

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (275)

УДК 656.223.2

СПРОЩЕНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄКТА МЕТАЛУРГІЙНОГО КОМБІНАТУ ДЛЯ РОЗРОБКИ ЗАХОДІВ ІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Асист. О. В. Кіріцева, кандидати техн. наук О. В. Клецька, А. О. Лямзін,
д-р техн. наук А. П. Фалендиш

SIMPLIFIED APPROACH OF DETERMINATION OF THE MEASURE TO INCREASE THE EFFICIENCY OF RAILWAY TRANSPORT OF THE METALLURGICAL PLANT

Assistant O. V. Kiritseva, PhD (Tech.) O. V. Kletska, PhD (Tech.) A. O. Lyamzin,
D. Sc. (Tech.) A.P. Falendysh

Анотація. У статті запропоновано підхід до визначення заходу з підвищення ефективності роботи залізничного транспорту металургійного комбінату. Він базується на підходах науки управління та методів лінійного програмування. Алгоритм визначення раціонального засобу розподілу дефіцитних ресурсів за наявності конкуруючих потреб передбачає п'ять етапів розрахунків. На основі цього підходу визначено заходи з підвищення ефективності роботи залізничного транспорту металургійного комбінату. Для цього розглянуто роботу залізничного цеху металургійного підприємства, а саме, визначено оберт вантажних вагонів різних власників та час їх перебування на заводських коліях.

Ключові слова: вантажні операції, оберт вагона, модель науки управління, модель лінійного програмування.

Abstract. The article proposes the approach for determining the measure to increase the efficiency of railway transport of the metallurgical plant. The analysis of scientific and normative works on the efficiency of railway transport at industrial enterprises showed that this issue is not fully covered and requires more detailed study.

The work of the railway shop of the metallurgical enterprise is considered, namely, the turnover off right cars of different owners and the time of their stay on the factory tracks are determined. An analysis of statistical data was made, which showed that the time difference between the standard set at the enterprise and the actual time of stay of the freight car at the plant has a large discrepancy. This requires spending additional funds for the use of cars of different owners.

For this purpose, a model for determining measures to minimize costs at the metallurgical enterprise was developed. The algorithm for its solution involves five stages of calculations. It is based on the model of managements science, which is presented as the approach of linear programming to determine the optimal means of allocating scarce resources in the presence of competing needs.

Calculations were made, thanks to which the first stage of development of the model for determining the measure to improve the performance of railway transport was performed and the indicators that characterize it were determined.

The total time of rolling stock at the enterprise is determined. Based on this, it is established that it is necessary to separate from the total time the time spent at each station according to the operations performed with the cars. Costs are determined operationally due to the received analysis of the stay and turnover of the freight car at the metallurgical enterprise.

Installed stations, which are the most time-consuming freight cars, is there is an excess of payment for the down time of cars at these stations. Based on this, it was decided that it is necessary to study in more detail the operations performed with cars at these stations and to identify "weaknesses" in the turnover of the freight car at the metallurgical enterprise.

Keywords: freight operations, car rotation, model of control science, model of linear programming.

Вступ. Вагомою ланкою технологічного процесу металургійного виробництва є організаційна система вагонопотоків. Дійсна система організації вагонопотоків ґрунтується на засадах планової економіки за умов монотонного й постійного зростання вагонопотоків. При цьому спрацьовує концепція плану формування потягів. Проте сьогодні з послідовним набуттям українською економікою ринкових ознак, під впливом численних внутрішніх і зовнішніх чинників існуюча система діє в межах коливань вагонопотоків. Аналіз часових показників обсягів перевезень довів, що вони є фактично не прогнозованими. Це приводить до падіння ефективності роботи системи організації вагонопотоків через відсутність діючих механізмів пристосування до змін обсягів вагонопотоків на сортувальних станціях металургійного комбінату.

Дослідження елементів оборту вантажних вагонів на підприємстві доводить, що більше ніж у 50 % випадків вагони простоюють на коліях металургійного підприємства понад нормативний час, який відведено для перебування вантажних вагонів на підприємстві. Через це постійно відбувається прострочення часу доставки вантажу, можливий фінансовий ризик (виплата штрафу), збільшення плати за користування вантажних вагонів різних

операторів на коліях металургійного комбінату. Саме тому основною проблемою є виявлення причин та ризиків, які призводять до цих наслідків. Тому існує проблема мінімізації витрат металургійного комбінату, які сплачуються за перебування вантажних вагонів різних операторів на його коліях.

Предметом дослідження в роботі є методи та моделі визначення об'єкта металургійного комбінату для підвищення ефективності роботи його залізничного транспорту.

