

УДК 656.027.3

КРАШЕНІНІН О. С., д.т.н., професор,  
 ШАПАТІНА О. О., к.т.н., доцент,  
 КОВАЛЬОВ А. О., к.т.н., доцент,  
 ЗАПАРА Я. В., к.т.н., доцент,  
 КОВАЛЬОВА О. В., к.т.н., доцент  
 (Український державний університет залізничного транспорту)

## Оцінювання перспектив упровадження альтернативних технологій перевезень вантажів

*Досвід передових країн показує, що запровадження нових видів транспорту сприяє підвищенню конкурентоспроможності транспортної галузі та збереженню навколишнього середовища, особливо актуальне в умовах дефіциту ресурсів. Відповідно до цього в статті розглядають питання щодо перспектив упровадження альтернативних технологій перевезень в Україні.*

*У статті наведені результати формування процедури визначення оцінки транспортних технологій на основі оптимізації витрат на перевезення з урахуванням кваліметричного критерію. У результаті виконаних досліджень сформовано загальну процедуру оцінювання транспортних технологій доставлення вантажів на полігоні на основі принципів кваліметрії, яка, на відміну від існуючих підходів, дає змогу враховувати комплекс факторів, що впливають на вибір транспортної технології.*

*Отримана процедура оцінювання транспортних технологій може доповнювати традиційні підходи до формування транспортних технологій.*

**Ключові слова:** залізничний транспорт, альтернативні технології перевезень, комбіновані перевезення, кваліметричний критерій.

### Вступ

За Транспортною стратегією України, в умовах Євроінтеграції одним із пріоритетних напрямів діяльності транспорту є надання якісних і ефективних послуг із перевезень вантажів і пасажирів. З цією метою необхідно запроваджувати нові передові технології перевезень, зокрема розвивати альтернативні види транспорту. При взаємодії різних видів транспорту особливої актуальності набувають інтермодальні, комбіновані та мультимодальні перевезення як перспективні напрями розвитку транспортної галузі за участю залізниці.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

На сьогодні найбільше застосування з усіх видів комбінованих перевезень на залізницях України знайшли контейнерні перевезення, що забезпечує доставлення вантажів. Система контейнерних перевезень дає змогу залучати до комбінованих перевезень автомобільний, залізничний, морський, річковий і повітряний транспорт. При цьому в деяких країнах контейнери завантажують у два яруси, що дає

можливість знизити витрати на транспортування [1, 2].

Саме тому перспективним напрямом у розвитку транспортної галузі України є використання сучасних транспортних технологій. Як показує світовий досвід, традиційні системи доставлення вантажів можуть бути доповнені сучасними системами, такими як поїзди на магнітному підвішуванні, судна на повітряній подушці, капсули Hyperloop, безпілотні машини, гірокоптери, квадрокоптери з великою вантажопідйомністю, а також переходом транспорту на альтернативні джерела енергії та види палива [3].

Так, у Японії, Китаї та Німеччині набули розвитку поїзди на магнітному підвішуванні. Така система доставлення має ряд переваг: висока швидкість доставлення, ефективніше, ніж в авто- та авіатранспорту, ефективніше використання енергії, низький рівень шуму [4, 5].

У США було протестовано перший поїзд-гіперлуп, що досягає швидкості від 480 до 1220 км/год і має можливість перевозити не тільки пасажирів, а й їхні транспортні засоби [6].

У наш час усе більшої актуальності набуває доставлення вантажів за допомогою квадрокоптерів.

© КРАШЕНІНІН О. С., ШАПАТІНА О. О., КОВАЛЬОВ А. О., ЗАПАРА Я. В., КОВАЛЬОВА О. В., 2024

Квадрокоптер з великою вантажопідйомністю має можливість перевозити не тільки товари широкого вжитку, а й у майбутньому перевозити людей, переміщуючи їх на невеликій висоті заради їхньої безпеки. Шлях квадрокоптера буде проходити над наявними шляхами й іншими елементами інфраструктури [7].

