

ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.223.2

doi: 10.31498/2225-6733.41.2020.226210

© Кіріцева О.В.¹, Клецька О.В.², Іванченко Д.А.³,
Ігнатова А.С.⁴**МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАГОНІВ
НА МЕТАЛУРГІЙНОМУ КОМБІНАТІ**

У статті розглянуті особливості знаходження рухомого складу, який прибуває з зовнішньої мережі на металургійний комбінат. Його просування від «вхідної» станції до «вихідної» розбито поелементно для вивчення та аналізу «слабких місць», які впливають на збільшення часу знаходження вагонів на підприємстві поза встановленим нормативом. Детально розглянуті та проаналізовані операції за всіма багатofункціональними залізничними станціями промислового підприємства, на яких перебувають вантажні вагони. Усі дії з вагонами представлені у вигляді математичної моделі, цільова функція якої складається з суми операцій, які були виконані з вантажними вагонами за кожною станцією їх просування, а також затрат, використаних за ці операції. Запропонована модель дозволяє розраховувати витрати за вагон при урахуванні часу його знаходження на коліях виробничого комбінату. Функція має елементи розгалуження для коректного підрахунку витрат за різними обставинами, які виникають у роботі підприємства. Виявлені причини, які впливають на перепростой вагонів зверх нормативу і, як наслідок цього явища, збільшення вартості за використання вантажними вагонами.

Ключові слова: металургійне підприємство, рухомий склад, вантажний вагон, експлуатаційна робота, залізнична станція, спрощена модель, цільова функція.

O.V. Kiritseva, O.V. Kletska, D.A. Ivanchenko, A.S. Ignatova. Model of cars stay time determination at a metallurgical plant. The article considers the peculiarities of stay time of the rolling stock that arrives from the external network at the metallurgical plant. Its advance from the «input» station to the «output» is broken down element by element to study and analyze the «weak points» that result in the increase of the stay time of the cars at the enterprise above the established standard. The operations at all multifunctional railway stations of the industrial enterprise, where freight cars are located, have been considered and analyzed in detail. All the actions with the wagons are represented as a mathematical model, the objective function of which consists of the sum of operations that were performed with the freight wagons at each station of their advance, as well as the expenses for these operations. According to the methodology of functional-cost analysis, certain technical decisions must be made on the basis of total production and transport costs for one cycle of cargo processing and their total value for the entire volume. In doing so all production resources involved in cargo processing, the entire volume of transport work, as well as the technological time and the idle time of the car have been taken into account. The performed researches are based on the method of

¹ ст. викладач, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, ORCID: 0000-0002-2481-5883, evkiritseva@gmail.com

² канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, ORCID: 0000-0002-4682-860X, gurao@ukr.net

³ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, ukrsart.erps@gmail.com

⁴ студент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, 88ignatova88@gmail.com

mathematical statistics for the analysis of the main operational indicators of the transport of the metallurgical plant, the method of linear regression in the form of a bivariate normal distribution law. The proposed model makes it possible to calculate the expenses for the car, if its stay time on the tracks of the production plant is taken into account. The function has branching elements for the correct calculation of the expenses for various circumstances that arise in the work of the enterprise. The reasons that impact on the idle time of cars above the standard and as a consequence of this phenomenon, the increase in the cost of using freight cars. The developed model of step-by-step advancement of wagons at each station of the metallurgical plant helps in identifying «weak points» that influence the staying of the freight car above the standard on the tracks of the stations of the metallurgical enterprise.

Keywords: *metallurgical enterprise, rolling stock, freight car, operational work, railway station, simplified model, target function.*

Постановка проблеми. На сьогодні має вияв застаріла форма управління ресурсами залізничного транспорту на металургійних підприємствах. Така тенденція не є актуальною в умовах ринкового господарювання і значно знижує рівень конкурентоспроможності металургійної галузі. Одним з основних експортних товарів України є продукція металургійної промисловості. У 2019 році доля її у загальному експорті країни склала близько 23%. Через жорстоку конкуренцію на світовому ринку постає важливе завдання зменшення собівартості продукції металургійної промисловості за рахунок зниження транспортних витрат на виробництво.