Об'єктом дослідження є робота залізничного транспорту металургійного комбінату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення ефективності функціонування промислового транспорту є актуальною і важливою проблемою повсякдень. Цьому питанню приділяли значну увагу вчені Приазовського державного технічного університету під керівництвом В. Е. Парунакяна та В. К. Губенка. У своїх роботах вони розглядали питання організації і технології роботи промислового залізничного транспорту металургійного виробництва у транспортно-вантажному комплексі вивантаження металопродукції на основі логістики та економічних показників з транспортного процесу [1, 2]. Ними запропоновано використовувати вагоно-

операцію як вимірювач транспортної роботи для умов промислового транспорту.

Загальні принципи будови та методи вирішення багатьох завдань управління на магістральних залізницях України, які відображають специфічні особливості взаємодії з промисловим залізничним транспортом, досліджено у роботах І. М. Мілецької [3] та Т. В. Бутько з Українського державного університету залізничного транспорту [4]. Також у роботах Т. В. Бутько і О. Е. Шандера сформовано математичну модель, яка формалізує технологічний процес управління парком вантажних вагонів операторських компаній у вигляді оптимізаційної задачі з цільовою функцією, яку надано у вигляді сумарних експлуатаційних витрат за період планування, та системи обмежень технічних і технологічних умов [5]. У праці [6] запропоновано програмне забезпечення, яке дає змогу отримувати рішення у формі оперативного плану. Цей план забезпечує синхронізацію процесу перевезення для залізничної мережевої підсистеми, яка має складну топологію.

У роботах Д. М. Козаченко з Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна наведено описання імітаційної моделі залізничної станції, що дає змогу визначити її техніко-експлуатаційні показники. Подано програмний комплекс, який забезпечує підготовку вихідних даних для моделювання в автоматизованому режимі та виконує моделювання роботи станції під управлінням людини [7].

Питаннями експлуатаційно-технічних показників технологічних перевезень металургійного підприємства, виконаних за контактними (організаційними) графіками та відмічених необхідністю переходу на більш ефективні форми взаємодії виробництва і транспорту, займалися А. Т. Попов [8, 9] та О. В. Вороніна з Липецького державного технічного університету [10].

Проте наукових праць щодо спрощеного вибору заходу з підвищення ефективності роботи залізничного транспорту металургійного комбінату, який враховував би особливості конкретного комбінату, недостатньо.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою роботи є розробка підходу до визначення об'єкта металургійного комбінату для розробки заходів із мінімізації витрат на оберт вагона, який знаходиться на ньому.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз наукових та нормативних праць щодо ефективності роботи залізничного транспорту на промислових підприємствах;

- розробити спрощений алгоритм визначення об'єкта металургійного комбінату для розробки заходів із підвищення ефективності роботи залізничного транспорту;

- визначити загальний час перебування рухомого складу на підприємстві та відокремити його по кожній станції згідно з операціями, які виконуються з вагонами;

- визначити витрати поопераційно виходячи з отриманого аналізу перебування та обертів вантажного вагона на металургійному підприємстві;

- визначити найбільш збитковий об'єкт металургійного комбінату та запропонувати заходи з підвищення ефективності роботи його залізничного транспорту.

Основна частина дослідження. На металургійному комбінаті, як показує практика, вагони перебувають понад нормативний час, що призводить до збільшення плати за їх використання, а також до нарахування штрафних санкцій за несвоєчасне виконання умов договору. Все це у свою чергу позначається на економічних показниках підприємства, підвищує собівартість його продукції та знижує прибуток, чим значно погіршує його конкурентоспроможність. При цьому

частка транспортних та логістичних витрат у вартості готової продукції підприємства висока.

Усе це вказує на те, що система з організації експлуатаційної роботи залізничного рухомого складу, яка існує зараз на підприємстві, малоефективна і потребує оптимізації на основі запропонованих заходів [11]. Але перш ніж впроваджувати будь-який захід, необхідно його вибрати та обґрунтувати.

Для пошуку ефективного методу розв'язання завдання підвищення ефективності роботи залізничного транспорту промислових підприємств шляхом визначення найбільш затратного об'єкта комбінату був зроблений аналіз, який показав, що існує багато підходів для його вирішення. Це використання методів штучних нейронних мереж, методів теорії

графів, спеціального евристичного алгоритму, NSGA-III та інших, які потребують великої кількості інформації за тривалий період роботи. Але через обмеженість вихідних даних, які можна отримати на підприємстві, для визначення об'єкта для розробки заходу з підвищення ефективності роботи залізничного транспорту пропонується наступний спрощений підхід.

