

УДК 656.073

ПРОДАЩУК С. М., к.т.н., доцент (Український державний університет залізничного транспорту)

ШАПАТІНА О. О., к.т.н., доцент (Український державний університет залізничного транспорту)

ТРОЯН Д. О., аспірант (Український державний університет залізничного транспорту)

КВАСОВ П. В., аспірант (Український державний університет залізничного транспорту)

ЛЯШКО Ю. А., магістрант (Український державний університет залізничного транспорту)

## Удосконалення технології переробки контейнерів у сучасних умовах

*За останні роки значно зросли контейнерні перевезення, які розвиваються швидкими темпами і сприяють підвищенню конкурентоспроможності залізничного транспорту. У статті розглянуто питання, присвячені підвищенню ефективності застосування сучасних технологій переробки контейнерів в Україні.*

*З урахуванням цього досліджено сучасні інноваційні методи, використовувані при перевезенні та обробці контейнерів за кордоном. Обґрунтовано ефективність використання ричстакерів замість козлових кранів при обробці контейнерів на контейнерному терміналі відповідно до сучасних реалій.*

**Ключові слова:** контейнер, ричстакер, козловий кран, залізничний транспорт.

### Постановка проблеми.

Як показала практика, одним із перспективних напрямів розвитку залізничної галузі є контейнерні перевезення, які сприяють підвищенню енергоефективності, екологічності та безпеці перевезень.

На сьогодні через воєнний стан Україна знаходиться в складних умовах, інфраструктура частково окупована та перебуває під обстрілами, що ускладнює роботу всіх транспортних об'єктів, у тому числі і контейнерних терміналів. Так, контейнерному терміналу доводиться працювати за скороченим графіком (16 год замість 24) в умовах перебоїв електропостачання, що унеможливує роботу козлових кранів і тим самим призводить до збільшення простоїв контейнерів на терміналах і їхнього накопичення.

Через це постає проблема забезпечення раціонального використання наявних контейнерів і зменшення простою порожніх і нерозвантажених.

Отже, для вирішення цієї проблеми необхідно удосконалити технологію роботи з переробки контейнерів за рахунок використання більш електронезалежних технологій.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженнями технології контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні займалися такі вчені, як Бердниченко Ю., Бех П. В., Котенко А. М., Ломотько Д. В., Мямлін С. С., Огороков А. М., Слободян В. В., Стрелко О. Г. та ін.

Щодня залізниця для перевезення українських вантажів опрацьовує нові маршрути у країни Західної Європи, де особливе значення мають контейнерні перевезення [1].

У дослідженнях [2-4] доведено перспективність контейнерних перевезень в Україні, особливо при збільшенні вантажних потоків у країни Європейського Союзу. Однак зазначається, що інфраструктура контейнерних перевезень потребує удосконалення та модернізації.

А в дослідженні [5] зазначається, що для підвищення ролі залізничних перевезень потрібно удосконалити конструкції рухомого складу для перевезення контейнерів відповідно до міжнародних стандартів.

Отже, для ефективної організації контейнерних перевезень потрібна модернізація транспортних споруд і засобів, інформаційного забезпечення та запровадження енергоефективних технологій.

### Визначення мети та завдання дослідження.

Метою дослідження є обґрунтування ефективної технології переробки контейнерів у сучасних умовах.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасні технології переробки контейнерів;
- обрати раціональну технологію переробки контейнерів на контейнерному терміналі.

© ПРОДАЩУК С. М., ШАПАТІНА О. О., ТРОЯН Д. О., КВАСОВ П. В., ЛЯШКО Ю. А., 2023

**Викладення основного матеріалу дослідження.**

На сьогодні більшість об'єктів залізничної інфраструктури потребують ремонту і модернізації, удосконалення технологічних процесів.

Операції з навантаження і розвантаження напівпричепів на платформу відбуваються так: вантажівка з напівпричепом заїжджає на розширену рампу, розташовану на спеціальному майданчику, після цього вантажівка відчіплює напівпричіп і їде, а рампа разом з напівпричепом за допомогою тяги акумуляторів починає рухатися горизонтально вліво, поки повністю не стане на контрейлерну платформу. Відповідно розвантаження відбувається у зворотному порядку [6].

Американські фахівці з компанії Parallel Systems розробили безпілотну вагонну платформу для автоматизації залізничних вантажоперевезень. Вона може рухатися як самостійно, так і в парі з іншою платформою для перевезення вантажного контейнера.

