого вантажу за одиницю часу);

P_{QR} – імовірність успішного зчитування QR-коду;

t_{error} – додатковий час на ручну перевірку в разі помилки QR-коду;

K_i – кількість робочих ресурсів (персоналу або обладнання) для виконання операції i .

Цільова функція мінімізації загального часу обробки вантажу на прикордонній передавальній станції має вигляд

$$T_{заг} = \sum_{i=1}^m T_i \rightarrow \min \quad (1)$$

за обмежень

$$\begin{cases} \mu_i \geq \lambda; \\ P_{QR} \cdot \mu_{скан} + (1 - P_{QR}) \cdot t_{error} \leq T_{скан}, \\ \sum_{i=1}^m K_i \leq K_{заг} \end{cases} \quad (2)$$

де m – кількість операцій;

$T_{скан}$ – час, виділений на сканування декларацій;

$K_{заг}$ – загальна кількість доступних ресурсів.

Продуктивність кожної операції має бути $\mu_i \geq \lambda$, щоб уникнути затримок.

Надійність системи зчитування QR-кодів: $P_{QR} \cdot \mu_{скан} + (1 - P_{QR}) \cdot t_{error} \leq T_{скан}$.

Логістичний потік: $\sum_{i=1}^m K_i \leq K_{заг}$.

На рис. 4 зображено кумулятивний час виконання операцій для міжнародних вантажопотоків із використанням QR-кодів.

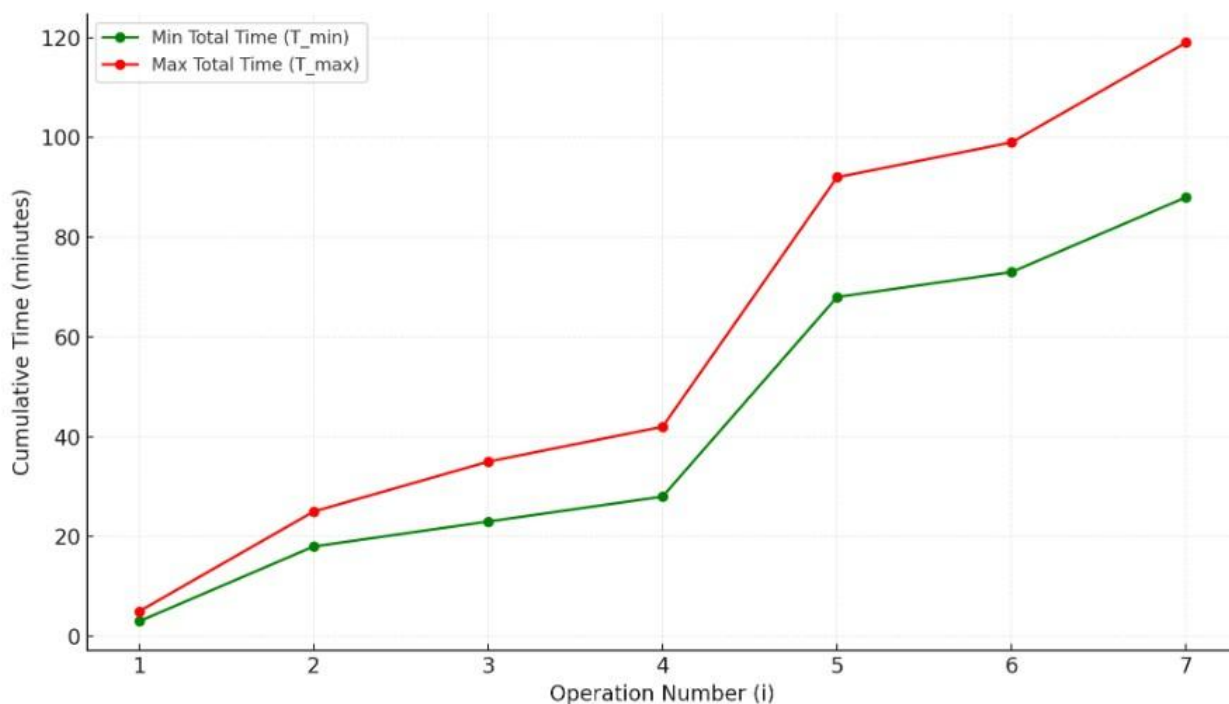


Рис. 4. Графік кумулятивного часу виконання операцій для міжнародних вантажопотоків із використанням QR-кодів

Зелена лінія (T_{min}) відображує найкоротший можливий час виконання кожної операції.

Червона лінія (T_{max}) показує максимальний час, який може бути витрачено.

Цільова функція зведена до мінімізації сумарного часу виконання всіх операцій, що показано тенденцією наближення до нижньої межі T_{min} .

За допомогою математичної моделі можлива оптимізація:

1) зменшення часу на ручну перевірку; впровадження динамічних QR-кодів, що дають змогу зчитувати статус декларації в реальному часі;

2) оптимальний розподіл ресурсів; використання теорії черг для балансування потоків операцій;

3) прогнозування затримок; машинне навчання для аналізу попередніх даних і оптимізації графіка роботи.

Отже, розроблена математична модель дає змогу визначити вузькі місця у процесі обробки міжнародних вантажопотоків, прогнозувати час простоїв і оптимізувати графік роботи прикордонної станції для підвищення продуктивності.