На першому етапі розрахунків складається модель операцій, які виконуються з рухомих складом за час його перебування на коліях металургійного комбінату, та визначаються основні показники, що його характеризують [12].

Розглянемо металургійний комбінат, схему залізничних сполучень якого подано на рис. 1.

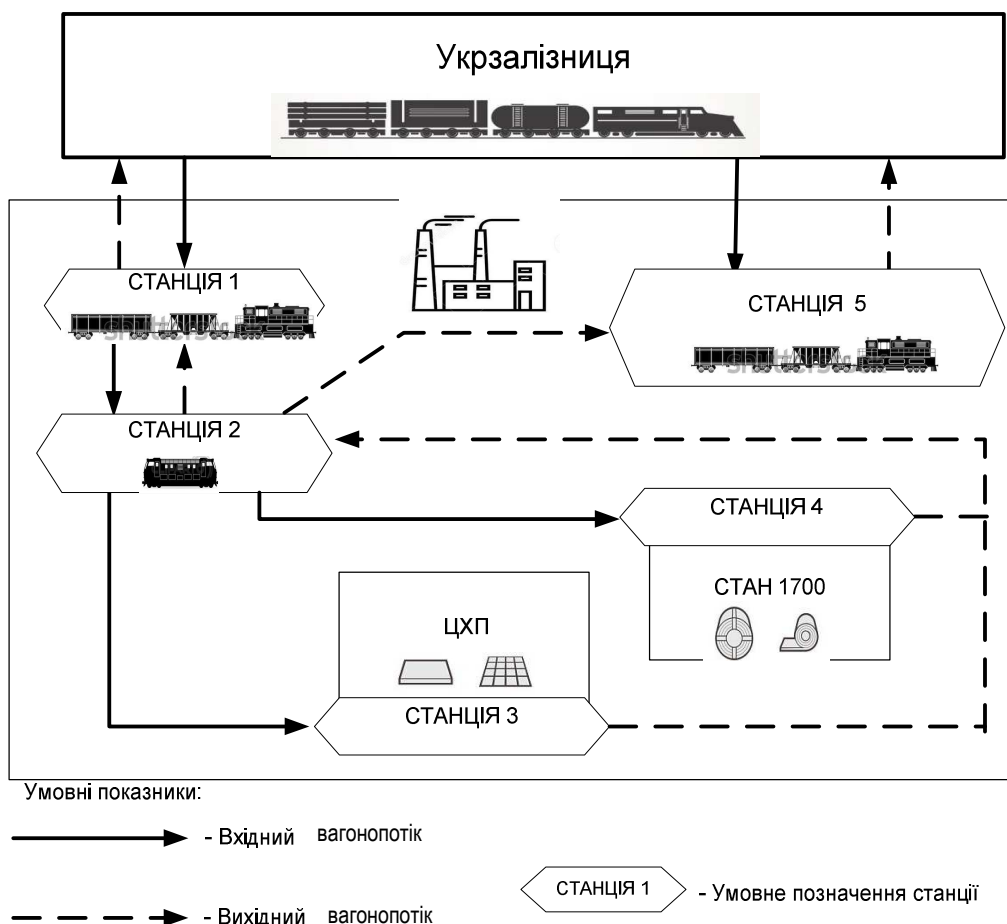


Рис. 1. Схема залізничних сполучень металургійного комбінату

Оскільки масиви інформації, які можуть бути отримані від комбінату, являють собою лінійні залежності, то поставлене завдання можна вирішити з використанням підходів науки управління та методів лінійного програмування. Завдяки їм можливо визначення раціонального засобу розподілу дефіцитних ресурсів при наявності конкуруючих потреб. У даному випадку як розподіл дефіцитних ресурсів виступають існуючі операції, які виконуються з рухомих складом або окремо з вантажним вагоном за час обертю на коліях металургійного підприємства та витрат на ці операції. Необхідно враховувати, що, згідно з договором між промисловими підприємствами та Укрзалізницею, час перебування рухомого складу Укрзалізниці на підприємстві за нормативом становить $T_{норм}$.

На другому етапі визначаємо час перебування рухомого складу на

металургійному комбінаті. Загальний час його перебування τ на підприємстві можна визначити за формулою, хв,

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5, \quad (1)$$

де τ_1 – час, витрачений на операції з рухомих складом на станції 1, хв;

τ_2 – час, витрачений на операції з рухомих складом на станції 2, хв;

τ_3 – час, витрачений на вантажні операції у цехах вальцівки, хв;

τ_4 – час, витрачений на операції з рухомих складом у цехах вальцівки, хв;

τ_5 – час, витрачений на операції з рухомих складом на станції 5, хв.