Передбачається необхідність зниження витрат, які пов'язані з перепростою вагонів на коліях промислового підприємства. Спостереження над дослідженням елементів обігу вантажних вагонів доводить, що більше, ніж у 50% випадків вагони на початкових і кінцевих станціях маршруту простоюють. Таким чином, оберт вагону збільшується, підвищуються перепростої під час очікування вагонів під операціями розвантаження та завантаження готової продукції, до якої відносяться: рулони гарячекатані, пачки гарячекатані, рулони холоднокатані, пачки холоднокатані. Тому дослідження в напрямку визначення раціонального часу знаходження приватних вагонів на металургійних комбінатах є актуальними.

Знаходження приватних вагонів на металургійному комбінаті залежить від багатьох факторів: розміщення станцій обслуговування, їх кількості та обладнання, тягового рухомого складу, який їх обслуговує, та його технічного стану. Тобто задача знаходження вагонів на комбінаті являється багатофакторною задачею. Тому постає завдання визначення раціонального часу знаходження приватних вагонів з врахуванням заходів, які будуть направлені на зменшення собівартості продукції, яка випускається комбінатом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останній час пильну увагу науковці та практики приділяють проблемі управління парком вантажних вагонів на металургійних підприємствах. Але більшість існуючих робіт сконцентровано на вдосконаленні вже існуючих методів та технологій управління рухомим складом. Існуючі методи планування не повністю вирішують питання раціонального розподілу вантажних вагонів різних операторів, що значно впливає на конкурентоспроможність готової продукції на сучасному ринку. Виходячи з цього, у роботах [1-2] доктора технічних наук Д.Н. Козаченко вирішення питання регулювання вагонопотоків на залізниці запропоновано на основі впровадження ефективних методів розподілу рухомого складу на базі сучасних інформаційних технологій з розробкою автоматизованих систем підтримки прийняття рішень на основі принципів ресурсозбереження.

Питанням управління рухомим складом на магістральних залізницях України присвячено багато праць доктора технічних наук Т.В. Бутько. У роботах [3-4] автор пропонує сформовану математичну модель у вигляді оптимізаційної задачі з цільовою функцією, яка формалізує технологічний процес управління парком вантажних вагонів операторських компаній.

Недосконалістю підходів до прийняття рішень для визначення ефективності розподілу рухомого складу, а саме з урахуванням наявності вагонів необхідної категорії придатності для перевезення заданої номенклатури вантажів та їх кількості, займається доктор технічних наук Д.В. Ломотько. У роботі [5] автор запропонував підходи до удосконалення автоматизованої системи для забезпечення вантажовласників транспортними засобами відповідно до їх заявок.

Доктор технічних наук В.К. Губенко вивчав застосування «жорсткої» системи управління

транспортної системи промислових підприємств в умовах існуючої динаміки ринку металургії. Автором запропонований механізм управління експлуатаційною готовністю вагонного парку металургійного підприємства в умовах динамічності ринку металургії [6].

Як правило, усі запропоновані вдосконалення управління з експлуатації вантажних вагонів пропонуються для рухомого складу магістральної залізничної дороги [7]. Отже, питання з удосконалення експлуатації вантажних вагонів різних операторів на коліях промислового підприємства вивчене недостатньо.

Метою дослідження є розроблення математичного апарату та визначення на його основі раціонального часу обслуговування і знаходження приватних вагонів на металургійному підприємстві з врахуванням штрафних санкцій. Задачі дослідження:

- 1) виконати аналіз наукових та практичних робіт (праць) у напрямку визначення раціонального часу знаходження вантажних вагонів на промислових підприємствах з урахуванням особливостей їхньої роботи;
- 2) поелементно дослідити та проаналізувати операції, які виконуються з вантажними вагонами на кожній станції металургійного підприємства;
- 3) скласти модель циклу прасування вагонів;
- 4) визначити «слабкі місця», які впливають на знаходження вантажного вагону зверху нормативу на коліях станцій металургійного підприємства.