Запропонований Parallel Systems підхід здатний прискорити перевезення невеликих вантажів і зробити цей процес економічно доцільним. Запровадження такої технології сприяє забезпеченню безпечного перевезення, оскільки робовагони здатні розпізнати перешкоду на колії та почати гальмування в оптимальному режимі, ніж це робить локомотивна бригада. За необхідності такі вагони зможуть

За кордоном впроваджена значна кількість інноваційних методів при перевезенні та обробці контейнерів. Так, Асоціація польських фахівців та інженерів (SITK) розробила модель контрейлерної системи Mark II.

автоматично розчіплюватися на перехрестях, аби пропустити машини екстреної допомоги [7].

Також цікавий проєкт Hyperloop Transportation Technologies, що запропонувала вантажну версію гіперзвукового поїзда. В основі проєкту лежить запропонована Ілоном Маском ідея вакуумного гіперзвукового поїзда – це готове до використання рішення для портових операторів, призначене для переміщення вантажів «за хвилини на сотні кілометрів». При цьому швидкість транспортних капсул досягатиме 600 км/год. Такий проєкт гарантує підвищення енергоефективності та пропускної здатності з одночасним зниженням негативного впливу на навколишнє середовище [8].

Для удосконалення технології роботи контейнерного терміналу станції при переробці контейнерів запропоновано використання пересувних перевантажувальних машин і пристроїв (ричстакерів) замість стаціонарних кранів.

Ричстакер – це навантажувач, призначений для роботи з контейнерами (рис. 1), являє собою машину великого розміру, здатну працювати з вантажами до 45 т.

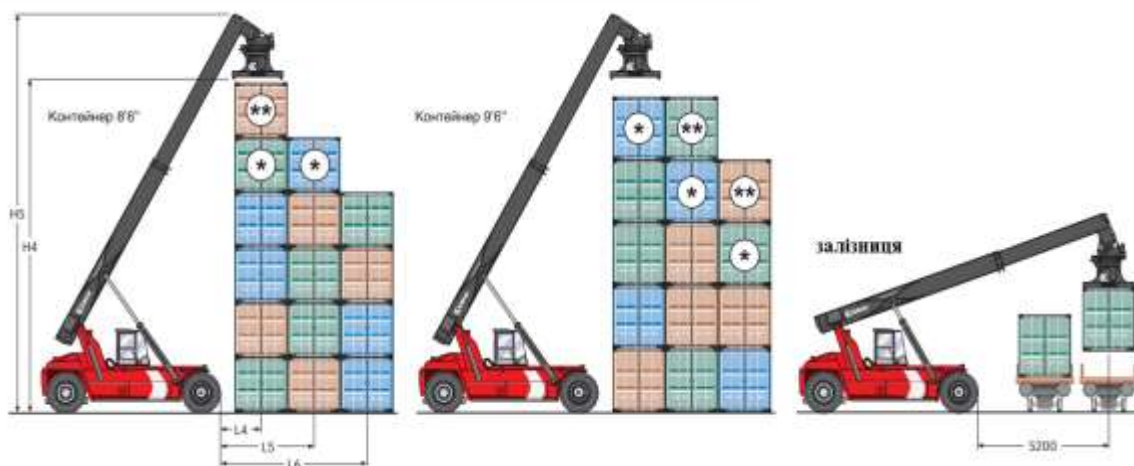


Рис. 1. Ричстакер Kalmar серії DRF

Перевагами такої технології буде відсутність підкранових колій, мережі силової електроенергії; розширення та простота реконструкції контейнерного майданчика в разі його пошкодження; значне підвищення надійності безперервної роботи; необмежена зона дії, висока маневреність по всьому майданчику на контейнерному терміналі [9]. Наведено схему розміщення контейнерів на майданчику, оснащеному козловим краном (рис. 2, а) і ричстакером (рис. 2, б). Наприклад, у разі пошкодження критичної інфраструктури та подачі електроенергії за графіком 2 год вимкнене світло/4 год увімкнене (з 12 год простій до 4 год) або 4 год/2

год (простій до 8 год) електрозалежний кран буде у простої, тобто працювати з 12 год дозволеного часу він буде 8 або 4 год, а у випадку блекауту не зможе працювати зовсім. Ричстакер електронезалежний, тому він буде працювати незалежно від стану електромережі, не зупиняючи процес обробки контейнерів на терміналі.

