

International transportation of goods is a necessary detail that makes it possible to realize trade relations between states. It is an effective tool of foreign economic activity, without which it would be almost impossible. The efficiency of the organization international cargo transportation significantly depends on the coordinated organization of the work the border transfer station, which carries out a complete list of operations in cooperation with customs, border and other state control services. In order to increase the technology of passing international freight flows through border transfer stations, it is necessary to introduce the latest information and control systems that will reduce the duration of train processing at border transfer stations and, as a result, reduce downtime and delayed cars. Research on the development of technologies and means electronic data exchange that provide information support for international cargo transportation is promising. The electronic data exchange system must comply with the international transport infrastructure, be based on agreed technical parameters and meet the needs of compatibility of transportation technologies as a criterion for the integration of the national transport system into the world system. It is proposed to carry out preliminary declaration of goods and processing transport documents before the departure of the train to the border transfer station to reduce the technological time of processing trains. This will reduce the processing time of the transit train by 105 minutes.

The main advantages of the introduction electronic document management: simplification of document management; making effective management decisions; increasing the reliability of the processed information, reducing the downtime of cars. Thus, the introduction of the system pre-declaration of goods and processing of transport documents in the processing international freight traffic will reduce material and labor costs and speed up the passage of goods through customs clearance.

**digitalization, customs control, international freight, electronic declaration**

*Одержано (Received) 11.05.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 17.05.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022*

УДК 656.021.5:355.01

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).2.298-306](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).2.298-306)

**І.В. Берестов**, доц., канд. техн. наук, **А.В. Колісник**, доц., канд. техн. наук,

**О.В. Щєбликіна**, ст. викл. (PhD)

*Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

*e-mail: berestov@kart.edu.ua, kolisnyk@kart.edu.ua, sov@kart.edu.ua*

## Удосконалення процесу надходження вантажних поїздів до прикордонної станції в умовах військового стану

В статті розглянуто проблеми скопичення вагонів з вантажами на прикордонній станції під час воєнного стану, що призводить до непродуктивних простоїв та затримки вантажів. Проаналізовано обсяги перевезень вантажів різними видами транспорту в умовах війни. Формалізовано процес накопичення контейнерів на термінальних залізничних станціях та надходження їх у складі вантажних та контейнерних поїздів до прикордонних станцій з урахуванням імовірнісної природи ключових складових цього процесу.

**вантажопотоки, контейнери, прикордонна станція, перевантажувальний комплекс**

**Постанова проблеми.** Воєнний стан в Україні призвів до глобальних змін в діяльності різних галузей, також ці зміни відбулись і в транспортній галузі. У зв'язку з воєнним станом заблоковані морські порти, авіаційний транспорт те ж немає можливості функціонувати, так як повітряний простір над Україною небезпечний для цивільних літаків.

Провідну роль у транспортуванні в такий складний час, в якому опинилася наша країна відіграє залізничний транспорт. Залізниця залишається ключовим звеном, яке безперебійно виконує в оперативному режимі транспортування гуманітарної допомоги в «гарячі точки України», евакуацію населення, переміщення військової техніки. На сьогодні залізничний транспорт залишається основним видом транспорту, який може виконувати перевезення в великих обсягах як на короткі так і на дальні відстані.

Основною проблемою, яка виникає при перевезенні вантажів залізницею під час воєнного стану – це велике скопичення вагонів з вантажами на прикордонних станціях, які прямують у міжнародному напрямку, що призводить до тривалих непродуктивних простоїв та затримки вантажів. Це пов'язано з блокуванням морських портів, через які транспортувалось 98% зерна і багато іншого вантажу. Іншою причиною є те, що процес планування надходження вантажних поїздів, в складі яких можуть бути контейнери, до прикордонної станції містить в собі значну кількість випадкових подій, тому необхідно удосконалили планування цього технологічного процесу на всьому шляху прямування.

