

УДК 124.456.7 : 878.9

В. В. МАЛАШКІН^{1*}, М. І. БЕРЕЗОВИЙ^{2*}, М. Є. ПЕРЕПІЧКО^{3*}

^{1*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (068) 409 61 85, ел. пошта v.v.malashkin@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-5650-1571

^{2*} Каф. «Транспортні вузли», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 371 51 03, ел. пошта: m.i.berezovyi@ust.edu.ua, ORCID 0000-0001-6774-6737

^{3*} Каф. «Експлуатації портів і технології вантажних робіт», Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, м. Одеса, Україна, 65029, тел.+380679813939, samojlovskaamaja@gmail.com, ORCID 0000-0001-5172-1498

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБСЯГІВ РОБОТИ ПУНКТУ ПЕРЕСТАНОВКИ ВАГОНІВ НА ПОТРЕБУ У КОЛІЙНІЙ ЄМНОСТІ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ВІЗКІВ

Мета. В умовах військової агресії з боку московії експортні вантажопотоки, що в значній мірі транспортувались морським транспортом з чорноморських портів України, були спрямовані у напрямку західних сухопутних переходів. При цьому експортери намагались не тільки віднайти нові логістичні маршрути, а і збільшити обсяг експорту до країн Європи. Це призвело до збільшення черг на сухопутних кордонах – як автомобільних, так і залізничних, а обіг вагону та окремі його складові стали неконтрольованими і непередбачуваними. Причиною простоїв вантажів у залізничних вагонах на кордонах стали обмежена переробна спроможність пунктів перестановки вагонів (ППВ) і перевантажувальна спроможність вантажних терміналів на прикордонних станціях. Одними з елементів системи перетину кордонів вантажами, підвищення пропускної спроможності яких дозволить збільшити обсяг експортного вантажопотоку є пункти перестановки вагонів з колій 1435 мм на колії 1520 мм. Тому метою даної роботи є встановлення потрібної колійної ємності для зберігання вагонних візків колії 1520 мм та 1435 мм в умовах добової нерівномірності перевезень та стохастичного характеру величини обігу вагонів на території залізниць європейських країн. **Методи.** При дослідженні впливу обсягів роботи пункту перестановки вагонів на колійну ємність використані методи імітаційного моделювання, математичної статистики та керування запасами. **Результати.** В результаті виконаних досліджень отримані числові характеристики випадкової величини кількості вагонів, що переставляються на ППВ упродовж доби, а також величини обігу вагонів по території країн Європи. Розроблена методика визначення потрібної колійної ємності для зберігання візків, яка базується на методах імітаційного моделювання роботи ППВ. Отримана залежність гарантованого запасу візків колії 1435 мм на станції від добової кількості вагонів, що обслуговуються на пункті перестановки вагонів. **Практична значимість.** Отримані залежності потрібної ємності колій для зберігання візків від добової кількості вагонів, що надходять до ППВ дозволить перевірити та за необхідності привести у відповідність розрахунковим обсягам роботи існуючий колійний розвиток прикордонних станцій.

Ключові слова: пункт перестановки вагонів, гарантований запас візків, надійність, колійна ємність, імітаційне моделювання.

Вступ

З початком збройної агресії росії проти нашої країни і блокування чорноморських портів значні обсяги експортних вантажопотоків були спрямовані з напрямку чорноморських портів у бік західних сухопутних переходів. Експортери зіштовхнулися з проблемою черг на автомобільних переходах та з обмеженою переробною спроможністю пунктів перестановки вагонів і перевантажувальною спроможністю вантажних терміналів на прикордонних станціях, що також призвело до черг та стрімкого зростання обігу вагонів і неможливості передбачити величину цього показника. За офіційними даними АТ «Укрзалізниця» [1] добова переробна спроможність ППВ на прикордонних станціях АТ

«Укрзалізниця» становить близько 140 вагонів. Перестановка вагонів здійснюється на станціях регіональної філії «Львівська залізниця» АТ «Укрзалізниця». Таких станцій усього три – Ковель, Вадул-Сірет та Есень. Здекларована переробна спроможність ППВ на цих станціях наступна: на станції Ковель (в Польщу) – 60 вагонів, Вадул-Сірет (в Румунію) – 50 вагонів та Есень (в Словаччину, Угорщину, Румунію, інші країни) – 30 вагонів.