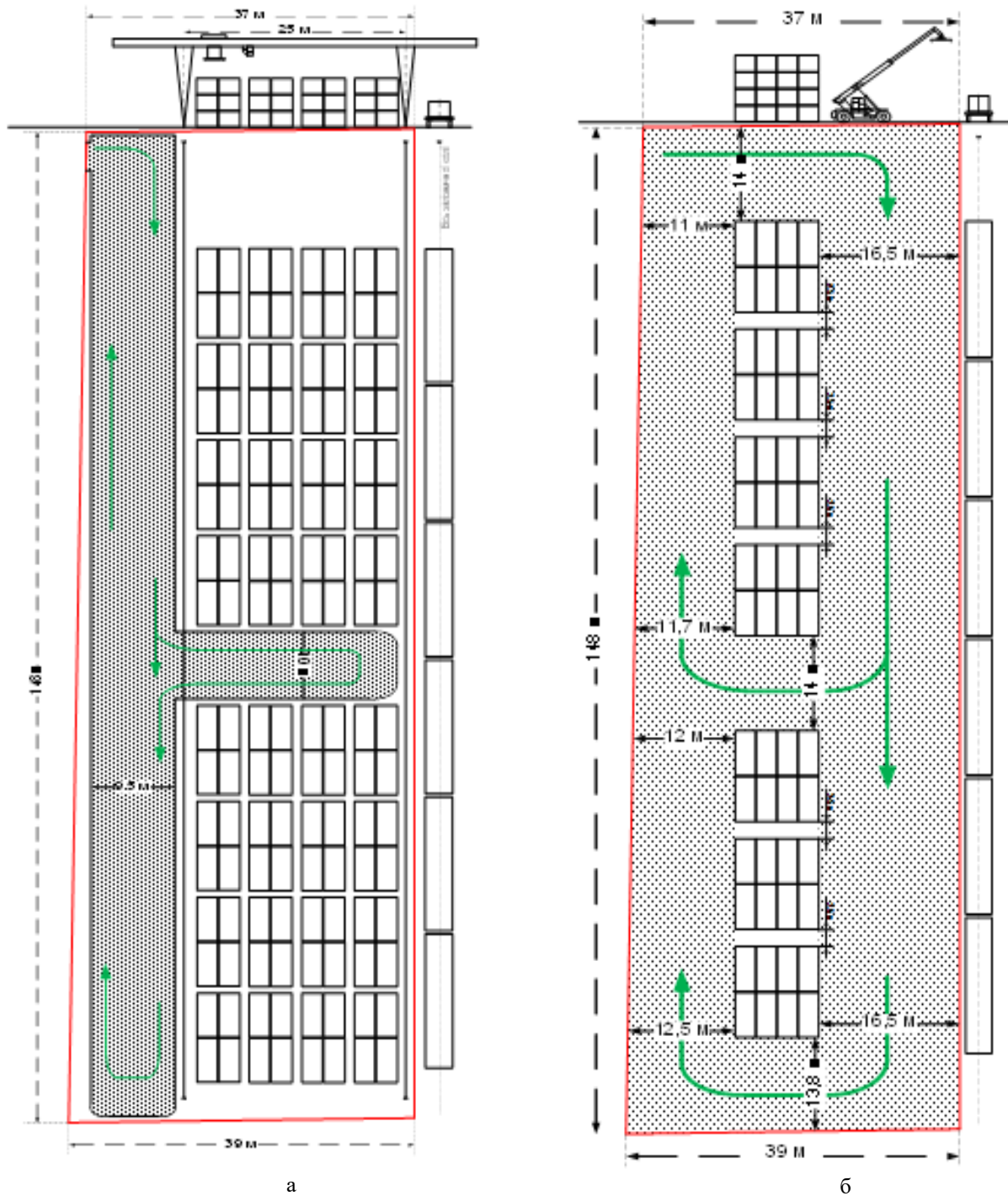


Рис. 2. Схема розміщення контейнерів на майданчику, оснащеному козловим краном (а); ричстакером (б)

Виходячи з вищенаведеного, постає необхідність у визначенні раціональної технології роботи контейнерного терміналу. Для оцінювання ефективності функціонування контейнерного терміналу використовується такий критерій:

$$R(M, T) \rightarrow \min R \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\left. \begin{aligned} M^{\min} \leq M \leq M^{\max}; \\ T^{\min} \leq T \leq 24, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

де  $M$  – кількість навантажувально-розвантажувальних машин (НРМ), шт.;

$T$  – час роботи вантажного фронту, год.