Закордонний підхід заснований на високому рівні розвитку промисловості, але, на жаль, наша країна знаходиться у складних економічних і політичних умовах, частина територій анексована, промислова інфраструктура частково або повністю зруйнована та перебуває під обстрілами, що значно ускладнює роботу всіх транспортних об'єктів.

Зрозуміло, що запровадження сучасних транспортних технологій потребує великих капітальних вкладень у побудову, освоєння та обслуговування транспортної інфраструктури. А враховуючи те, що Україна знаходиться в умовах воєнного стану, стає актуальним питання оцінювання надання пріоритету рішенням із запровадження транспортних технологій, які можливо реалізувати вже сьогодні. Це у свою чергу потребує оцінювання конкурентоспроможності запровадженого транспорту порівняно з традиційним із урахуванням кваліметричного критерію, що об'єднує вагові технічні та витратні фактори.

#### Мета та задачі дослідження

Мета дослідження полягає в оцінюванні перспектив альтернативних технологій перевезень з урахуванням якісних показників.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- сформулювати модель оцінювання ефективності використання альтернативних технологій перевезень при забезпеченні оптимальних витрат;

- оцінити ефективність транспортної технології перевезень на основі кваліметричного критерію.

#### Основна частина дослідження

У сучасних умовах інтеграції України в Європейський Союз актуальним є питання реформування транспортної вітчизняної системи, зокрема української залізниці. За прийнятим Кабінетом Міністрів України від 30 травня 2018 року розпорядженням «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року», українську транспортну систему очікують серйозні зміни. Щодо вітчизняної залізниці, то передбачені такі заходи: лібералізація ринку залізничних перевезень на основі рівноправного доступу до залізничної інфраструктури та справедливої конкуренції між перевізниками; нормативно-правове забезпечення функціонування ринку залізничних перевезень; запровадження механізму допуску до ринку залізничних перевезень перевізників різних форм власності; структурна реформа АТ «Укрзалізниця», що передбачає

фінансове та організаційне розділення оператора інфраструктури та перевізника [8-10].

На сьогодні одним із основних питань є запровадження сучасних технологій перевезень, ураховуючи воєнний стан в Україні та нестачу енергоресурсів.

Вибір транспортної технології необхідно робити з урахуванням якісної складової, використовуючи методи теоретичної кваліметрії [11]. Різноманіття транспортних засобів не дає змоги комплексно оцінювати їхні властивості. Так, у різних видів транспорту діапазон використання технічних характеристик відрізняється, тому для об'єктивного оцінювання транспортної технології застосовують кваліметричний показник, виражений у транах, з урахуванням витрат. Тран є кількісною величиною корисного ефекту транспортної операції [12].

Отже, критерій, який відповідає оптимальним витратам на перевезення з урахуванням кваліметричної складової [грн/тран], запишемо як [12]

$$P(l_i) = \sum_j \sum_i \mu_i \frac{d_i}{\varpi_i \cdot \prod_{i=1}^n \kappa_i} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $j$  – змінна, що відповідає маршруту доставлення вантажу,  $j = \overline{1, L}$ ;

$i$  – змінна, що відповідає транспортній технології доставлення вантажу,  $i = \overline{1, N}$ ;

$l_i$  – маршрут доставлення вантажів різними транспортними технологіями, км;

$\mu_i$  – значущість транспортних технологій,  $\sum \mu_i = 1$ ;

$d_i$  – транспортні витрати на перевезення, грн;

$\varpi_i$  – корисний ефект транспортної операції, тран;

$\prod_{i=1}^n \kappa_i$  – коефіцієнти, що відображують комерційну віддачу, запас динамічних властивостей, відношення витрат на утримання транспортного засобу за життєвий цикл до його вартості, витрат часу під технологічними операціями.