**Постановка задачі.** Метою данної роботи є проведення статистичних досліджень щодо обсягів та динаміки вантажних перевезень, формалізація процесу накопичення контейнерів на термінальних залізничних станціях та транспортування їх до прикордонної станції з урахуванням переробної спроможності перевантажувального комплексу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням удосконалення технології роботи прикордонних станцій присвячено багато наукових робіт як вітчизняних так і закордонних вчених. У [1] проведено аналіз причин затримок вагонів на прикордонних передавальних станціях і раціоналізацію наявних технологій пропускання експортно-імпортних вантажів через прикордонні передавальні станції. У [2] розглянуто особливості технології роботи перевантажувального комплексу прикордонної перевантажувальної станції та встановлено, що подавання вагонів на комплекс має виконуватись оптимальними групами.

**Виклад основного матеріалу.** Аналізуючи обсяги перевезень вантажів різними видами транспорту за останнє десятиріччя, більшу частку на ринку транспортних послуг виконують залізничний та автомобільний транспорт. Статистика наведена на рис.1.

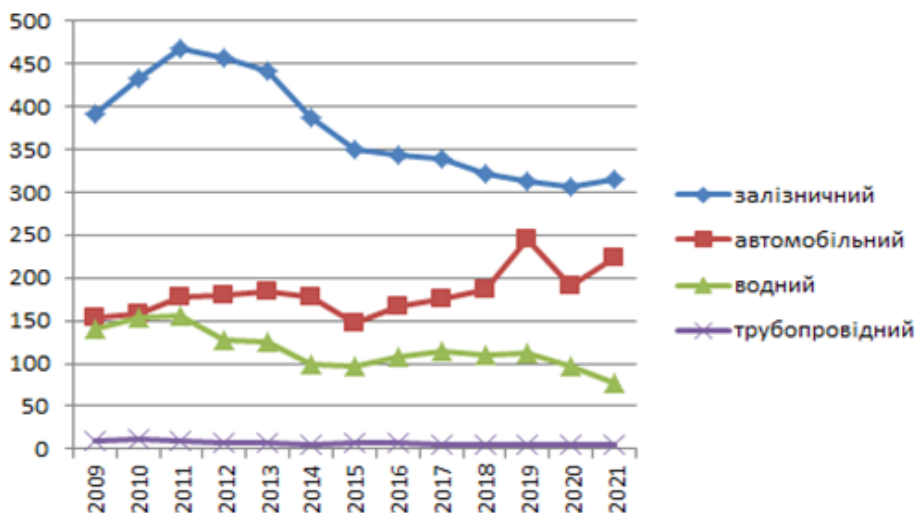


Рисунок 1 – Динаміка обсягів перевезень всіма видами транспорту за 2009- 2021 роки

Джерело: розроблено авторами

Але, у зв'язку зі складною ситуацією в країні – війною, спостерігається тенденція зменшення обсягів перевезень всіма видами транспорту.

За даними АТ Укрзалізниці обсяги перевезень залізничним транспортом в 2022 році з січня по травень скоротилися на 39,2% у порівнянні з аналогічним періодом у 2021 році [3].

Вантажооборот морських торгових портів України за перші 10 днів військового вторгнення скоротився на 420 тис. т на добу. Після широкомасштабного вторгнення російських військ на територію України, яке розпочалося 24 лютого 2022 р., обслуговування експортно-імпортних, а також каботажних вантажних перевезень морськими портами України практично не здійснювалися, оскільки була втрачена можливість забезпечити безпеку судноплавства у Чорноморсько-Азовському регіоні. Вантажі у невеликих обсягах приймають та відвантажують порти на р. Дунай. Наразі практично всі порти на території України закриті, експортні перевезення здійснюються лише «Укрзалізницею», яка перевантажена та не може виконати всі відвантаження у строк[4,5].

Щодо повітряного транспорту, то державне підприємство з обслуговування повітряного руху України (ДП «Украерорух») 24 лютого 2022 р. призупинило надання послуг з обслуговування повітряного руху цивільним користувачам повітряного простору України через високий ризик авіаційній безпеці для цивільної авіації. Виходячи з вищенаведеного залізничний транспорт залишається ключовою ланкою в транспортній системі, який може задовольнити різні потреби населення навіть у воєнний стан.