Виклад основного матеріалу. Особливість знаходження рухомого складу, який прибув на комбінат з зовнішньої мережі, передбачає поетапне обслуговування вантажних вагонів на декількох станціях та передачу його знову в зовнішню мережу. При цьому виникає задача визначення доцільності зменшення часу обробки вантажних вагонів у середині підприємства з урахуванням переplate АТ «Укрзалізниця» за перепростої вагонів [8]. Для її вирішення необхідно визначити основні чинники, які впливають на перепростої вагонів за час їх перебування на комбінаті з моменту «входу» до моменту «виходу» з комбінату. Для цього треба увесь цикл прасування вагону розбити на етапи їх обробки, які необхідно розподілити поелементно на станціях з моменту прибуття на станцію до моменту їхнього відправлення зі станції.

Дане завдання будемо вирішувати за допомогою розробленої моделі.

Розглянемо обробку вагонів на металургійному комбінаті, який включає п'ять станцій, серед яких приймально-сортувальні та вантажні.

Цикл прасування вагону можна записати у вигляді моделі, цільова функція якої має вигляд:

$$F(\tau) = C_1 \cdot t_1(\tau_1) + C_2 \cdot t_2(\tau_2) + C_3 \cdot t_3(\tau_3) + C_4 \cdot t_4(\tau_4) + C_5 \cdot t_5(\tau_5) + \chi \cdot C_6(\tau_\Sigma) + C_7(\tau_\Sigma) \cdot (1 - \chi) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

- де t_1 – час, витрачений на операції з рухомим складом на станції 1, год;
 C_1 – витрати за користування на обробку вагонів на станції 1, грн;
 t_2 – час, витрачений на операції з рухомим складом на станції 2, год;
 C_2 – витрати за користування вагонами на станції 2, грн;
 t_3 – час, витрачений на вантажні операції у цехах вальцівки, год;
 C_3 – витрати за користування вагонами у цехах вальцівки, грн;
 t_4 – час, витрачений на операції з рухомим складом у цехах вальцівки, год;
 C_4 – витрати за користування вагонами, які закріпленні за цехом управління залізничним транспортом у цехах вальцівки, грн;
 t_5 – час, витрачений на операції з рухомим складом на станції 5, год;
 C_5 – витрати за користування вагонами, які формуються у потяг за відправленням на станцію 5, грн;
 $C_6(\tau_\Sigma)$ – функція плати за використання вагонів $T < 45$ год;
 $C_7(\tau_\Sigma)$ – функція плати за використання вагонів $T > 45$ год;

$$\chi - \text{булева змінна; } \chi = 1 \text{ якщо } \sum_{i=1}^5 t_i \leq T_{\text{норм}}; \chi = 0 \text{ якщо } \sum_{i=1}^5 t_i > T_{\text{норм}}.$$

Оскільки час, затрачений на виконання будь-яких операцій з вантажним вагоном, завжди буде більше нуля, існує обмеження моделі за часом. Мінімальний час знаходження вагону на комбінаті за технологічним процесом підприємства становить T_{\min} [9].

Цикл обробки вантажного вагона за станцією 1 розбивається на шість етапів. Перший

етап технологічного процесу включає у себе обробку та розформування составу, який прибуває з АТ «Укрзалізниця»; підбір вагонів за родом вантажа за призначенням вантажних фронтів. Другий етап технологічного процесу включає накопичення вагонів на сортувальних коліях станції й очікування подачі. Третій етап технологічного процесу включає подачу вагонів із сортувальних колій на вантажні фронти та розстановку за вантажними пунктами. Четвертий етап технологічного процесу включає вивантаження вагонів. П'ятий етап технологічного процесу включає забирання, виведення вагонів із вантажного фронту, розформування їх через сортувальний пристрій станції, очищення і надходження їх на сортувальні колії. Шостий етап технологічного процесу включає формування, перестановку у парку відправлення, обробку составу і відправлення поїзда зі станції.