Перестановка вагонів, що слідує в Польщу можлива також по станції Мостиська II, при цьому перестановка вагонів з вантажами, що прямують у безперевантажувальному сполученні здійснюється за попереднім узгодженням з філією «Пасажирська компанія» АТ

«Укрзалізниця», якій належить пункт перестановки на станції Мостиська ІІ.

На прикордонних станціях суміжних країн Східної Європи також можливі незначні обсяги перестановки вагонів. Так на станції Матевце залізниць Словацької Республіки добовий обсяг перестановки складає 0,8 тис т на добу, що еквівалентно 10...12 вагонам; по станції Еперешке Угорських державних залізниць – 1,5 тис т на добу, що відповідає 20...25 вагонам.

Перевантажувальна спроможність вантажних пунктів на прикордонних станціях українських залізниць та залізниць суміжних країн також досить обмежена, окрім того пункти перевантаження досить чітко спеціалізовані за номенклатурою вантажів як по прийому – імпорту, так і по здачі – експортним вантажам. Слід також враховувати, що західні партнери, що приймають українські вантажі, навіть за наявності певних резервів перевантажувальних пунктів приймають щодоби тільки обумовлений угодами обсяг вантажу.

Останнім часом розробляються та впроваджуються нові логістичні схеми доставки вантажів до країн Європи і в треті країни транзитом через Європу. Ці схеми, як правило, базуються на безперевантажувальних сполученнях – контейнерних та контейнерних перевезеннях, а також доставці вантажів до кінцевих пунктів в країнах Європи з перестановкою вагонів на прикордонних станціях.

Постановка завдання дослідження

В даній статті розглянуто один з елементів технічного оснащення прикордонних станцій – пункти перестановки вагонів, так як саме ці елементи інфраструктури мають певні резерви переробної спроможності. Однак слід розуміти, що при нарощуванні обсягів перестановки вагонів виникають питання оцінки потужності їх технічного оснащення, зокрема колій для відстою, накопичення та зберігання вагонних візків колій різної ширини – 1520 та 1435 мм.

В умовах експлуатації вагонного парку власності різних операторів та збільшення тривалості знаходження українських вагонів в країнах Європи завдання дослідження впливу обсягів роботи ППВ на потребу у колійній ємності для зберігання візків є актуальною.

Мета дослідження

Метою дослідження є встановлення на підставі імітаційного моделювання потрібної колійної ємності для зберігання закріплених за

вагонами залізниць України вагонних візків колії 1520 мм та знеособлених вагонних візків колії 1435 мм в умовах добової нерівномірності перевезень та стохастичного характеру величини обігу вагонів на території залізниць європейських країн.

Передумовою для виконання досліджень стала у т.ч. позиція Укрзалізниці [2, 3] як монополіста, що надає послугу з перестановки візків 1520/1435 мм на вантажних вагонах за регульованими державою тарифами. При цьому позиція національного перевізника базується на прагненні використання власних візків 1435 мм під перестановку власних вагонів за конкурентною вартістю з метою зменшення логістичних витрат експортерів і збільшення відсотку використання вагонів АТ «Укрзалізниця».

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженню та удосконаленню технології міжнародних вантажних перевезень та експлуатаційної роботи прикордонних станцій присвячена достатня кількість наукових досліджень і опублікованих за їх результатами робіт.

Однак серед публікацій останнього десятиліття та передвоєнних років значну частину займають оглядові статті, присвячені аналізу статистики та встановлення закономірностей і статті загального характеру.

Так, наприклад, в роботі [4] увагу приділено забезпеченню необхідного рівня безпеки перевезень та розроблено деталізовану структуру чинників, що впливають на умови роботи станцій під час перевезень небезпечних вантажів, і запропоновано заходи щодо вдосконалення технології роботи станцій мережі залізниць з метою підвищення рівня безпеки.