Розглядаючи організацію транспортування вантажів залізницею на експорт виникає така проблема як скопичення залізничних вагонів на прикордонних станціях у великій кількості. Це пов'язано з тим, що українські порти у зв'язку з воєнним станом заблоковані і більшість вантажу таких як зерно, рослинна олія, руда і інші вантажі перевозяться в інші країни залізничним транспортом. Також ця проблема виникає із-за переходу стиків колій 1520мм і 1435 мм, нестачі рухомого складу та персоналу та локомотивної тяги. Аналіз статистичних даних виявив значні простой вагонів на прикордонних станціях в очікуванні обробки, які наведені на рис.2, 3. Досліджено, що більша кількість вагонів, які простоюють в очікуванні обробки, на станціях Ужгород-Матевце -7,2 тис.ваг, Ізов-Хрубешув- 10,1 тис.ваг., Чоп ( Чіерна над Тісоу)- 3,4 тис.ваг. [6].

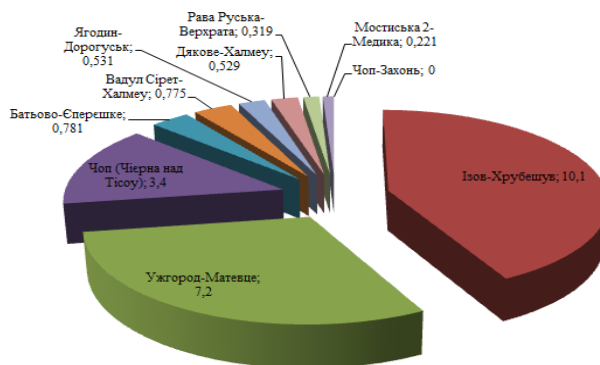


Рисунок 2 – Діаграма розподілу кількості вагонів в очікуванні на обробку на прикордонних станціях, тис.ваг

Джерело: розроблено авторами

Виявлено, що на прикордонних станціях України час перебування вагонів сягає 23 діб (рис.3), що в багато разів перевищує нормативні показники. За рахунок таких непродуктивних простоїв значно збільшується час просування вантажу залізничним транспортом, невиконання умов транспортування «точно в строк», що веде до додаткових експлуатаційних витрат.

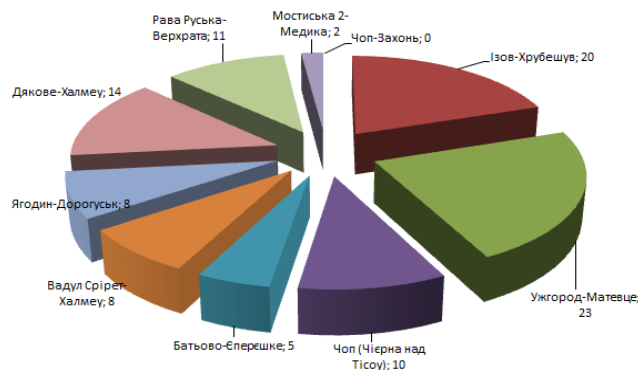


Рисунок 3 – Діаграма розподілу часу вагонів в очікуванні на обробку на прикордонних станціях, у добах

Джерело: розроблено авторами

Також було проаналізовано обсяги вантажів у вагонах, які прямують з України через прикордонні переходи за березень 2022 року і виявлено, що значний обсяг вагонів передається на Словаччину через прикордонні переходи Чоп-Чірна над Тісоу 2960 вагонів, Ужгород-Матевце -5845 вагонів; на Польщу через прикордонний перехід Ізов-Грубешов – 977 вагони.