При цьому корисний ефект оцінюють так:

$$\varpi_i = m_i \cdot v_i^2 \cdot l_i \rightarrow \max, \quad (2)$$

де  $m_i$  – маса вантажів, що доставляють різними транспортними технологіями, т;

$v_i$  – швидкість переміщення транспортного засобу, км/год.

Коефіцієнти  $\prod_{i=1}^n \kappa_i$  визначають відповідно так:  
- коефіцієнт комерційної віддачі  $\kappa_{Li}$

$$\kappa_{Li} = \frac{h_i}{M_i}, \quad (3)$$

де  $h_i$  – вантажопідйомність транспортного засобу, т;

$M_i$  – маса транспортного засобу в завантаженому стані, т;

- коефіцієнт запасу динамічних властивостей транспортного засобу  $\kappa_{2i}$

$$\kappa_{2i} = \left( \frac{V_{max_i}}{V_{p_i}} \right)^2, \quad (4)$$

де  $V_{max_i}$  – максимальна швидкість транспортного засобу разом із вантажем, км/год;

$V_{p_i}$  – розрахункова швидкість транспортного засобу, км/год;

- коефіцієнт, що враховує відношення витрат на утримання транспортного засобу за життєвий цикл до його вартості,  $\kappa_{3i}$

$$\kappa_{3i} = \frac{C_{v_i}}{\sigma_{v_i}}, \quad (5)$$

де  $C_{v_i}$  – витрати на утримання транспортного засобу за життєвий цикл, грн;

$\sigma_{v_i}$  – вартість транспортного засобу, грн;

- коефіцієнт, що враховує скорочення часу під технологічними операціями,  $\kappa_{4i}$

$$\kappa_{4i} = 1 - \frac{\phi_i}{T_i}, \quad (6)$$

де  $\phi_i$  – приріст значення часу під технологічними операціями за різними технологіями, год;

$T_i$  – час під технологічними операціями за базовою технологією, год.

Тоді показник, який відповідає витратам на перевезення з урахуванням кваліметричної складової для різних технологій перевезень, визначають як

$$P(l_i) = \sum_j \sum_i \mu_i \frac{d_i \cdot \left(1 - \frac{\phi_i}{T_i}\right)}{m_i \cdot v_i^2 \cdot l_i \cdot \frac{h_i}{M_i} \cdot \left(\frac{V_{max_i}}{V_{p_i}}\right)^2 \cdot \frac{C_{v_i}}{\sigma_{v_i}}} \rightarrow \min. \quad (7)$$