Час, який витрачено на обробку рухомого складу по станції 1, визначаємо за формулою, хв,

$$\tau_1 = \tau_{11} + \tau_{12} + \tau_{13} + \tau_{14} + \tau_{15} + \tau_{16} + \tau_{17} + \tau_{18} + \tau_{19} + \tau_{1.10} + \tau_{1.11} + \tau_{1.12} + \tau_{1.13} + \tau_{1.14} + \tau_{1.15} + \tau_{1.16} + \tau_{1.17} + \tau_{1.18} + \tau_{1.19} + \tau_{1.20} + \tau_{1.21}, \quad (2)$$

де τ_{11} – час прибуття рухомого складу на станцію 1, хв;

τ_{12} – час обробки вагонниками рухомого складу, хв;

τ_{13} – час технічної обробки, хв;

τ_{14} – час відчеплення локомотива Укрзалізниці, хв;

τ_{15} – час причеплення місцевого локомотива металургійного комбінату, хв;

τ_{16} – час насування на вагоноперекидач, хв;

τ_{17} – час відчеплення локомотива, хв;

τ_{18} – час розгальмування та розчеплення кожного вагона, хв;

τ_{19} – час заїзду під вагони вагоноштовхача, хв;

$\tau_{1.10}$ – час подачі на вагоноперекидач, хв;

$\tau_{1.11}$ – час на розвантаження, хв;

$\tau_{1.12}$ – час після розвантаження вагона, який спрямовується у підгірку вагоноперекидача, хв;

$\tau_{1.13}$ – час обробки розвантажених вагонів вагонниками, хв;

$\tau_{1.14}$ – час заїзду локомотива, хв;

$\tau_{1.15}$ – час на затування рухомого складу на колії очищення, хв;

$\tau_{1.16}$ – час на спорожнення порожніх вагонів, хв;

$\tau_{1.17}$ – час на заїзд тепловоза, хв;

$\tau_{1.18}$ – час на виштовхування вагонів локомотивом до сортувального парку, хв;

$\tau_{1.19}$ – час на відчеплення локомотива від рухомого складу, хв;

$\tau_{1.20}$ – час на заїзд другого тепловоза під рухомий склад, хв;

$\tau_{1.21}$ – час на заїзд тепловоза під рухомий склад та рух потяга на станцію 2, хв.

Час, який витрачено на обробку рухомого складу по станції 2, визначаємо за формулою, хв,

$$\tau_2 = \tau_{21} + \tau_{22} + \tau_{23} + \tau_{24}, \quad (3)$$

де τ_{21} – час на обробку потяга після прибуття на станцію 2, хв;

τ_{22} – час на відчеплення локомотива, хв;

τ_{23} – час на сортування вагонів за заявкою вальцівних цехів та формування подач, хв;

τ_{24} – час на заїзд тепловоза станції 3 та переміщення вагонів на станцію вальцівки, хв.

Час, який витрачено на обробку рухомого складу по станції 3, визначаємо за формулою, хв,

$$\tau_3 = \tau_{31} + \tau_{32} + \tau_{33} + \tau_{34} + \tau_{35}, \quad (4)$$

де τ_{31} – час на розстановку на колії навантаження у цеху, хв;

τ_{32} – час на оформлення документів після прибуття у цехи, хв;

τ_{33} – час очікування навантаження, хв;

τ_{34} – час навантаження, хв;

τ_{35} – час на оформлення документів на відправлення у цехах.

Час, який витрачено на обробку рухомого складу по станції 4, визначаємо за формулою, хв,

$$\tau_4 = \tau_{41} + \tau_{42} + \tau_{43} + \tau_{44} + \tau_{45} + \tau_{46} + \tau_{47} + \tau_{48} + \tau_{49} + \tau_{4.10}, \quad (5)$$

де τ_{41} – час на обробку рухомого складу після прибуття у цехи вальцівки, хв;

τ_{42} – час очікування подачі вагонів на вантажні fronti, хв;

τ_{43} – час, використаний на подачу вагонів, хв;

τ_{44} – час на розстановку вагонів на вантажні fronti, хв;

τ_{45} – час очікування забору вагонів з вантажних фронтів у цехах вальцівки, хв;

τ_{46} – час забору вагонів з вантажних фронтів у цехах вальцівки, хв;

τ_{47} – час накопичення вагонів на коліях у приймально-відправному парку, хв;

τ_{48} – час обробки рухомого складу, хв;

τ_{49} – час очікування відправлення потяга на станції 5, хв;

$\tau_{4.10}$ – час на відправлення потяга зі станції 2, хв.