Вираз критерію оптимізації для переробки контейнерів ричстакером при недетермінованому надходженні транспортних засобів до контейнерного терміналу має вигляд

$$R = V_{\text{рем}}^{\text{НРМ}} + V_{\text{оч}}^{n(\epsilon)} + V_{\text{обсл}}^{\text{НРМ}} + V_{\text{оч}}^{\text{НРМ}}, \quad (3)$$

де  $V_{\text{рем}}^{\text{НРМ}}$  – експлуатаційні витрати на виконання вантажних робіт НРМ, грн;

$V_{\text{оч}}^{n(\epsilon)}$  – експлуатаційні витрати через простой автотранспорту при виконанні вантажних операцій, грн;

$V_{\text{обсл}}^{\text{НРМ}}$  – експлуатаційні витрати на утримання працівників, що обслуговують НРМ, грн;

$V_{\text{оч}}^{\text{НРМ}}$  – експлуатаційні витрати, пов'язані з очікуванням НРМ виконання вантажних операцій, обумовлені випадковим підходом автомобілів до вантажного фронту, грн.

Експлуатаційні витрати на виконання вантажних робіт НРМ

$$V_{\text{рем}}^{\text{НРМ}} = M(C_{\text{оп}} + C_n + C_{\text{ам}} + C_{\text{рем}}), \quad (4)$$

де  $C_{\text{оп}}$  – оплата праці навченого персоналу однієї НРМ, грн;

$C_n$  – вартість палива і мастильних матеріалів, що витрачається однією НРМ, грн;

$C_{\text{ам}}$  – амортизаційні відрахування на одну НРМ, грн;

$C_{\text{рем}}$  – витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування однієї НРМ, грн.

Експлуатаційні витрати через простой автотранспорту при виконанні вантажних операцій

$$V_{\text{оч}}^{n(\epsilon)} = N_a t_{\text{ова}} C_a, \quad (5)$$

$$t_{\text{ова}} = \frac{\frac{1}{2} Q_n t_a (1 + v_a^2)}{TPM \left(1 - \frac{Q_n}{TPM}\right)}, \quad (6)$$

де  $N_a$  – кількість автомобілів, що надходять до вантажного фронту за час його роботи, шт.;

$t_{\text{ова}}$  – час очікування автотранспортом виконання вантажних операцій, год;

$C_a$  – вартість години простою автомобілю, грн;

$Q_n$  – обсяг переробки контейнерів, т;

$t_a$  – час простою автотранспорту, год;

$v_a$  – коефіцієнт варіації надходження автомобілів до вантажного фронту;

$T$  – час роботи вантажного фронту, год;

$P$  – продуктивність НРМ, т/год.

$$V_{\text{оч}}^{n(\epsilon)} = \frac{\frac{1}{2} N_a Q_n t_a (1 + v_a^2) C_a}{TPM \left(1 - \frac{Q_n}{TPM}\right)}. \quad (7)$$

Експлуатаційні витрати на утримання навченого персоналу НРМ

$$V_{\text{обсл}}^{\text{НРМ}} = \frac{Q_n M C_w}{k_o P}, \quad (8)$$

де  $C_w$  – заробітна плата навченого персоналу НРМ, грн;

$k_o$  – коефіцієнт використання робочого часу ричстакера.

Експлуатаційні витрати, пов'язані з очікуванням НРМ виконання вантажних операцій, обумовлені випадковим підходом автомобілів до вантажного фронту

$$V_{\text{оч}}^{\text{НРМ}} = M t_{\text{ов}} C_{\text{пр}}, \quad (9)$$

$$t_{\text{ов}} = \frac{\frac{1}{2} \left(1 - \frac{Q_n M P}{T}\right) t_a (1 + v_a^2) Q_n M P}{T}, \quad (10)$$

де  $t_{ow}$  – час очікування НРМ початку виконання вантажних операцій, год;  
 $C_{pr}$  – вартість години простою НРМ, грн.