Якщо всі ці етапи здійснюються на станції без затримки, згідно нормативу відведеному для цієї станції, тоді виконується наступний вираз, год:

$$t_1 = \sum_{i=1}^6 \tau_{1i} \Rightarrow T_{1норм}.$$

Загальні витрати на даній станції будуть визначені наступним виразом, грн:

$$C_1 = \sum_{i=1}^6 c_{1i} \cdot \tau_{1i}.$$

Далі, розглянемо цикл обробки вантажного вагона по станції 2, який розбивається на три етапи. Перший етап технологічного процесу включає у себе обробку та розформування составу, який прибуває; підбір «порожніх» вагонів за родом вантажа за призначенням вантажних фронтів у вальцівних цехах. Другий етап технологічного процесу включає накопичення вагонів на коліях станції й очікування подачі локомотиву. Третій етап технологічного процесу включає обробку составу і відправлення поїзда зі станції комбінату.

Якщо всі ці етапи здійснюються на станції без затримки, згідно нормативу відведеному для цієї станції, тоді виконується наступний вираз, год:

$$t_2 = \sum_{i=1}^3 \tau_{2i} \Rightarrow T_{2норм}.$$

Загальні витрати на даній станції будуть визначені наступним виразом, грн:

$$C_2 = \sum_{i=1}^3 c_{2i} \cdot \tau_{2i}.$$

Наступним етапом йде цикл обробки вантажного вагона на станціях у цехах вальцівки (станція 3, 4), які розбиваються на чотири етапи. Перший етап технологічного процесу включає у себе обробку та розформування составу, який прибуває, за родом вантажа за призначенням вантажних фронтів у вальцівних цехах. Другий етап технологічного процесу включає накопичення вагонів на коліях станції й очікування подачі їх під завантаження. Третій етап технологічного процесу включає завантаження вагонів металовальцюванням. Четвертий етап технологічного процесу включає забирання, виведення вагонів із вантажного фронту, формування составу, обробку составу і відправлення поїзда зі станції комбінату.

Якщо всі ці етапи здійснюються на станції без затримки, згідно нормативу відведеному для цієї станції, тоді виконується наступний вираз, год:

$$t_3 = \sum_{i=1}^4 \tau_{3i} \Rightarrow T_{норм};$$

$$t_4 = \sum_{i=4}^4 \tau_{4i} \Rightarrow T_{норм}.$$

Загальні витрати на даній станції будуть визначені наступним виразом, грн:

$$C_3 = \sum_{i=1}^4 c_{3i} \cdot \tau_{3i};$$

$$C_4 = \sum_{i=1}^4 c_{4i} \cdot \tau_{4i}$$

Заключною фазою буде цикл обробки вантажного вагона за станцією С-5, який розбивається на три етапи. Перший етап технологічного процесу включає у себе обробку составу, який

прибуває; подача вагонів до сортувального парку станції. Другий етап технологічного процесу включає накопичення вагонів на сортувальних коліях станції для формування поїзда. Третій етап технологічного процесу включає формування, перестановку у парку відправлення, обробку составу і відправлення поїзда зі станції комбінату на АТ «Укрзалізниця».

Якщо всі ці етапи здійснюються на станції без затримки, згідно нормативу відведеному для цієї станції, тоді виконується наступний вираз, год.:

$$t_5 = \sum_{i=1}^3 \tau_{5i} \Rightarrow T_{5норм}.$$

Загальні витрати на даній станції будуть визначені наступним виразом, грн:

$$C_5 = \sum_{i=1}^3 c_{5i} \cdot \tau_{5i}.$$

Якщо усі нормативні показники відрізняються від заданих, необхідно провести розрахунки за відхиленнями. Для цього введена булева змінна χ , яка приймає значення 1, якщо $\sum_{i=1}^{16} \tau_i > T_{норм}$, χ приймає значення 0, якщо $\sum_{i=1}^{16} \tau_i < T_{норм}$. У залежності від булевої величини виконуються розрахунки для показників, які не входять у нормативи: якщо не перевищує $C_6(\tau_\Sigma)$; якщо перевищує $C_7(\tau_\Sigma)$.