Час, який витрачено на обробку рухомого складу по станції 5, визначаємо за формулою, хв,

$$\tau_5 = \tau_{51} + \tau_{52} + \tau_{53} + \tau_{54} + \tau_{55}, \quad (6)$$

де τ_{51} – час прибуття потяга на станцію 5, хв;

τ_{52} – час на відчеплення локомотива, хв;

τ_{53} – час на обробку вагонів вантажниками, хв;

τ_{54} – час на обробку вагонів вагонниками, хв;

τ_{55} – час насування локомотивом Укрзалізниці, хв.

Другим важливим показником є витрати на операції (С), які виконуються з вагонами на комбінаті. Визначення цих витрат виконується на третьому етапі і розрахунки виконуються за формулою, грн,

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5, \quad (7)$$

де C_1 – витрати за користування на обробку вагонів на станції 1, грн;

C_2 – витрати за користування вагонами на станції 2, грн;

C_3 – витрати за користування вагонами у цехах вальцівки, грн;

C_4 – витрати за користування вагонами, які закріплені за цехом управління залізничним транспортом у цехах вальцівки, грн;

C_5 – витрати за користування вагонами, які формуються у потяг за відправленням на станцію 5, грн.

Витрати за кожним цехом визначаються за такими формулами, грн,

$$C_1 = C_{\epsilon 1} * n_{\text{вагонів}}, \quad (8)$$

$$C_2 = C_{\epsilon 2} * n_{\text{вагонів}}, \quad (9)$$

$$C_3 = C_{\epsilon 3} * n_{\text{вагонів}}, \quad (10)$$

$$C_4 = C_{\epsilon 4} * n_{\text{вагонів}}, \quad (11)$$

$$C_5 = C_{\epsilon 5} * n_{\text{вагонів}}. \quad (12)$$

де $C_{\epsilon 1} \dots C_{\epsilon n}$ – витрати на операції за одним вагоном на відповідній станції, грн.

На четвертому етапі пропонується використовувати питомий коефіцієнт, який являє собою часові витрати на операції, що виконуються з вагонами на комбінаті (τ) та розраховуються за формулою, умов. од.:

$$C_{\tau i} = \frac{\tau_i}{c_i}. \quad (13)$$

Розроблений підхід реалізований на одному із найбільших промислових підприємств Приазов'я. Був зібраний статистичний масив даних щодо роботи підприємства за два роки. На основі оброблених даних була побудована діаграма порівняльного аналізу фактичного та нормативного часу перебування вагонів на виробничому комбінаті (рис. 2).