Одним із шляхів вирішення проблеми великих черг залізничних вагонів з вантажем на прикордонних станціях є створення моделі управління вантажопотоками, яка дозволить накопичувати за певний час оптимальну кількість контейнерів з вантажем від вантажовідправників на термінальних станціях, яку може обробити перевантажувальний комплекс на прикордонній станції з урахуванням всіх ймовірних подій, які можуть трапитися на шляху транспортування вантажів залізницею.

Отже, подання контейнерів на перевантажувальний пункт прикордонної станції повинно виконуватися оптимальними групами, з урахуванням переробної спроможності перевантажувального комплексу прикордонної станції.

На вантажопотік, який надходить від вантажовідправників на термінальні залізничні станції, а з термінальних станцій прямує до прикордонної станції для відправлення на експорт впливає значна кількість випадкових процесів.

Фактор випадковості у повній мірі присутній таким його параметрам, як, наприклад, час переформування поїздів на сортувальних станціях, час слідування поїздів по дільницях [7], час переміщення поїзда на перевантажувальний комплекс прикордонної станції та багато інших параметрів. Неодноразово доведено [8], що перелічені параметри підпорядковуються нормальному або близьким до нього законами розподілу, фактичні значення цих параметрів можуть відрізнятися від середніх або нормативних у декілька разів. Отже можна стверджувати, що планування транспортних процесів без урахування різних видів їх невизначеності може значно знижувати якість управління. Необхідною складовою при формалізації процесу накопичення контейнерів та транспортування до прикордонних станцій є створення моделі кількісної оцінки надходження контейнерів з вантажем від різних термінальних

станцій до прикордонної станції з одночасним контролюванням імовірносних характеристик цього процесу. Функціонал, який визначає оптимальну кількість накопичених контейнерів на термінальній станції виглядає наступним чином

$$V = V(p, \tau, \lambda(t), \omega), \quad (1)$$

де  $p$  – ймовірність, з якою мінімальне значення контейнерів будуть накопичені на термінальній станції;

$\tau$  – часовий інтервал;

$\lambda(t)$  – інтенсивність потоків контейнерів;

$\omega$  – множини величин кратностей потоків.

В роботі [9], доведено, що потік контейнера можна представити як неординарний нестационарний потік Пуасона, який представлений суперпозицією потоків подій однакової кратності. З урахуванням цього формулу розрахунку ймовірності настання щонайменше  $n$  подій потоку для нестационарного неординарного потоку представлено наступним чином [9]

$$p(N([t_0, \tau]) \geq n) = 1 - \exp\left(-\int_{t_0}^{\tau} \lambda_{\Sigma}(t) dt\right) \sum_{i=1}^{x(s,k)} \prod_{j=1, \Sigma q_{ij} < k, q_{ij} \in \mathbb{N}}^s \sum_{r=0}^{k_j-1} \frac{\left(k_j \int_{t_0}^{\tau} \lambda_j(t) dt\right)^{k_j((k_j-1)q_{ij}+1+r)}}{((k_j-1)q_{ij}+1+r)!}, \quad (2)$$

де  $k$  – кількість контейнерів, які прибудуть на станцію;

$[t_0, \tau]$  – моменти початку та завершення планового періоду відповідно;

$\lambda_j(t)$  – інтенсивність потоку контейнерів кратності  $j$ , як функція від часу;

$q_{ij}$  – кількість подій потоку кратності  $j$  на часовому інтервалі  $[t_0, \tau]$  у  $i$ -му варіанті реалізації розвитку подій;

$s$  – максимальна кратність потоку, яка розглядається на даному терміналі;

$x(s, k)$  – потужність множини ймовірносних випадків розвитку подій при даних значеннях змінних  $s$  та  $k$ , коли під випадком розуміється одна з можливих реалізацій потоку, що характеризується множиною  $q_{i1}, q_{i2}, q_{i3} \dots q_{ij}$ ; потоку, яка розглядається на

даному терміналі;  $\int_{t_0}^{\tau} \lambda_{\Sigma}(t) dt = \lambda(t)$  – «ведуча функція потоку» [88,94], тобто

кумулятивна сумарна інтенсивність потоків всіх кратностей як функція від часу.