Підставивши вираз (10) у вираз (9), отримаємо

$$V_{оч}^{НРМ} = \frac{\frac{1}{2} M \left( 1 - \frac{Q_n M P}{T} \right) t_a (1 + v_a^2) Q_n M P C_{pr}}{T} \quad (11)$$

Отже, цільова функція

$$R(M, T) = M(C_{on} + C_n + C_{am} + C_{pem}) + \frac{1}{2} N_a Q_n t_a (1 + v_a^2) C_a + \frac{TP M \left( 1 - \frac{Q_n}{TPM} \right)}{TPM}$$

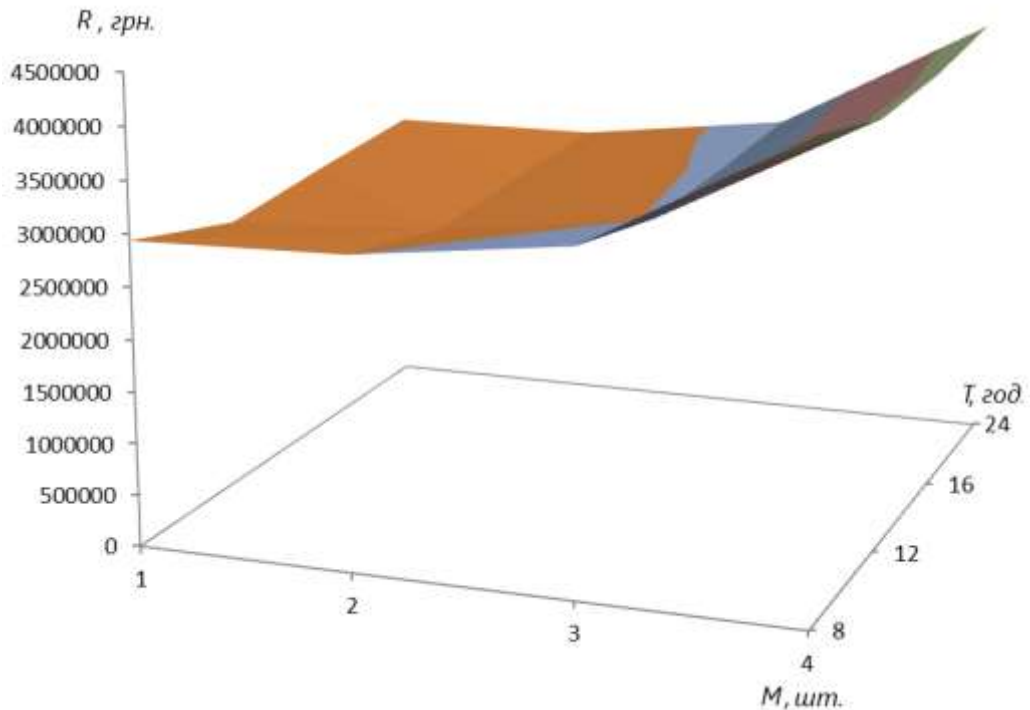


Рис. 3. Залежність експлуатаційних витрат від кількості НРМ і часу роботи вантажного фронту

Результати дослідження цільової функції свідчать про наявність мінімуму, що дає змогу визначати таку кількість ричстакерів і час роботи контейнерного терміналу, який буде відповідати раціональній технології його роботи. Мінімальні експлуатаційні витрати будуть при роботі одного ричстакера – 12 год/доба.

$$+ \frac{Q_n M C_w}{k_o P} + \frac{\frac{1}{2} M \left( 1 - \frac{Q_n M P}{T} \right) t_a (1 + v_a^2) Q_n M P C_{pr}}{T} \rightarrow \min. \quad (12)$$

Розроблена модель дає змогу знайти такі значення керованих параметрів роботи  $M$  і  $T$ , за яких функціонал (12) набуває мінімального значення, що дасть змогу зменшити експлуатаційні витрати і звільнити додаткові навантажувальні ресурси. Після моделювання роботи для вихідних умов станції Л отримано залежність експлуатаційних витрат від кількості НРМ і часу роботи вантажного фронту (рис. 3).

**Висновки.**

1. Проведено аналіз сучасних технологій переробки контейнерів за кордоном для можливості впровадження таких технологій в Україні.
2. Обрано раціональну технологію переробки контейнерів на контейнерному терміналі. Запропоновано варіант технічного оснащення контейнерного пункту за допомогою ричстакерів замість наявних кранів, що є більш ефективним і надійним для безперервної роботи, особливо в умовах воєнного часу. Крім того, ричстакер за економічними

показниками перевершує козловий кран, тому його використання буде доцільним і в мирний час.