Згідно попередніх даних досліджень приймаємо, що при моделюванні для характеристики імовірнісних значень тривалості виконання робіт, пов'язаних з переробкою вагонів на сортувальних та вантажних станціях, можуть використовуватися різні закони розподілу: нормальний, логарифмічно-нормальний, гамма-розподіл, рівномірний, експоненціальний, тощо [10].

За попередніми даними АТ «Укрзалізниця» по часу та вартості від утримання вагонів на металургійному комбінаті вираз (1) можна записати у наступному виді:

$$F(\tau) = (3,1 \cdot 13,8) + (2,1 \cdot 2,4) + (3 \cdot 11,6) + (2,6 \cdot 8,4) + (2,36 \cdot 6,2) + \chi \cdot (2,39\tau - 0,55) + (1 - \chi) \cdot (42,4\tau - 1362,2) \Rightarrow \min.$$

Знайшовши оптимуми даної функції, бачимо, що розрахунки для показників, які не перевищують нормативи, складають: $C_6 = (0,1926\tau^2 - 1,7317\tau + 18,53) \cdot \chi$; і показників, які перевищують нормативи, складають: $C_7 = (42,221\tau - 1354) \cdot (1 - \chi)$. Дана умова виражена на рисунку 1.

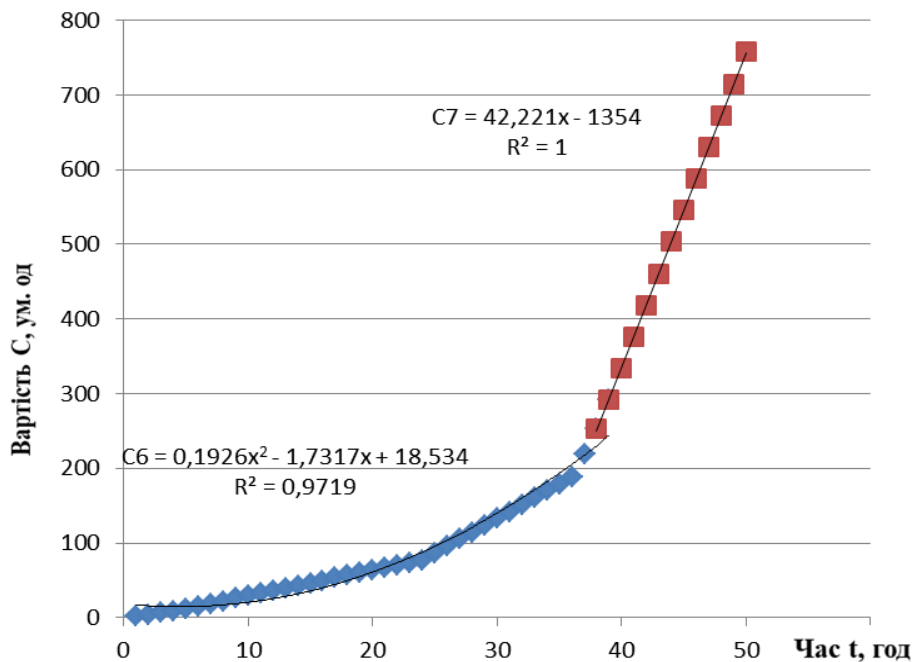


Рис. 1 – Ставки витрат по металургійному комбінату за користування приватними вантажними вагонами до 50 годин: ◆ C6 – вартість за нормативом; ■ C7 – вартість зверх нормативу

Згідно методології функціонально-вартісного аналізу певні технічні рішення повинні прийматися на основі загальних витрат виробництва та транспорту за одним циклом вантажо-переробки та їх сумарного значення за увесь обсяг. При цьому враховуються усі виробничі ресурси, задіяні у вантажопереробці, увесь обсяг транспортної роботи, який враховує технологічний час та тривалість простою вагону [11]. Дана умова виражена на рисунку 2.