З урахуванням вищенаведених досліджень формалізуємо процес транспортування контейнерів до прикордонної станції з урахуванням місткості перевантажувального комплексу

$$E(p, \tau, w) = \frac{1}{\sum_{i=1}^s N} \sum_{i=1}^s (E_{\text{нак}} + E_{\text{пер}} + E_{\text{сорт}}) + E_{\text{прик}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

$E_{\text{нак}}$  – витрати на накопичення контейнерів на термінальних станціях.

$$E_{нак} = e_{к-г} \int_{t_0}^{\tau_i} (V) dt, \quad (4)$$

де  $e_{к-г}$  – вартість контейнеро-години;

$E_{пер}$  – витрати при транспортуванні контейнерних партій

$$E_{пер} = e_{в-км} \cdot L_i \frac{1}{\rho_i} (V + N_i^0) + e_{п-г} \frac{L_i}{v_i^{дл}}, \quad (5)$$

де  $e_{в-г}$  – вартість вагоно-години;

$e_{в-км}$  – вартість вагоно-кілометра;

$t_0$  – момент початку періоду планування;

$N_i^0$  – кількість контейнерів на термінальній станції  $i$ -го маршруту на момент початку періоду планування  $t_0$ ;

$L_i$  – довжина  $i$ -го маршруту від термінальної станції до прикордонної;

$\rho_i$  – місткість фітінгової платформи у контейнерах на  $i$ -му маршруті (залежить від типів фітінгових платформ та типів контейнерів, що використовуються),

$e_{п-г}$  – вартість поїздо-години;

$v_i^{дл}$  – середня дільнична швидкість поїзда на  $i$ -му маршруті [8].

$$E_{сорт} = \left( e_{кг} (V + N_i^0) + e_{вг} \frac{1}{\rho_i} (V + N_i^0) \right) \times \left( \tau_i + \frac{L_i}{v_i^{дл}} + (1 - \alpha) H((m_i - \delta_i) - (V + N_i^0)) \right) \times \sum_{j=1}^{D_i} (t_{пер}^{сорт}), \quad (6)$$

де  $m_i$  – норма кількості вагонів у складі поїзда на  $i$ -му маршруті із розрахунку, що одна фітінгова платформа перевозить один 40-футовий контейнер або 2 -20-футові;

$\delta_i$  – максимальне відхилення кількості вагонів у бік зменшення при формуванні прямого контейнерного поїзда на  $i$ -му маршруті;

$D_i$  – кількість сортувальних станцій на шляху прямування за  $i$ -м маршрутом;

$(t_{пер}^{сорт})$  – час переробки поїзда на  $j$ -й сортувальній станції  $i$ -го маршруту, який підпорядковується нормальному закону розподілу;

$E_{прик}$  – витрати на очікування вагонами подавання на перевантажувальний комплекс прикордонної станції

$$E_{прик} = \left( (V + N_i^0) t_{оч} \cdot e_{в-г} \right) + \left( (V + N_i^0) \cdot t_{оч} \cdot e_{в-г} \right), \quad (7)$$

де  $t_{оч}$  – час очікування вагонами подання на перевантажувальний комплекс; в роботах [10,11] встановлено, що час очікування вагонами на перевантажувальний комплекс є випадковою величиною і підпорядковується розподілу Ерланга 2-го порядку, тому  $t_{оч} = (2\mu) \int_0^{24} t_{оч}^2 e^{-2\mu t_{оч}} dt$ ,  $\mu$  – інтенсивність обслуговування.