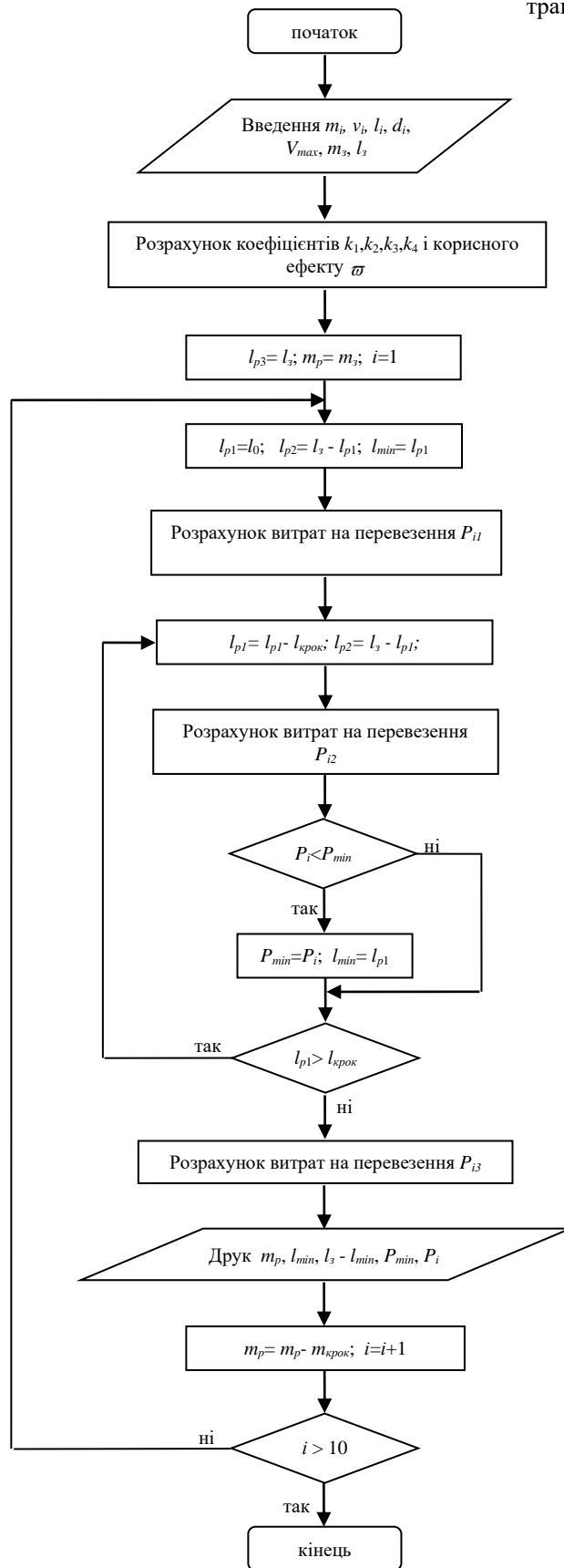
За таких обмежень,

$$\begin{cases} m_i > 0; l_i > 0; l_i \leq l_p; \\ \sum \mu_i = 1; \mu_i \geq 0; \\ 0 < V_{p_i} \leq v_i \leq V_{max}. \end{cases} \quad (8)$$

де  $l_p$  – відстань до пункту призначення, км.

Вирішувати поставлене завдання доцільно за допомогою методів оптимізації за структурною схемою, наведеною на рис. 1.

Рис. 1. Структурна схема алгоритму вибору транспортних технологій



При виборі технології перевезень вантажів треба враховувати важливість кожної складової кваліметричного показника в будь-який період часу для прийняття рішень про пріоритет використання відповідних технологій у конкретних ситуаціях і обмеженнях. При цьому отриманий уточнений

показник урахує вагові технічні та витратні фактори транспортних технологій. Реалізація процедури вибору виду транспортної технології за кваліметричним критерієм наведена на рис. 2.