Робота [5] разом з аналізом основних показників перевізного процесу залізничним і автомобільним транспортом та поясненням причин їх динамічних змін у часі присвячена визначенню основних тенденцій на ринку вантажних залізничних перевезень України в останні передвоєнні роки на підставі аналізу комплексу якісних та кількісних показників роботи залізниць.

Однак висновки, наведені в роботі є певною мірою сумнівними з огляду на основну тезу про необхідність пошуку залізничною галуззю внутрішніх резервів та неефективність процесу реформування галузі.

Слід звернути увагу на цикли досліджень, що виконані науковцями провідних закладів вищої освіти залізничної галузі України – Українського державного університету науки і технологій (Науково-навчальний інститут Дніпровський

інститут інфраструктури і транспорту, колишній Дніпровський національний університет залізничного транспорту) та Українського державного університету залізничного транспорту (м. Харків).

Так, в роботах [6-8] представлено методи техніко-експлуатаційного аналізу експлуатації вагонів різної власності в міжнародному сполученні, визначено необхідність розробки системи показників з метою обґрунтування ефективності міжнародних транзитних перевезень та на підставі розробленої математичної моделі виконано аналіз конкурентних напрямків слідування вантажопотоків у міжнародному сполученні.

Як відомо, Україна є одним із світових лідерів експорту зернових вантажів, а основна його частина слідує через чорноморські порти, в які дві третини цих вантажів доставляються саме залізничним транспортом. У зв'язку з цим проблема удосконалення транспортування зернових вантажів розглянута в багатьох наукових роботах, зокрема [9-15]. Результати досліджень висвітлюють основні напрямки зменшення логістичних витрат, якими є узгодження дій вантажовідправників, перевізників, морських портів та інших учасників перевізного процесу впродовж усього логістичного ланцюга.

Окрім цього в наведених роботах розглянуті перспективи та проблеми і шляхи їх вирішення при використанні технології транспортування зернових вантажів у контейнерах, виконано оцінку економічної ефективності залізничних контейнерних перевезень зерна, у порівнянні з технологією його перевезення у вагонах-зерновозах.

Розглядаючи експорт зернових як стратегічний напрямок розвитку транспортної системи, пунктів перевалки та зважаючи на його вплив на економіку України в цілому формалізована необхідність формування єдиного інформаційного митного хабу для перевезення зернових і масляничних культур.

В роботах [16, 17] розглянуто варіант перетину сухопутного кордону з країнами ЄС шляхом використання контрейлерної технології Ro-La, яка заснована на експлуатації контрейлерних поїздів з восьмивісних платформ колії 1435 мм та рівнем підлоги над головою рейки від 300 до 450 мм. Можливість використання такої технології, яка передбачає «горизонтальний» спосіб виконання вантажних операцій з автопоїздами, обґрунтовується наявністю на прикордонних станціях Укрзалізниці колій 1435 мм чи суміщених чотирьохрейкових колій. При цьому затрати в розвиток інфраструктури станцій

обслуговування контрейлерних поїздів мінімальні – оснащення площадки в одному рівні з головою рейки для заїзду та виїзду автопоїздів та придбання вилючного навантажувача для переміщення пересувних торцевих рам.

Але в наведених вище роботах пункти перестановки вагонів, як елементи системи передачі вантажів у міжнародному сполученні не розглядаються.

Проблеми удосконалення технології обробки вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини розглянуті в роботі [18]. Однак пункти перестановки вагонів розглядаються як окремі «виконавці» в структурі прикордонної станції поряд з пунктами перевантаження та колієперевідними пристроями пропуску вагонів з розсувними колісними парами. Розроблені в дисертації [18] математичні моделі ніяким чином не стосуються визначення технічної оснащеності окремих елементів ППВ, що вчергове підтверджує актуальність досліджень, результати яких представлені в даній статті.

Основна частина

Потрібна колійна ємність для зберігання візків колій 1435 мм і 1520 мм залежить від наявності їх кількості на прикордонній станції. Завдання визначення кількості візків доцільно розв'язувати методами імітаційного моделювання роботи ППВ, які передбачають відтворення технологічних процесів, що відбуваються на реальному об'єкті, за допомогою їх математичних моделей з урахуванням стохастичного характеру процесів. У цьому зв'язку необхідно виконати моделювання кількості щодобового відправлення вагонів за кордон (експорт), прибуття вагонів з-за кордону (імпорт) з урахуванням тривалості їх обігу та визначити потребу у візках колій 1435 мм і 1520 мм при перестановці вагонів з візків одного типу на інший у пункті перестановки.