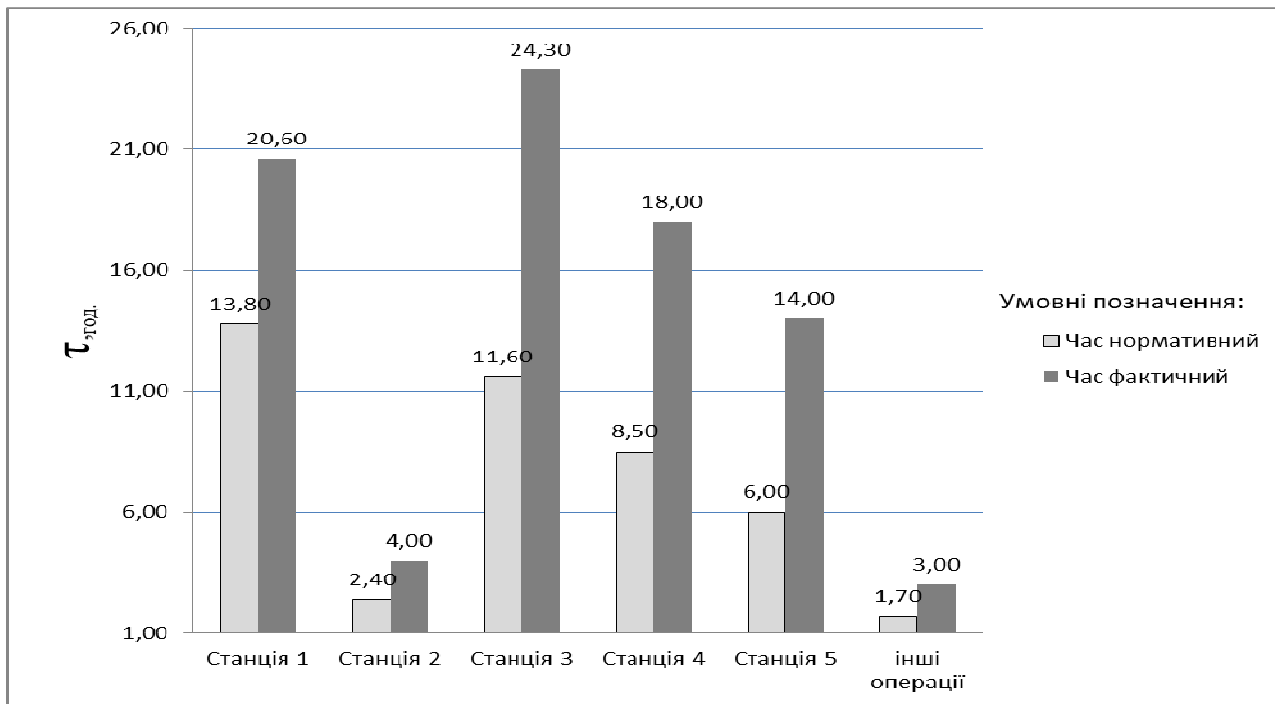


Рис. 2. Діаграма порівняльного аналізу фактичного та нормативного часу перебування вагонів на виробничому комбінаті

На даній діаграмі подано часові показники у часовому співвідношенні перебування вагонів за певними операціями, згідно з нормативом, закріпленим підприємством, та фактичні часові показники.

Так, на основі зібраних статистичних даних було зроблено аналіз перебування та оборту вантажного вагона на металургійному підприємстві. Він показав, що приблизно 42 % від загального часу оборту вагона становить перебування його на станціях виконання вантажних операцій (станція 1, станція 3, станція 4). Також до 50 % зазначеного часу вагони магістрального транспорту перебувають на коліях станцій прибуття та відправлення.

На основі оброблених даних була побудована діаграма порівняльного аналізу фактичних та нормативних витрат за перебуванням вагонів на металургійному комбінаті, зображених в умовних одиницях (рис. 3).

Таким чином, діаграма відображає витрати по кожній станції. На підставі цього можна зробити висновок, що найбільші витрати припадають на станції 1, 3 та 4.

Зробивши поелементний аналіз, можна узагальнити отримані результати за часовими відхиленнями та витратами на ці відхилення від норми (таблиця).

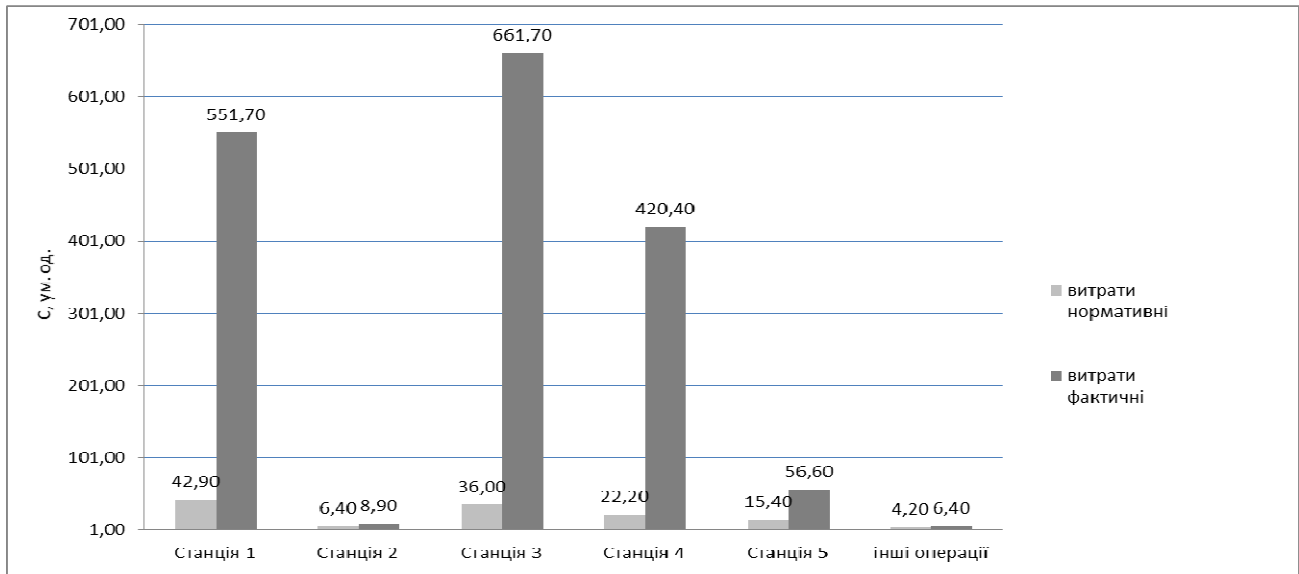


Рис. 3. Діаграма порівняльного аналізу фактичних та нормативних витрат за вагон

Таблиця

Показники перебування вагонів за часом та витратами поелементно

Найменування станцій	τ_i , год	C_i , умов. од.	$C_f - C_n$, умов. од.	C_i/τ_i
Станція 1	26,6	551,7	508,8	20,74
Станція 2	4,0	89,0	2,5	22,25
Станція 3	28,0	714,4	625,7	25,51
Станція 4	24,0	661,7	398,2	27,57
Станція 5	8,0	100,2	41,2	12,52
Інші операції	3,0	6,4	2,2	2,1