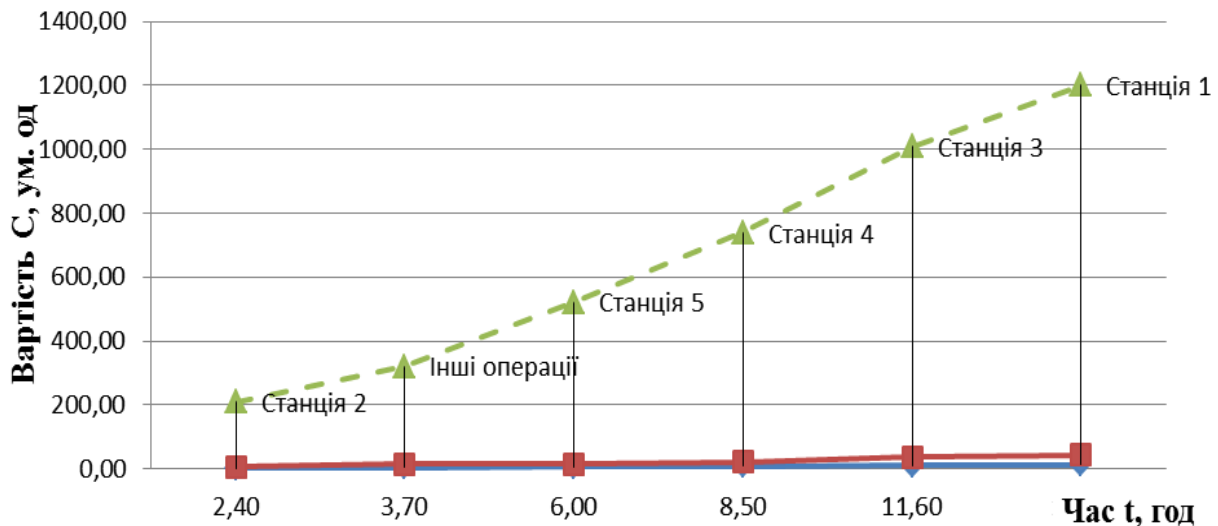


Рис. 2 – Розподіл витрат за приватний вантажний вагон по кожній станції металургійного підприємства: — ромб — витрати за вагон по кожній станції; — квадрат — знаходження вагонів по станції за нормативом; — трикутник — внутрішні витрати по станції

З діаграми видно, що вагон знаходиться на кожній станції згідно його нормативу і витрати за вагон значно відрізняються від витрат, які пов'язані з усіма виробничими ресурсами.

Виконані дослідження базуються на використанні методу математичної статистики для проведення аналізу основних експлуатаційних показників роботи транспорту металургійного комбінату, методу лінійної регресії у вигляді біваріативного нормального закону розподілу.

Висновки

На основі зробленого аналізу та отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1. Виконано аналіз наукових та практичних робіт провідних спеціалістів у даній галузі, який показав, що питання у напрямку визначення раціонального часу знаходження вантажних вагонів на коліях промислового підприємства висвітлене неповністю та потребує більш уважного поетапного розгляду.

2. Виконано поелементний аналіз операцій, що виконуються на кожній станції з вантажними вагонами, який показав, що всі операції розбиті на етапи. У свою чергу, якщо всі ці етапи здійснюються на станції без затримки, згідно нормативного показника для цієї станції, то загальна сума витраченого часу буде дворівнева або буде прагнути до нормативного показника.

3. Розроблена модель поетапного просування вагонів по кожній станції металургійного комбінату. За допомогою неї визначені «слабкі місця», які впливають на знаходження вантажного вагону зверх нормативу на коліях станцій металургійного підприємства. Встановлені (виявлені) причини, з яких виникають перепростої вагонів, а саме:

- тривалість технологічних операцій і міжопераційних простоїв залежить від обсягу роботи, потужності апаратів обслуговування, кількості маневрових локомотивів і технології розформування;

- тривалість накопичення й очікування подачі залежить від потужності призначення, величини і числа подач, кількості маневрових локомотивів та їх спеціалізації та завантаженості вантажного фронту;

- тривалість подачі і розстановки залежать від відстані, швидкості і величини подачі і ступеня розпорошеності подачі за пунктами; тривалість очікування і виконання цієї операції залежить від звільнення вантажного фронту попередньою подачею, кількості поданих вагонів і навантажувально-розвантажувальних механізмів;

- тривалість операцій на 5 етапі і простоїв залежить від числа вантажних пунктів вагонів, відстані, швидкості збирання, розформування і прямування по станційних коліях;

- тривалість операцій на 6 етапі і міжопераційних простоїв залежить від величини состава, числа і спеціалізації маневрових локомотивів, відстані і швидкості перестановки, потужності апаратів обслуговування у парку відправлення і системи забезпечення відправлення поїздів локомотивами і наявності вільної нитки графіка.