При розв'язанні поставленого завдання встановлено, що добова кількість вагонів n_i , яка відправляється на експорт, розподілена за нормальним законом з параметрами m_n та s_n (див. рис. 1) і визначається за виразом

$$n_i = m_n + z_i \cdot s_n, \quad (1)$$

де z_i – нормально розподілене випадкове число.

Вагони, що слідують за кордон, мають різний обіг Θ_j . Статистичний аналіз натурних спостережень по одній з прикордонних станцій України показав, що вказана випадкова величина підпорядкована зміщеному закону Ерланга першого

порядку. Гістограма розподілу випадкової величини обігу вагона наведена на рис. 2.

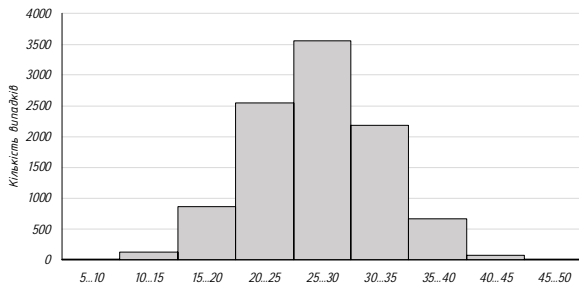


Рис. 1. Гістограма розподілу добової кількості вагонів, що відправляються за кордон

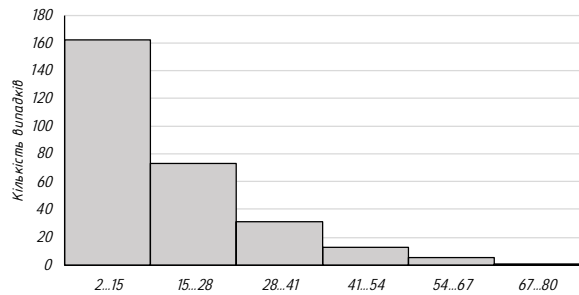


Рис. 2. Гістограма розподілу обігу вагона по країнам Європи, діб

Для моделювання величини Θ_j використовується вираз

$$\Theta_j = -\frac{\Theta_{\min} - m_{\Theta}}{2} \cdot \ln(r_1 \cdot r_2) + \Theta_{\min}, \quad (2)$$

де r_1, r_2 – рівномірно розподілені випадкові числа;

Θ_{\min} – мінімальне значення обігу вагона, діб.

При моделюванні прибуття кількості вагонів m_i з-за кордону (імпорт) враховується тривалість обігу вагона Θ_j . Так, якщо j -ий вагон з обігом $\Theta_j = 10$ діб відправляється за кордон у першу добу ($i = 1$), то повернеться він до України через 10 діб на одинадцяту добу ($i = 11$). Така закономірність руху вагонів описується залежністю

$$m_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } (i - \Theta_j) \leq 0 \\ n_{(i-\Theta_j),j}, & \text{якщо } (i - \Theta_j) > 0 \end{cases} \quad (3)$$

Добова кількість візків колії 1520 мм K_{1520i} відповідає добовому вагонопотоку n_i , що слідує на експорт. Для зручності виконання розрахунків та аналізу отриманих результатів, потреба у візках вимірюється кількістю комплектів візків, тобто $K_{1520i} = n_i$. При цьому вважається, що один комплект складається з двох візків.

Потреба у колійній ємності для візків колії 1520 мм залежить від середньодобової кількості комплектів \bar{K}_{1520} , яка обчислюється шляхом статистичної обробки результатів моделювання

значення K_{1520i} за певний період

$$\bar{K}_{1520} = \frac{1}{e - s + 1} \sum_{i=s}^e K_{1520i}, \quad (4)$$

де s, e – номер початкової та кінцевої доби періоду спостережень відповідно.

Період спостережень для аналізу результатів моделювання обрається таким чином, щоб система, а саме ППВ, знаходилась у стані насичення, коли потік імпортованих вагонів стабілізується. Під час виконання експериментів такий період прийнятий 365 діб.