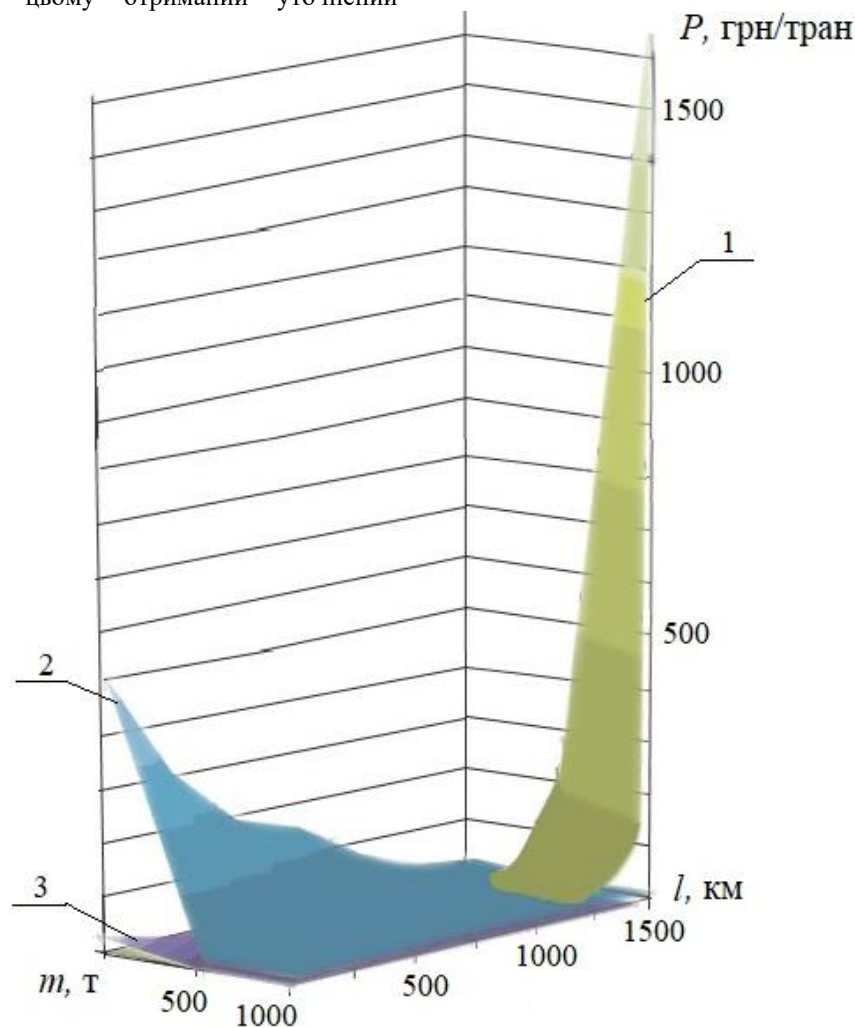


Рис. 2. Визначення транспортної технології на основі оптимізації витрат на перевезення з урахуванням кваліметричного критерію:  
1 – автомобільний транспорт; 2 – залізничний транспорт;  
3 – комбінований транспорт

Як видно з цього, можна наглядно визначити оптимальну область досягнення мінімальних витрат на перевезення при виборі альтернативних транспортних технологій.

Так, відповідно до рис. 2 можна зробити висновок, що за відстані більше 750 км доцільно використовувати залізничний транспорт, тоді як автомобільний транспорт є ефективним на відстані до 500 км, комбінований транспорт доцільно використовувати на відстані в межах 250-300 км. Тобто зону конкурентного використання цих видів транспорту можна обмежити відстанню від 250 до 1500 км. За відстані більше 1500 км ефективним є тільки залізничний транспорт. Разом із тим у

сучасних реаліях усе більше уваги стали приділяти використанню альтернативного виду транспорту, як більш мобільного та оперативного.

Слід зазначити, що процес покращення якості управління перевезень невід'ємний від вирішення таких завдань, як визначення оптимального маршруту доставлення вантажів, пошук оптимальної взаємодії видів транспорту в місцях перевалювання вантажу, використання альтернативних енергетичних ресурсів. Пошук оптимального маршруту доставлення вантажів ефективно здійснюють методами лінійного і динамічного програмування. Завдання оптимальної взаємодії різних видів транспорту вирішують через реалізацію запропонованого алгоритму на основі кваліметричного критерію. Вибором альтернативних

джерел енергії є перехід на гібридні енергетичні транспортні засоби, що використовують акумульовану енергію або від дизельного двигуна, або сонячних батарей, якими обладнаний транспортний засіб. Усе це дасть змогу покращити роботу і підвищити ефективність транспорту в цілому, дещо зменшити впливи кризових ситуацій в економіці, забезпечити ресурсозбереження.

Отримана процедура вибору транспортних технологій може доповнювати традиційні підходи з удосконалення перевезень, у тому числі і за умов використання нових транспортних засобів.

Тобто за допомогою альтернативних технологій доставлення вантажів можна мінімізувати експлуатаційні витрати, терміни доставлення та збільшити фінансові надходження в бюджет України від транзитних перевезень і за рахунок цього підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту.