Висновки. У роботі проаналізовано сучасні підходи для диджиталізації митного контролю в міжнародних залізничних вантажоперевезеннях. Визначено основні проблеми, пов'язані з традиційними методами митного оформлення, серед яких

затримки через ручну обробку документів, помилки в деклараціях і низький рівень автоматизації процесів. Запропоновані рішення передбачають використання QR-кодів, електронного документообігу та інтегрованих цифрових платформ для оптимізації митного контролю та прискорення технологічних операцій. Впровадження цих технологій дає змогу зменшити час виконання митних процедур на 30-40 % залежно від специфіки вантажу та інфраструктури митних пунктів.

Розроблена математична модель дає змогу оцінити вплив цифровізації на ефективність митного оформлення. Вона враховує такі фактори, як час виконання операцій, продуктивність системи, імовірність помилок і затримок. Аналіз результатів показав, що впровадження QR-кодів і автоматизованих алгоритмів знижує час перевірки документів, мінімізує людський фактор і покращує координацію між митними органами різних країн.

Практичне застосування запропонованих методів сприятиме зниженню витрат, підвищенню прозорості митних процедур і поліпшенню логістичної ефективності міжнародних перевезень залізничним транспортом. Диджиталізація митного контролю є важливим кроком на шляху інтеграції України в глобальні логістичні процеси та підвищення її конкурентоспроможності на світовому ринку.

Список використаних джерел

1. Берестов І. В., Пестременко-Скрипка О. С., Шелехань Г. І. Цифровізація процесів митного контролю та митного оформлення вантажів на залізничному транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник*. 2022. Вип. 5 (36). Ч. II. С. 291-298. URL: http://mapeia.kntu.kr.ua/archive/36_II/36_II_Verestov.html (дата звернення 20.02.2025).

2. Задоя В. О., Костюк С. А. Сучасні виклики та перспективи розвитку залізничних вантажних перевезень України. *Агросвіт*. 2024. № 18. С. 84-91. URL: https://nayka.com.ua/index.php/agrosvit/article/download/4570/4608/10512?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 20.02.2025).

3. Яровий В. І. Теоретичні засади цифровізації контейнерних перевезень. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/4665/4607/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 20.02.2025).
4. Hanna Shelekhana, Olena Mkrtychyan, Anastasiia Afonina. Research of the state of customs clearance of cargo at the Ukrainian border transfer points. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 3. С. 67-72. URL: https://www.researchgate.net/publication/375321658_Research_of_the_state_of_customs_clearance_of_cargo_at_the_Ukrainian_border_transfer_points/fulltext/654657bdce88b87031c30a49/Research-of-the-state-of-customs-clearance-of-cargo-at-the-Ukrainian-border-transfer-points.pdf?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 20.02.2025).
5. Mirosław Antonowicz, Jakub Majewski. Digital Transformation in Railway Transport. *Extending Boundaries: The Impact of the Digital World on Consumers and Marketing*. 2023. P. 139-158. URL: <https://bibliotekanauki.pl/chapters/2048278.pdf> (дата звернення 20.02.2025).
6. Mazurek G. Transformacja cyfrowa. Warsaw: Wydawnictwo Naukowe PWN. 2019. URL: Transformacja cyfrowa - Grzegorz Mazurek (Książka) - Księgarnia PWN (дата звернення 20.02.2025).
7. Śledziwska K., Włoch R. Gospodarka cyfrowa. Jak technologie zmieniają świat. Warsaw: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. 2020. URL: Gospodarka cyfrowa. Jak nowe technologie zmieniają świat (дата звернення 20.02.2025).
8. Пестременко-Скрипка О. С. Удосконалення технології роботи прикордонних передавальних станцій шляхом формування системи управління ризиками : дис. ... канд. техн. наук / 05.22.01 – транспортні системи. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 202 с.
9. Берестов І. В., Пестременко-Скрипка О. С. Удосконалення процедур митного контролю та оформлення міжнародних вантажів при перевезенні залізничним транспортом в умовах цифровізації. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2024. № 2(157). С. 45-51. URL: https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2024/05/zhurnal-2_2024.pdf (дата звернення 22.02.2025).

Берестов Ігор В'ячеславович, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD: 0000-0002-1209-6885. E-mail: i.berestov@i.ua.

Пестременко-Скрипка Оксана Сергіївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD: 0000-0001-5335-5399. Тел.: +38(066)6-410-140. E-mail: ksju2910@gmail.com.

Колісник Аліна Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD: 0000-0001-5038-0230. E-mail: kolisnuk@kart.edu.ua.

Berestov Ihor, PhD (Tech). Associate Professor, department of railway stations and units, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0002-1209-6885. E-mail: i.berestov@i.ua.

Pestremenko-Skrypka Oksana, PhD (Tech). Associate Professor, department of railway stations and units, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0001-5335-5399. Tel.: +38(066)6-410-140. E-mail: ksju2910@gmail.com.

Kolisnik Alina, PhD (Tech). Associate Professor, department of railway stations and units, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0001-5038-0230. E-mail: kolisnuk@kart.edu.ua.

Статтю прийнято 19.03.2025 р.