В результаті моделювання роботи ППВ встановлено, що значення величини \bar{K}_{1520} несуттєво відрізняється від значення, яке можна розрахувати аналітично за відомим виразом розрахунку робочого парку рухомого складу

$$K_{pc} = \bar{\Theta} \cdot m_n, \quad (5)$$

де $\bar{\Theta}$ – середньозважений обіг вагона за кордоном, діб.

На відміну від іменних візків колії 1520 мм, середньодобова потреба у комплектах знеособлених візків колії 1435 мм складається з двох частин – робочого парку візків K_{pc} , що забезпечують рух вагонів по країнам Європи, та гарантованого запасу комплектів візків, що знаходяться на прикордонній станції $K_{Г3}$

$$\bar{K}_{1435} = K_{pc} + K_{Г3}. \quad (6)$$

Слід зауважити, що гарантований запас візків $K_{Г3}$ призначений для забезпечення заданого рівня надійності функціонування ППВ в умовах нерівномірного надходження вагонів з України та країн ЄС.

Оцінка величини $K_{Г3}$ здійснюється на підставі статистичної обробки результатів імітаційного моделювання ППВ, під час якого визначається потреба для i -ої доби за виразом

$$K_{Г3i} = \begin{cases} m_i - n_i + K_{pc}, & \text{для } i = 1 \\ m_i - n_i + K_{Г3(i-1)}, & \text{для } i > 1 \end{cases} \quad (7)$$

Значення $K_{Г3i}$ може приймати як додатні, так і від'ємні значення. При цьому, якщо $K_{Г3i} > 0$, то у пункті перестановки вагонів спостерігається надлишок комплектів візків, а при $K_{Г3i} < 0$ – нестача. Очевидно, щоб у ППВ не виникала нестача комплектів візків, необхідно мати такий їх гарантований запас, який відповідає максимальній нестачі, тобто $K_{Г3} = |\min(K_{Г3i})|$, де $|\cdot|$ – операція визначення абсолютного значення величини.

Для прикладу на рис. 3 представлено графік розподілення величини $K_{Г3 i}$, яка була отримана

за результатами моделювання ППВ на протязі 365 діб.