Важливим фактором підвищення ефективності перевезень вантажів в умовах воєнного стану є використання безпілотних вантажних транспортних засобів: гірокоптерів і квадрокоптерів через виключення людського фактора та відповідно збереження життя громадян. Інші технології перевезень вантажів можуть бути розглянуті в рамках наведеної методики на перспективу зі стабілізацією економіки в Україні.

#### Висновки.

1. Сформовано модель оцінювання ефективності використання різних транспортних технологій із забезпеченням оптимальних витрат на основі кваліметричного критерію.

2. Оцінено ефективність транспортної технології перевезень на основі кваліметричного критерію згідно зі сформованим алгоритмом. Побудована просторова графічна залежність, за допомогою якої наглядно зображені зони ефективності різних технологій перевезень. Так, оптимальне значення витрат для комбінованого транспорту  $P$  знаходиться в межах до 100 грн/тран у зоні 250-300 км. Аналогічно визначають зони ефективності та оптимальні значення витрат для інших видів транспортних технологій.

Отже, визначення ефективних зон використання за відповідних обмежень і запровадження альтернативних технологій перевезень дасть змогу підвищити якість надання транспортних послуг, оптимізувати швидкість перевезення, впливати на енергоефективність перевезень, а також може сприяти збереженню навколишнього середовища за рахунок використання чистих джерел енергії, дасть можливість забезпечити відновлення транспортної галузі та підвищити конкурентоспроможність українських перевезень.

#### Список використаних джерел

1. Upadhyay A., Gu W. H., Bolia N. Optimal loading

- of double-stack container trains. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Elsevier*. 2017. Vol. 107. P. 1–22.
2. Mantovani S., Morganti G., Umang, N., Crainic, T. G., Frejinger E., Larsen E. The load planning problem for double-stack intermodal trains. *European Journal of Operational Research, Elsevier*. 2018. Vol. 267(1). P. 107–119.
3. Про альтернативні види палива: Закон України № 1391-VI від 21.05.2009 р. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2000. № 12, ст. 94. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>.
4. Теряев В. І., Ліберт Н. Є. Монорейки КПП: історія магнітного польоту. *Київський політехнік*. Газета НТУУ КПП ім. Ігоря Сікорського. 2018. № 3 (3219). С. 6-7.
5. В Китаї продемонстрували найшвидший у світі потяг на магнітній подушці. URL: <https://www.unian.ua/science/v-kitaji-prodemonstruvali-nayshvidshiy-u-sviti-potyag-na-magnitniy-podushci-video-novini-11489437.html>.
6. Скоростной пневмопоезд на магнитной подушке соединит шесть городов Украины со всем миром. URL: <https://traffic.od.ua/news/railua/1187500>.
7. У Китаї випробували літаючий дрон-таксі з пілотом у середині. URL: <https://hromadske.ua/posts/u-kytai-vyprobuvaly-litaiuchy-dron-taksi-z-pilotom-useredni>.
8. Мірошник Р. О., Федак К. Я. Стратегічні напрями розвитку залізничного транспорту в Україні. *Економіка та суспільство*. 2021. № 32. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-90>.
9. Бараш Ю. С., Чаркіна Т. Ю. Стратегія управління реформуванням залізничним транспортом України. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2016. № 53. С. 24–30.
10. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-r#n13>.
11. Panchenko S., Lavrukhin O., Shapatina O. Creating a qualimetric criterion for the generalized level of vehicle. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2017. Vol. 1, № 3(85). P. 39–45. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.92203.
12. Шапатіна О. О. Формування автоматизованої технології управління інтермодальними перевезеннями: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2020. 203 с.

Krasheninina O. S., Shapatina O. O., Kovalov A. O., Zapara Y. V., Kovalova O. V. Assessment of prospects

**for the implementation of alternative technologies of cargo transportation.**

**Abstract.** According to the Transport Strategy of Ukraine in the conditions of European integration, one of the priority areas of transport activity is the provision of high-quality and efficient services for the transportation of goods and passengers. For this purpose, it is necessary to introduce new advanced transportation technologies, in particular, to develop alternative modes of transport. When different types of transport interact, intermodal, combined and multimodal transports become particularly relevant as promising directions for the development of the transport industry with the participation of railways.