Функціонування технології управління контейнерними перевезеннями до прикордонної станції неможливо без урахування певних обмежень

$$\left\{ \begin{array}{l} p \geq p_{\min} \\ \tau_i \geq 0, \forall_j = 1, 2 \dots z \\ N_i^0 + V \leq m_j^{\max}, \forall_j = 1, 2 \dots z, \\ \sum_{j=1}^D \int_{\tau_0}^{\tau_j} V dt \leq Q_f \end{array} \right. \quad (8)$$

де  $p_{\min}$  – мінімально допустимий рівень впервненості в реалізації нашого плану;  
 $m_j^{\max}$  – максимально допустима кількість фітінгових платформ у складі поїзда на  $i$ -му маршруті;

$Q_{Q_f}$  – переробна спроможність перевантажувального комплексу на прикордонній станції.

Оптимізацію такої складної задачі, яку можна віднести до задач стохастичного програмування було вирішено в середовищі Matlab (рис.4). Результати оптимізації дозволяють визначити ключові елементи оперативного плану роботи термінальних залізничних станцій, а саме: моменти часу закінчення накопичення необхідної кількості контейнерів з урахуванням місткості перевантажувального комплексу прикордонної станції на термінальних станціях та спосіб їх транспортування до прикордонної станції (у складі прямого повносоставного або неповносоставного маршрутного поїзда або у складі попутних вантажних поїздів із можливим подальшим переформуванням на сортувальних станціях). Було визначено часи накопичення контейнерів на двох термінальних станціях 5,37 год. і 5 год. з мінімальними експлуатаційними витратами на транспортування одного контейнера залізницею до прикордонної станції.

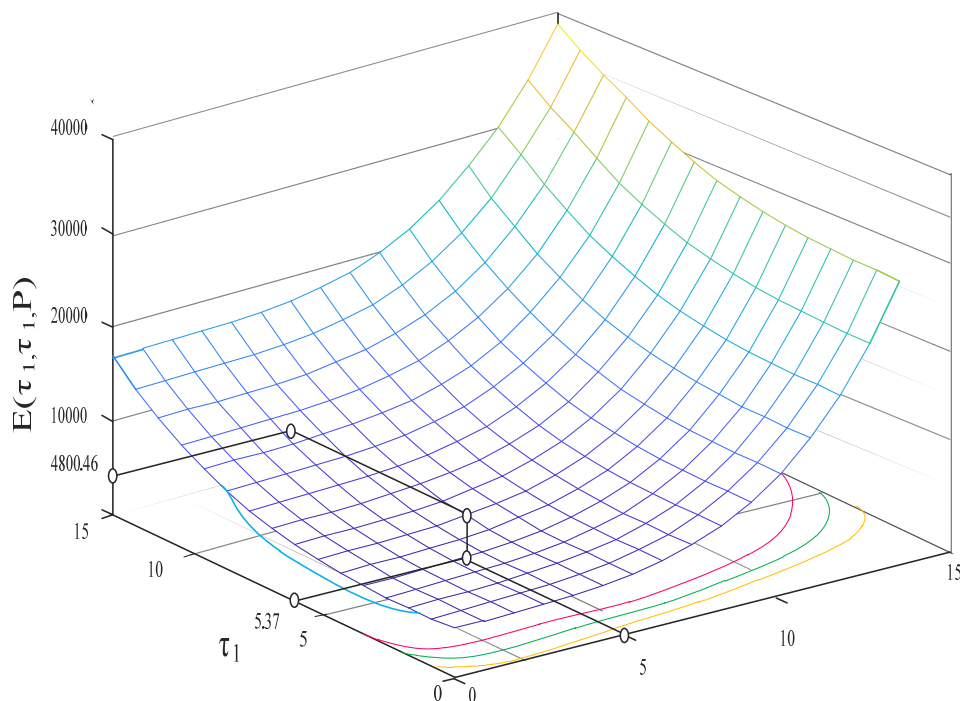


Рисунок 4 – Залежність питомих витрат, що припадають на транспортування одного контейнера залізницею до прикордонної станції, від часів завершення накопичення партій контейнерів на двох термінальних станціях

Джерело: розроблено авторами

**Висновки.** Запропонована технологія дозволить зменшити непродуктивні простої контейнерів і фітінгових платформ завдяки удосконаленню процесу планування організації транспортування контейнерних партій залізницею до прикордонних станцій з урахуванням переробної спроможності перевантажувальних комплексів, а також з урахуванням імовірнісної природи ключових складових цього процесу. Такий підхід дозволить зменшити скопичення вагонів з вантажем на прикордонних станціях, що призведе до зменшення експлуатаційних витрат на транспортування та обробку контейнерів та вартості перевезень вантажів для вантажовідправників.