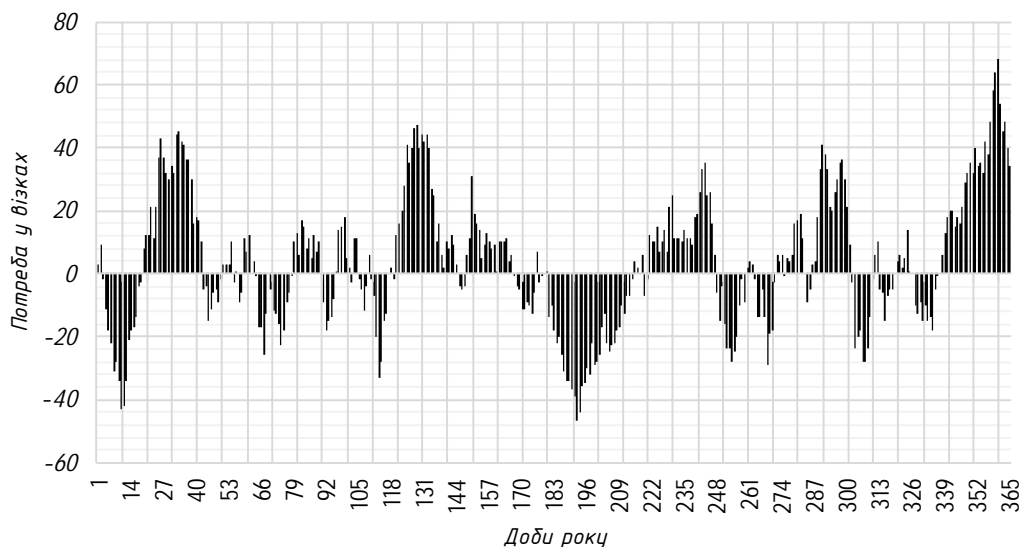


Рис. 3. Графік розподілення гарантованого запасу комплектів візків колії 1435 мм

Як видно з графіку на рис. 3 випадки, коли спостерігається максимальна або близька до максимальної нестача комплектів візків колії 1435 мм не дуже часті. Тому більший час періоду вони у ППВ використовуватися не будуть, але при цьому будуть займати колії та вимагати витрат на їх утримання. У цьому зв'язку доцільно встановити певний рівень надійності функціонування системи β та визначити потребу $K_{Г3}$, яка б її забезпечувала, тобто $\beta = f(K_{Г3})$. Під рівнем надійності розуміється частка діб упродовж певного періоду, коли ППВ працюватиме без дефіциту у комплектах візків колії 1435 мм.

Враховуючи вище наведені вимоги, оцінити потрібне значення величини $K_{Г3}$ можна за результатами імітаційного моделювання ППВ. У цьому зв'язку розраховуються числові характеристики випадкової величини $K_{Г3}$ та її закон розподілення з вибірки, для якої $K_{Г3 i} < 0$. Для зручності розрахунків усі $K_{Г3 i}$ перетворюються на абсолютні значення.

В результаті статистичної обробки значень $K_{Г3 i} < 0$, які наведені на рис. 3, отримані наступні числові характеристики:

- математичне очікування
- дисперсія
- середнє квадратичне очікування
- коефіцієнт варіації
- закон розподілення – показниковий (гіпотеза про розподілення підтверджена критерієм узгодження Пірсона χ^2).

Гістограма розподілення випадкової величини $K_{Г3}$ наведена на рис. 4.

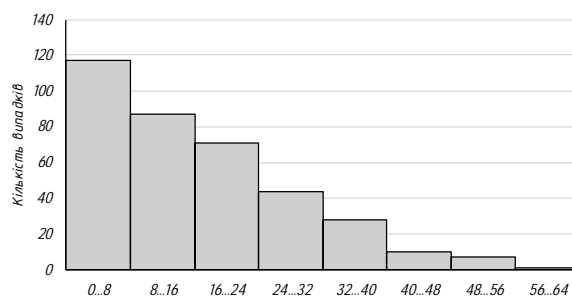


Рис. 4. Гістограма розподілення гарантованого запасу комплектів візків $K_{Г3}$ колії 1435 мм

Інтегральна функція показникового закону має вигляд

$$F(K_{Г3}) = 1 - e^{-\frac{K_{Г3}}{M[K_{Г3}]}} \quad (8)$$

Функція $F(K_{Г3})$ являє собою ймовірність того, що значення випадкової величини K_i не перевищить $K_{Г3}$, тобто $F(K_{Г3}) = P(K_i < K_{Г3})$. З огляду на те, що зміст функції $F(K_{Г3})$ відповідає ступеню надійності системи β , вираз (8) можна представити як

$$\beta = 1 - e^{-\frac{K}{M[K]}} \quad (9)$$

Перетворивши вираз (9) відносно $K_{Г3}$ отримаємо

$$K_{Г3} = -\ln(1 - \beta) \cdot M[K_{Г3}] \quad (10)$$

Потреба у колійній ємності для зберігання візків колії 1520 мм і 1435 мм з урахуванням двох візків у комплекті визначається за формулою

$$L = 2K_{\text{pc}}(l_{\text{B}}^{1520} + \delta) + 2K_{Г3}(l_{\text{B}}^{1435} + \delta), \quad (10)$$

де l_B – довжина візка, для візка колії 1520 мм $l_B = 2,85$ м, для візка колії 1435 мм $l_B = 2,60$ м;

δ – відстань між візками на колії, прийнято $\delta = 0,5$ м.

При дослідженні роботи пункту з перестановки вагонів виконана серія експериментів, в яких змінювалися обсяги роботи n й фіксувалися потреби у колійній ємності для зберігання візків L . При цьому надійності функціонування ППВ встановлена на рівні $\beta = 0,95$. Графік залежності $L = f(n)$ наведений на рис. 5.