4. У подальшому доцільно зайнятися питаннями виявлених «слабких» місць в управлінні та експлуатації вантажних вагонів на конкретних станціях. Також необхідно приділити більше уваги не тільки питанням у роботі самої станції, а і взаємодії між станцією та цехом, який обслуговує дана станція.

Перелік використаних джерел:

1. Козаченко Д.Н. Проблемы стимулирования отправительской маршрутизации на железнодорожном транспорте / Д.Н. Козаченко // Вісник Східноукраїнського національного Університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 3 (192). – С. 207-211.
2. Козаченко Д.М. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіка / Д.М. Козаченко, Р.В. Вернигора, Р.Г. Коробйова // Залізничний транспорт України. – 2008. – № 4. – С. 18-20.
3. Бутько Т.В. Формалізація процесу управління парком вантажних вагонів операторських компаній / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 2 (3). – С. 55-58.
4. Formation of an automated technology of cargo transportation control on the direction / T. Butko, O. Kostiennikov, L. Parkhomenko, V. Prohorov, G. Bogomazowva // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2019. – Vol. 1, № 3 (97). – Pp. 6-13. – Mode of access: DOI: 10.15587/1729-4061.2019.156098.
5. Ломотько Д.В. Аналіз та удосконалення існуючих підходів до раціонального розподілу транспортних ресурсів / Д.В. Ломотько, А.О. Ковальов, О.В. Ковальова // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2015. – Вип. 156. – С. 45-47.
6. Губенко В.К. Общий курс промышленного транспорта : учебник для ВУЗов / В.К. Губенко, В.Э. Парунакян. – М. : Транспорт, 1994. – 199 с.
7. Investigation into the bimodal transportation process by modelling rail module states / O. Lavrukhin, V. Zapara, Y. Zapara, O. Shapatina, G. Bogomazova // Transport Problems. – 2017. – Vol. 12, iss. 2. – Pp. 99-112. – Mode of access: DOI: 10.20858/tp.2017.12.2.10.
8. Кирицева Е.В. Система планирования и управления порожними вагонопотоками на внутри-заводских перевозках / Ю.В. Гусев, Е.В. Кирицева // Scientific World Journal. – 2017. – Iss. 15, vol. 2. – С. 74-80.
9. Кирицева Е.В. Анализ продвижения внешнего вагонопотока в транспортной логистике металлургического предприятия / Е.В. Кирицева, Ю.В. Гусев // Modern engineering and innovative technologies. – 2019. – Iss. 8, part 1. – С. 79-85. – Mode of access: DOI: 10.30890/2567-5273.2019-08-01-015.
10. Кірицева О.В. Спрощена модель визначення слабких місць вагонопотоків металургійного комбінату / О.В. Кірицева, О.В. Клецька, М. Тимофеенко // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2020: 11 міжн. наук.-практ. конф. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2020. – С. 309-311.
11. Кірицева О.В. Підхід до визначення ефективних заходів підвищення якості роботи залізнич-

ного транспорту металургійного підприємства / О.В. Кірицева, О.В. Клецька, Г.Л. Новак // Енергоефективність на транспорті: міжн. наук.-практ. конф. (18-20 листопада 2020 р.; Харків). – С. 23-25.