## Список літератури

1. Альошинський Є. С., Пестременко-Скрипка О.С. Аналіз впливу простою міжнародного вагонопотоку на оборот вагонів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2013, вип. 137. С. 24-30.
2. Бауліна Г. С., Дідух П. О., Карпаш А. М., Федорняк І. І. Удосконалення технології функціонування перевантажувального комплексу прикордонної перевантажувальної станції. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*, 2016, вип. 162. С.182-189.
3. Прикордонні переходи для експорту зерна: станції та деталі. URL: <https://uga.ua/news/prikordonnii-perehodi-dlya-eksportu-zerna-stantsiyi-ta-detali/> (дата останнього звернення:10.05.2022).
4. Thousands of goods railcars stuck at Ukraine's border as war hits exports. URL: <https://www.reuters.com/world/europe/thousands-goods-railcars-stuck-ukraines-border-war-hits-exports-2022-04-07/>
5. Вантажооборот морських портів України скоротився на 420 тис. т на добу. URL:<https://gmk.center/ua/news/vantazhooborot-morskih-portiv-ukraini-skorotivsiya-na-420-tis-t-na-dobu/> (дата останнього звернення:10.05.2022).
6. Функціонування транспортного сектору України в умовах правового режиму воєнного стану. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/funktsionuvannya-transportnoho-sektoru-ukrayiny-v-umovakh-pravovoho/> (дата останнього звернення:10.05.2022)
7. Butko T., Prokhorov V., Kolisnyk A., Parkhomenko L. Devising an automated technology to organize the railroad transportation of containers for intermodal deliveries based on the theory of point. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2020. Vol. 1, № 3 (103). P. 6–12. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.156098 (видання індексується в базі Scopus)
8. Музикіна С. І., Музикін М. І., Нестеренко Г. І. Дослідження пропускної спроможності сортувальної станції. *Наука та прогрес транспорту*. 2016. № 2. С. 47–60.
9. Колісник А. В. Формування автоматизованої технології транспортування контейнерів залізницею на основі теорії випадкових потоків: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 01.10.20. Харків. 2020. 195 с.
10. Бауліна, Г. С. Формування оптимізаційної моделі роботи вантажного фронту . *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал*. 2013. № 5. С. 44-46.
11. Крамер, Г. Математические методы статистики / пер. с англ. А. С. Мони́на и А. А. Петрова; под ред. А. Н. Колмогорова. 2-е изд., стер. М.: Мир, 1975. 648 с.

## References

1. Alohynskiy, E.S. & Pestremenko-Skrypka, O.S. (2013). Analiz vplyvu prostoiu mizhnarodnoho vahonopotoku na oborot vahoniv [Analysis of the influence of downtime of international railcar traffic on the turnover of railcars]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT – Collection of scientific works of UkrDAZT, issue 137*, 24-30 [in Ukrainian].
2. Baulina, H.S., Didukh, P.O., Karpash, A.M.& Fedorniak, I.I. (2016). Udoskonalennia tekhnolohii funktsionuvannia perevantazhuvalnoho kompleksu prykordonnoi perevantazhuvalnoi stantsii [Improvement of the technology of the transshipment complex functioning of the border transshipment station]. *Zbirnyk naukovykh prats UkrDUZT – Collection of scientific works of UkrDAZT, issue. 162*, 182-189 [in Ukrainian].
3. Prykordonnii perekhody dlia eksportu zerna: stantsii ta detali [Border crossings for grain export: stations and details]. *uga.ua*. Retrieved from <https://uga.ua/news/prikordonnii-perehodi-dlya-eksportu-zerna-stantsiyi-ta-detali/> [in Ukraine]