A promising direction in the development of the transport industry of Ukraine is the use of modern transport technologies. As world experience shows, traditional cargo delivery systems can be supplemented with modern systems such as magnetic levitation trains, hovercraft, Hyperloop capsules, unmanned vehicles, gyrocopters, quadcopters with large cargo capacity, as well as the transition of transport to alternative energy sources and types fuel.

The experience of advanced countries shows that the introduction of new types of transport contributes to increasing the competitiveness of the transport industry and preserving the environment, which is especially relevant in conditions of resource scarcity. Accordingly, the article examines the prospects for the introduction of alternative transportation technologies in Ukraine.

The foreign approach is based on a high level of industrial development, but, unfortunately, our country is in difficult economic and political conditions, part of the territories are annexed, the industrial infrastructure is partially or completely destroyed and is under fire, which greatly complicates the operation of all transport facilities.

It is clear that the introduction of modern transport technologies requires large capital investments in the construction, development and maintenance of transport infrastructure.

Considering the fact that Ukraine is in a state of war, the issue of prioritizing decisions on the introduction of transport technologies that can be implemented today is becoming urgent. This, in turn, requires an assessment of the competitiveness of the introduced transport in comparison with the traditional one, taking into account the qualitative criterion that combines weighty technical and cost factors.

**Keywords:** railway transport, alternative transportation technologies, combined transportation, qualimetric criterion.

Крашенінін Олександр Семенович, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7462-3372>. Тел.: +38 (097) 9917099. E-mail: [krashenin@kart.edu.ua](mailto:krashenin@kart.edu.ua).

Шапатіна Ольга Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9185-6212>. Тел.: +38 (066) 8124889. E-mail: [shapatina.uvkr@kart.edu.ua](mailto:shapatina.uvkr@kart.edu.ua).  
Ковальов Антон Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-3183>. Тел.: +38 (096)4106726. E-mail: [kovalovanton1979@gmail.com](mailto:kovalovanton1979@gmail.com).

Запара Ярослав Вікторович, кандидат технічних наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0504-7890>. Тел.: +38 (097) 9506216. E-mail: [y.zapara@gmail.com](mailto:y.zapara@gmail.com).  
Ковальова Оксана Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5342-0795>. Тел.: +38(067)2523185. E-mail: [oksanazoom@ukr.net](mailto:oksanazoom@ukr.net).

Krashenin Oleksandr Semenovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7462-3372>. Tel.: +38 (097) 9917099. E-mail: [krashenin@kart.edu.ua](mailto:krashenin@kart.edu.ua).

Shapatina Olha Oleksandrivna, PhD (Tech), Associate Professor of Department of Management of Freight and Commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9185-6212>. Tel.: +38 (066) 8124889. E-mail: [shapatina.uvkr@kart.edu.ua](mailto:shapatina.uvkr@kart.edu.ua).

Kovalov Anton Oleksandrovich, PhD (Tech), Associate Professor of Department of Management of Freight and Commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8546-3183>. Tel.: +38 (096)4106726. E-mail: [kovalovanton1979@gmail.com](mailto:kovalovanton1979@gmail.com).

Zapara Yaroslav Victorovich, PhD(Tech), Associate Professor of Department of Management of Freight and Commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0504-7890>. Tel.: +38 (097) 9506216. E-mail: [y.zapara@gmail.com](mailto:y.zapara@gmail.com).

Kovalova Oksana Volodymyrivna, PhD (Tech), Associate Professor of Department of Management of Freight and Commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5342-0795>. Tel.: +38(067)2523185. E-mail: [oksanazoom@ukr.net](mailto:oksanazoom@ukr.net).