Як показують дані, середні простой вагонів коливаються залежно від станції, на якій вони перебувають. Були розраховані питомі показники по кожній станції. Із таблиці видно, що найбільші питомі витрати припадають на станцію 3 та станцію 4.

Поставлене у статті завдання було вирішено із застосуванням сучасних методів математичного моделювання. Виконані дослідження функціонування залізничного промислового транспорту базуються на процедурі аналізу зібраних статистичних даних залізничних перевезень і математичної статистики.

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів базуються на

правильному використанні методів математичної статистики під час обробки статистичної інформації при виконанні аналізу основних експлуатаційних показників роботи вантажних станцій комбінату.

Проведений аналіз дає підставу вважати, що необхідно детальніше вивчати операції, які виконуються з вагонами на цих станціях, та виявляти «вузькі або слабкі» місця в оберті вантажного вагона.

Узагальнено можна сформулювати причини, які впливають на дану ситуацію. До них можна віднести: невідповідність існуючої технології на підприємстві, технічного оснащення залізничного транспорту; організація взаємодії з магістральним транспортом, яка

продиктована новими ринковими умовами роботи з рухомим складом приватних операторів.

Розробка необхідних заходів буде сприяти виявленню факторів, які впливають на перепростої вагонів, оцінюванню ступеня їх впливу та побудові функціональних залежностей тривалості операцій від факторів, які піддаються управлінню, регулюванню або іншому впливу тощо [13].

У результаті експертного аналізу пропонуються такі основні заходи, які направлені на підвищення ефективності роботи залізничного транспорту комбінату:

- для станції 1 необхідна наявність вільних колій у приймально-відправному парку, наявність вільних колій у сортувальному парку, наявність додаткового локомотива, зменшення часу на обробку сертифікатів та проведення митного огляду;

- для станцій 3, 4 необхідно виключити подачу неочищених вагонів з інших станцій для навантаження готовою продукцією; розподіляти процес відвантаження готової продукції на декілька видів операцій, враховуючи їх різноманітність та специфіку; наявність додаткового маневрового локомотива.

Висновки

1. Зроблено аналіз робіт провідних спеціалістів, який показав, що дане питання освітлено неповністю та потребує детальнішого розгляду.

2. Розроблений підхід до визначення об'єкта металургійного комбінату для розробки заходів із підвищення ефективності роботи залізничного транспорту.

3. Складено модель операцій, які виконуються з рухомим складом за час перебування на металургійному підприємстві. Визначено основні показники, які його характеризують.

4. Визначено та проаналізовано загальний час перебування вагона на

комбінаті. Розглянуто час поопераційно на кожній станції окремо. Порівняльний аналіз часу між нормативом, закріпленим на підприємстві, та фактичним показником дав змогу встановити, що приблизно 42 % від загального часу оборту вагона становить перебування його на станціях виконання вантажних операцій (станція 1, станція 3, станція 4). Встановлено, що до 50 % зазначеного часу вагони магістрального транспорту перебувають на коліях станцій прибуття та відправлення.

5. Визначено загальні витрати за перебування вагона на підприємстві. Загальні витрати за вагон розглянуто поопераційно на кожній станції. Зроблено порівняльний аналіз нормативної та фактичної плати за використання вагонів. Він показав, що приблизно найбільші витрати припадають на цехи вальцівки, які складають приблизно 60 % від загальних витрат за вагон. Таким чином, проведений аналіз дає підставу вважати, що необхідно детальніше розглядати операції, які виконуються з вагонами на цих станціях, та виявляти «слабкі» місця в оборті вантажного вагона.

6. Визначили об'єкт металургійного комбінату, який впливає на зменшення ефективності роботи залізничного транспорту. Встановили, що найбільші витрати, які пов'язані з перепростою вагонів понад норматив, виявлені на станціях 3 та 4. Одним із ефективних способів зниження витрат за користування вагонами є скорочення часових простоїв між операціями, які виконуються на вантажних станціях.