4. Thousands of goods railcars stuck at Ukraine's border as war hits exports. *www.reuters.com*. Retrieved from <https://www.reuters.com/world/europe/thousands-goods-railcars-stuck-ukraines-border-war-hits-exports-2022-04-07/> [in English].
5. Vantazhooborot morskykh portiv Ukrainy skorotyvsia na 420 tys. t na dobu [Cargo turnover of Ukrainian seaports decreased by 420,000 tons per day.]. *gmk.center*. Retrieved from <https://gmk.center/ua/news/vantazhooborot-morskih-portiv-ukraini-skorotivsyia-na-420-tis-t-na-dobu/> [in Ukraine].
6. Funktsionuvannia transportnoho sektoru Ukrainy v umovakh pravovoho rezhymu voiennoho stanu [The functioning of the transport sector of Ukraine under the legal regime of martial law]. *niss.gov.ua*. Retrieved from <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/funktsionuvannya-transportnoho-sektoru-ukrayiny-v-umovakh-pravovoho/> [in Ukraine].
7. Butko, T., Prokhorov, V., Kolisnyk, A. & Parkhomenko, L. (2020). Devising an automated technology to organize the railroad transportation of containers for intermodal deliveries based on the theory of point. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. Vol. 1, № 3 (103). P. 6–12. DOI: 10.15587/1729-4061.20 [in English].
8. Muzykina, S.I., Muzykin, M.I. & Nesterenko, H.I. (2016). Doslidzhennia propusknnoi spromozhnosti sortovalnoi stantsii [Study of the throughput capacity of the sorting station]. *Nauka ta prohres transportu – Science and progress of transport*, 2, 47–60. [in Ukraine].
9. Kolisnyk, A.V. (2020). Formuvannia avtomatyzovanoi tekhnolohii transportuvannia konteineriv zaliznytseiu na osnovi teorii vypadkovykh potokiv [Formation of automated technology for transporting containers by railway based on the theory of random flows]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukraine].
10. Baulina, H.S. (2013). Formuvannia optymizatsiinoi modeli roboty vantazhnoho frontu [Formation of the optimization model of the work of the freight front]. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti: naukovo-tekhnichniy zhurnal – Information and control systems in railway transport: scientific and technical journal*, 5, 44-46. [in Ukraine].
11. Kramer, H. (1975). Matematycheskye metody statystyky [Mathematical methods of statistics]. A.S. Monyna y A. (A. Petrova Trans.). A. N. Kolmogorova (Ed.). (2d ed.). Moskow: Myr [in Russian].

**Igor Berestov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Alina Kolisnyk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olena Shcheblykina**, PhD tech. sci., Senior Lecturer

*Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine*

### **Improving the Process of Receiving Freight Trains to the Border Station in Martial Law**

The purpose of this work is to conduct statistical research on the volume and dynamics of freight traffic, formalize the process of accumulation of containers at terminal railway stations and transport them to the border station, taking into account the capacity of the transshipment complex.

The process of accumulation of containers at terminal stations and their transportation by rail to border stations was formalized, taking into account the capacity of transshipment complexes. The optimization results allow to determine the key elements of the operational plan of terminal railway stations, namely: the time of completion of the required number of containers, taking into account the capacity of the transshipment complex of the border station at terminal stations and the method of transporting them to the border station. as part of associated freight trains with possible further reshaping at sorting stations).

The proposed technology will reduce unproductive downtime of containers and fitting platforms by improving the process of planning the organization of transportation of container batches by rail to border stations, taking into account the capacity of transshipment complexes, as well as the probabilistic nature of key components of this process. This approach will reduce the congestion of wagons at border stations, which will reduce the operating costs of transporting and handling containers and the cost of transporting goods for shippers.

**cargo flows, containers, border station, transshipment complex**

*Одержано (Received) 16.05.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 23.05.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 30.05.2022*