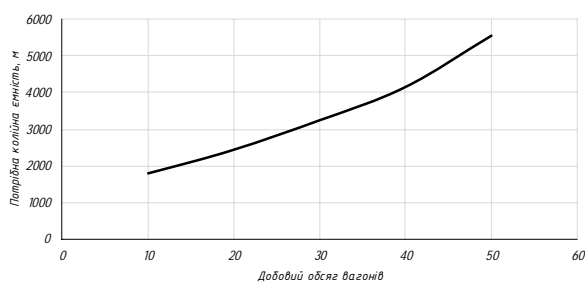


Рис. 5. Графік залежності потреби у колійній ємності для зберігання візків від добових обсягів перестановки вагонів

Як видно з графіку (рис. 5) між обсягами добової кількості вагонів, що переставляються на ППВ та потрібною ємністю колій для зберігання візків є прямий зв'язок, але не лінійний, що пояснюється певною нерівномірністю надходження вагонів. Слід зазначити, що в імітаційній моделі, яка використовує наведену вище методику, не враховується внутрішньодобова нерівномірність, що в значній мірі залежить від параметрів системи обслуговування вагонів на прикордонній станції. Отже, завдання визначення потреби у колійному розвитку для зберігання візків в залежності від добових обсягів роботи ППВ потребує додаткових досліджень.

Практична значимість

Отримані залежності потрібної ємності колій для зберігання візків від добової кількості вагонів, що надходять до ППВ дозволить перевірити та за необхідності привести у відповідність розрахунковим обсягам роботи існуючий колійний розвиток прикордонних станцій.

Висновки

Результати досліджень дозволили зробити наступні висновки.

1. Добовий потік вагонів, що надходить на ППВ для обслуговування з боку України та країн Європи розподілений за нормальним законом.
2. Обіг вагона, що прямує на експорт, є

випадковою величиною, розподіленою за зміщеним показниковим законом.

3. Розроблена методика моделювання роботи ППВ, яка враховує стохастичний характер експортних та імпорتنних вагонопотоків.

4. Розроблена процедура визначення гарантованого запасу знеособлених візків колії 1435 мм, який забезпечить безперебійне функціонування ППВ із заданим рівнем надійності.

5. Запропонована методика визначення потрібної колійної ємності для зберігання візків колії 1520 мм і 1435 мм.

6. Отримана залежність потрібної ємності колій для зберігання візків від добової кількості вагонів, що надходять до ППВ.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Акціонерне товариство «Українська залізниця». URL: <https://uz.gov.ua/> (дата звернення 01.04.2024).
2. Валерій Ткачов пояснив позицію УЗ щодо використання вагонних візків колії 1435 мм власності УЗ. Railway Supply. URL: <https://www.railway.supply/uk/valerij-tkachov-oyasniv-pozicziyu-uz-shhodo-vikoristannya-vagonnih-vizkiv-kolii-1435-mm-vlasnosti-uz/> (дата звернення: 01.05.2024).
3. Ініціатива УЗ щодо візків для перестановки приватних вагонів дискримінаційна? Railway Supply. URL: <https://www.railway.supply/uk/iniczi-ativa-uz-shhodo-vizkiv-dlya-perestanovki-privatnih-vagoniv-diskriminaczijna/> (дата звернення: 13.11.2023).
4. Резнік Н. П., Городецька Т. Е., Степанова К. Г. Організація міжнародних залізничних перевезень. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2022. Т. 7, № 2. С. 330–339.
5. Стасюк О. М. Основні тенденції ринку вантажних залізничних перевезень України. *Збірник наукових праць Одеського національного економічного університету*. 2022 №3-4. С. 74–80.
6. Козаченко Д. М., Германюк Ю. М. Методи дослідження вагонопотоків у міжнародному залізничному сполученні. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. 2011. № 26. С. 18–22.
7. Козаченко Д. М., Германюк Ю. М. Математична модель для дослідження перевезення вантажів у міжнародному сполученні. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2013. № 5. С. 28–32.
8. Козаченко Д. М., Верлан А. І., Германюк Ю. М. Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту у сфері міжнародних транзитних перевезень. *Залізничний транспорт України*. 2013. № 2. С. 40–42.
9. Вернигора Р. В., Золотаревська О. О. Аналіз сучасних проблем ефективної взаємодії залізниць та морських портів України. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2021. № 21. С. 49–59.
10. Козаченко Д. М., Вернигора Р. В., Рустамов Р. Ш. Підвищення ефективності перевезень

зернових вантажів залізничним транспортом. *Українська залізниця*. 2014. № 7 (13). С. 56–59.

11. Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах / Р. В. Вернигора та ін. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2018. № 16. С. 22–30.

12. Козаченко Д. М., Коробйова Р. Г., Рустамов Р. Ш. Удосконалення технічного забезпечення та технологій експортних перевезень зернових вантажів в Україні. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного ун-ту*. 2015. № 4. С. 121–127.

13. Ломотько Д. В., Арсененко Д. В., Олійник О. В. Необхідність формування єдиного інформаційного митного хабу для перевезення зернових і масляничних культур. *Інтелектуальні транспортні технології*: Тези доп. 3-ї міжнар. науково-техн. конф., м. Харків, 22–23 листоп. 2022 р. С. 89–92.

14. Ломотько Д. В., Афанасова О. Ф. Аналіз перевезення аграрних вантажів через західні переходи. *Глобалізація наукового і освітнього простору. Інновації транспорту. Проблеми, досвід, перспективи*: Зб. наукових пр. конф., м. Київ, 20 черв. 2023 р. С. 94–97.

15. Лаврухін О. В., Костенніков О. М. Транзитні вантажопотоки залізницями України в умовах інтеграції до Європейського Союзу. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*: тези доп. 77-ї Міжнар. науково-техн. конф. «Розвиток наук та інновац. діяльності на трансп.», м. Харків. 2022. С. 152.

16. Березовий М. І., Болжеларський Я. В., Гревцов С. В., Боричева С. В. Аналіз логістичних ризиків перевезення вантажів зернової групи в європейські порти з використанням контрейлерної технології. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2023. №25. С.60–69.

17. Розробка логістичної схеми перетину кордону з єс контрейлерними поїздами при перевезенні вантажів зернової групи / М. І. Березовий та ін. *Транспортні системи і технології перевезень*. 2023. № 26. С. 44–52.

18. Кузьменко А. І. Удосконалення технології обробки вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Дніпропетровськ, 2012.

V. MALASHKIN, M. BEREZOVYI, V. PEREPICHKO

STUDYING THE IMPACT OF THE VOLUME OF WORK AT THE RAILCAR TRANSFER POINT ON THE NEED FOR TRACK STORAGE CAPACITY FOR BOGIES

Purpose. In the context of military aggression by Moscow, export cargo flows, which were largely transported by sea from Ukraine's Black Sea ports, were directed towards western land crossings. At the same time, exporters were trying not only to find new logistics routes but also to increase exports to European countries. This resulted in longer queues at land borders, both road and rail, and the turnover of railcars and their individual components became uncontrollable and unpredictable. The reason for the downtime of cargo in railroad cars at the borders was the limited processing capacity of railcar interchange points and the transshipment capacity of cargo terminals at border stations. One of the elements of the cargo border crossing system, the increase of which will increase the volume of export cargo flow, is the points of change of wagons from 1435 mm gauge to 1520 mm gauge. Therefore, the aim of this study is to determine the required track capacity for storing 1520 mm and 1435 mm gauge bogies under conditions of daily uneven transportation and the stochastic nature of the turnover of cars on the territory of European railways. **Methodology.** Simulation modeling, mathematical statistics, and inventory management methods were used to study the impact of the workload of a railcar transfer point on track capacity. **Results.** As a result of the research, the numerical characteristics of a random variable of the number of cars transferred to the transfer point during the day, as well as the value of car turnover in Europe, were obtained. A methodology for determining the required track capacity for storing bogies based on simulation modeling of the operation of the railcar interchange points was developed. The dependence of the guaranteed stock of bogies of 1435 mm gauge at the station on the daily number of cars serviced at the railroad car transfer point was obtained. **Practical significance.** The obtained dependences of the required capacity of the tracks for storing bogies on the daily number of cars arriving at the transfer point will allow us to check and, if necessary, bring the existing track development of border stations into line with the calculated volumes of work.

Keywords: railcar transfer point, guaranteed stock of bogies, reliability, track capacity, simulation modeling.