References:

1. Kozachenko D.N. Problemy stimulirovaniia otpravitel'skoi marshrutizatsii na zheleznodorozhnom transporte [Problems of Incentives for Sender Routing in Railway Transport]. *Visnik Skhidnoukrains'kogo natsional'nogo Universitetu imeni Volodimira Dalia – Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 2013, no. 3 (192), pp. 207-211. (Rus.)
2. Kozachenko D.N., Vernigora R.V., Korobjova R.G. Programnij complex dlja imitacijnogo modejuvannjarobotizalznichnih stancij na osnovs dobovogo planu-grafika [Software package for simulation of railway stations based on a daily schedule]. *Zalznichnj transport Ukraine – Railway transport of Ukraine*, 2008, no. 4, pp. 18-20. (Ukr.)
3. Butko T.V., Shander O.E. Formalizacija procesu upravlinnja parkom vantazhnih vagoniv operatorskih kompanij [Formalization of the process of fleet management of freight cars of operating companies]. *Vostochno-Evropskii zhurnal peredovykh tekhnologii – Eastern-European of journal of enterprise technologies*, 2014, no. 2 (3), pp. 55-58. (Ukr.)
4. Butko T., Kostienikov O., Parkhomenko L., Prohorov V., Bogomazova G. Formation of of an automated technology of cargo transportation control on the direction. *Eastern – European of journal of enterprise technologies*, 2019, vol. 1, no. 3 (97), pp. 6-13. doi: **10.15587/1729-4061.2019.156098**.
5. Lomotko D.V., Kovalov A.O., Kovalova O.V. Analis ta udoskonalennja isnujuchih pidhodiv do rnear rational allocation of transport resources [Analysis and improvement of existing approaches to the rational allocation of transport resources]. *Zbirnik naukovikh prats' Ukraïns'kogo derzhavnogo universitetu zalznichnogo transportu – Collected scientific works of Ukrainian state university of railway transport*, 2015, iss. 156, pp. 45-47. (Ukr.)
6. Gubenko V.K., Parunakjan V.E. *Obshij kurs promishlennogo transporta: uchebnik dlja vuzov* [General course of industrial transport: textbook for universities]. Moscow, Transport Publ., 1994. 199 p. (Rus.)
7. Lavrukhin O., Zapara V., Zapara Y., Shapatina O., Bogomazova G. Investigation of into the bimodal transportation process by modelling rail module states. *Transport Problems*, 2017, vol. 12, iss. 2, pp. 99-112. doi: **10.20858/tp.2017.12.2.10**.
8. Kiriceva E.V., Gusev Ju.V. Sistema planirovanija i upravlennja porozhnimi vagonopotokami na vnutrizavodskih perevozkah [Planning and management system for empty car flows in intra-plant transportation]. *Scientific World Journal*, 2017, iss. 15, vol. 2, pp. 74-80. (Rus.)
9. Kiriceva E.V., Gusev Ju.V. Analiz prodvizhenija vneshnego vagonopotoka v transportnoj logistike metalurgicheskogo predprijatija [Analysis of the promotion of external railcar traffic in the transport logistics of a metallurgical enterprise]. *Modern of engineering and innovative technologies*, 2019, iss. 8, pp. 79-85. doi: **10.30890/2567-5273.2019-08-01-015**. (Rus.)
10. Kiriceva E.V., Kletska O.V., Timofeenko M. Sproshchena model' viznachennia slabkikh mist's vagonopotokiv metalurgijnogo kombinatu. *Materiali 11 mizhn. nauk.-prakt. konf. «Suchasni energetichni ustanovki na transporti, tekhnologii ta obladnannia dlja ikh obslugovuvannia»* [Simplified model for determining the weak points of car flows of the metallurgical plant. Proceedings of 11-th Int. Sci.-pract. conf. «Modern power plants for transport, technologies and equipment for their maintenance»]. Kherson, 2020, pp. 309-311. (Ukr.)
11. Kiriceva E.V., Kletska O.V., Novak G.L. Pidhid do viznachennja effektivnih zahodiv pidvichennja jakosti roboti zalznichnogo transportu metalurgijnogo pidprijemstva. *Materiali Mizhn. nauk.-prakt. konf. «Energoefektivnist' na transporti»* [Proceedings of the Int. Sci.-pract. conf. «Energy efficiency in transport»]. Kharkiv, 2020, pp. 23-25.

Рецензент: А.П. Фалендиш
д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 13.10.2020