#### Список використаних джерел

1. Деменко Володимир. Прості кроки для збільшення перевезень до ЄС. URL: <https://www.railinsider.com.ua/volodymyr-demenko-prosti-kroky-dlya-zbilshennya-perevezen-do-yes/> (дата звернення 15.11.2023).
2. Стрелко О. Г., Бердниченко Ю. А., Ковальський І. Л., Вознюк В. С. Аналіз розвитку контейнерних перевезень залізничним транспортом в Україні. *Наукові праці ВНТУ*. 2020. № 2. С. 1–6.
3. Огороков А. М. Аналіз перспектив розвитку ринку контейнерних перевезень в Україні. *Транспортні системи та технології перевезень*: збірник. наук. праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Дніпро, 2015. Вип. 10. С. 98 – 104.
4. Бех П. В. Удосконалення системи контейнерних перевезень на залізницях України: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Дніпропетровськ, 2006. 20 с.
5. Кебал Ю. В., Кондратюк С. М., Мямлін С. С. Вдосконалення конструкцій рухомого складу для перевезення контейнерів залізничним транспортом. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. Дніпро, 2018. Вип. 15. С. 33–41.
6. Контрейлерні перевезення. URL: [https://www.uz.gov.ua/cargo\\_transportation/intermodal\\_transportation/piggyback/](https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/intermodal_transportation/piggyback/) (дата звернення: 21.11.2023).
7. Американці створили безпілотний візок для вагонів (відео). URL: <https://glavcom.ua/techno/hitech/amerikanci-stvorili-bezpilotniy-vizok-dlya-vagoniv-video-816563.html> (дата звернення 20.11.2023).
8. HyperloopTT підготувала вантажну версію гіперзвукового поїзда (відео). URL: <https://cikavosti.com/hyperlooptt-pidhotuvala-vantazhnu-versiiu-hiperzvukovo-ho-poizda-video/> (дата звернення 20.11.2023).
9. Illés B., Véha A., Vida L. New ideas for inland intermodal transport. *Transport Problems*. 2020. Vol. 15. Is. 1. P. 117–130.

**Prodashchuk S., Shapatina O., Troyan D., Kvasov P., Liashko Y.**  
**Improvement of container processing technology in modern conditions.**

**Abstract.** In recent years, there has been significant growth in container transportation, which is developing at a fast pace and contributes to increasing the competitiveness of railway transport. The article deals with issues related to increasing the efficiency of the use of modern container processing technologies in Ukraine.

Today, due to the state of war, Ukraine is in difficult conditions, the infrastructure is partially occupied and under fire, which complicates the operation of all transport facilities, including container terminals. Thus, the container terminal has to work on a shortened schedule (16 hours instead of 24) in conditions of power outages,

which makes it impossible for the gantry cranes to work, and thus leads to an increase in downtime of containers at the terminals and their accumulation. Where does the problem arise to ensure the rational use of existing containers and the reduction of idle empty and unloaded containers. Thus, in order to solve this problem, it is necessary to improve the technology of work on recycling containers due to the use of more electronic technologies.

Taking this into account, modern innovative methods used in the transportation and processing of containers abroad are being researched. The effectiveness of using river stackers instead of gantry cranes when handling containers at the container terminal is substantiated in accordance with modern realities.

**Keywords:** container, reach stacker, gantry crane, railway transport.

**Продашук Світлана Миколаївна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [sp7728@ukr.net](mailto:sp7728@ukr.net). ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7673-3863>.

**Шапатіна Ольга Олександрівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [uvkr@kart.edu.ua](mailto:uvkr@kart.edu.ua). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9185-6212>.

**Троян Денис Олександрович**, аспірант кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [troyan@gmail.com](mailto:troyan@gmail.com).

**Квасов Павло Вікторович**, аспірант кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [hvac.kpv@gmail.com](mailto:hvac.kpv@gmail.com).

**Ляшко Юрій Анатолійович**, магістрант кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна. E-mail: [Y.lyashko@ukr.net](mailto:Y.lyashko@ukr.net).

**Prodashchuk Svitlana Mykolaivna**, PhD (Tech), associate professor of department of management of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [sp7728@ukr.net](mailto:sp7728@ukr.net). ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7673-3863>.

**Shapatina Olha Oleksandrivna**, PhD (Tech), associate professor of department of management of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [uvkr@kart.edu.ua](mailto:uvkr@kart.edu.ua). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9185-6212>.

**Troyan Denis Oleksandrovich**, postgraduate student of department of management of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [troyan@gmail.com](mailto:troyan@gmail.com).

**Kvasov Pavlo Viktorovich**, postgraduate student of department of management of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: hvac.kpv@gmail.com.

**Liashko Yurii Anatoliyovich**, graduate student of department of management of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: Y.lyashko@ukr.net.