7. У подальшому необхідно розробити моделі та методи, які визначають оптимальну систему управління розподілу вагонів і локомотивів під вантажно-розвантажувальними операціями.

Список використаних джерел

1. Губенко В. К., Парунакян В. Э. Общий курс промышленного транспорта: учеб. для вузов. Москва: Транспорт, 1994. 199 с.
2. Парунакян В. Э., Бойко В. А. Методика оценки перерабатывающей мощности грузовой железнодорожной станции промышленного предприятия. Ч. 1. *Вісник Приаз. держ. техн. унів.*: зб. наук. праць. Маріуполь, 2007. Вип. 17. С. 193–197.
3. Мілецька І. М. Дослідження показників вантажної роботи на місцях незагального користування в умовах підприємства Д. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2010. Вип. 118. С. 220–225.
4. Бутко Т. В., Ляшко О. В. Формалізація технології роботи залізничної станції з під'їзною колією на основі методів логістики. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2012. Вип. 133. С. 63–69.
5. Бутко Т. В., Шандер О. Е. Формалізація процесу управління парком вантажних вагонів операторських компаній. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. № 2(3). С. 55–58.
6. Butko T., Prokhorov V., Kalashnikova T., Riabushka Y. Procedia Organization of railway freight short-haul transportation on the basis of logistic approaches. *Computer Science*. 2019. 149. P. 102–109.
7. Козаченко Д. М., Вернигора Р. В., Коробйова Р. Г. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіка. *Залізничний транспорт України*. 2008. № 4. С. 18–20.
8. Попов А. Т. Оптимизация взаимодействия технологического железнодорожного транспорта и производства: (на примере металлургического комбината: дис... канд. техн. наук: 05.22.12 / Попов Алексей Тимофеевич. Москва, 1984. 235 с.
9. Попов А. Т., Котова И. В. Оптимизация структуры парка подвижного состава для отгрузки металлопродукции в условиях динамики производства и оборота вагонов по внешней сети. *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2011. № 1. С. 75–81.
10. Попов А. Т., Воронина О. В. Проблемы существующей организации внутризаводских перевозок в условиях металлургического комбината. *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2014. № 5. С. 29–37.
11. Кирицева Е. В., Маслак А. В. Исследование процесса переработки вагонопотоков районной станции металлургического предприятия. *Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту*. Серія: Технічні науки: зб. наук. праць. 2015. Вип. 31. С. 221–227.
12. Кіріцева О. В., Клецька О. В., Тимофеенко М. Ю. Спрощена модель визначення слабких місць вагонопотоків металургійного комбінату. 11 Міжнародна науково-практична конференція: Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2020. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2020. С. 309–311.
13. Кіріцева О. В., Клецька О. В., Новак Г. Л. Підхід до визначення ефективних заходів підвищення якості роботи залізничного транспорту металургійного підприємства. Міжнародна науково-практична конференція: Енергоефективність на транспорті (18-20 листопада 2020 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2020. С. 23–25.

Кіріцева Олена Вікторівна, асистент кафедри транспортних технологій підприємств ДВНЗ Приазовського державного технічного університету. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2481-5883>. Тел.: 0672894661. E-mail: evkiritseva@gmail.com.

Клецька Ольга Віталіївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних технологій підприємств ДВНЗ Приазовського державного технічного університету. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4682-860X>.

Тел.: 0957466579. E-mail: gurao@ukr.net.

Лямзін Андрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ Приазовського державного технічного університету. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6964-845X>. Тел.: 0961330839. E-mail: alyamzin7791@gmail.com.

Фалендиш Анатолій Петрович, доктор технічних наук, професор кафедри транспортних технологій підприємств ДВНЗ Приазовського державного технічного університету. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3602-7945>. Тел.: 0503032039. E-mail: fap_hiit@ukr.net.

Kiritseva Elena, assistant Professor of transport technologies of the enterprises of state University Pryazovskyi state technical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2481-5883>. Phone: 0672894661.
E-mail: evkiritseva@gmail.com.

Kletska Olha, PhD (Tech), associate Professor of the Department of transport technologies of enterprises of the Azov state technical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4682-860X>. Phone: 0957466579.
E-mail: gurao@ukr.net.

Lyamzin Andrey, PhD (Tech), associate Professor of the Department of transport technologies of enterprises of the Azov state technical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6964-845X>. Phone: 0961330839.
E-mail: alyamzin7791@gmail.com.

Falendysh Anatoliy, Dr. Sc. (Tech), Professor of the Department of transport technologies of enterprises of the Pryazovsky state technical University. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3602-7945>. Phone: 0503032039.
E-mail: fap_hiit@ukr.net.

Статтю прийнято 20.11.2020 р.