УДК 656.21:681.3 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.162.2016.78448

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ПРИКОРДОННОЇ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Канд. техн. наук Г. С. Бауліна, магістри П. О. Дідух, А. М. Карпаш, І. І. Федорняк

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА ПОГРАНИЧНОЙ ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ СТАНЦИИ

Канд. техн. наук А. С. Баулина, магистры П. А. Дидух, А. М. Карпаш, И. И. Федорняк

IMPROVING THE FUNCTIONING OF TECHNOLOGY TRANSSHIPMENT COMPLEX BORDER TRANSFER STATION

Phd. tehn. G. Baulina, masters P. Diduh, A. Karpash, I. Fedornyak

Розглянуто особливості технології роботи перевантажувального комплексу прикордонної перевантажувальної станції та встановлено, що подавання вагонів на комплекс має виконуватись оптимальними групами. Формалізовано технологію функціонування перевантажувального комплексу у вигляді оптимізаційної моделі, яка дасть змогу визначити оптимальну кількість вагонів, що подаються на комплекс. Реалізація моделі показала, що для усереднених вихідних даних можна отримати оптимальне значення кількості вагонів.

Ключові слова: *прикордонна перевантажувальна станція, перевантажувальний комплекс, оптимальна кількість вагонів.*

Рассмотрены особенности технологии работы перегрузочного комплекса пограничной перегрузочной станции и установлено, что подача вагонов на комплекс должна выполняться оптимальными группами. Формализована технология функционирования перегрузочного комплекса в виде оптимизационной модели, которая позволит определить оптимальное количество вагонов, подаваемых на комплекс. Реализация модели показала, что для усредненных исходных данных можно получить оптимальное значение количества вагонов.

Ключевые слова: *пограничная перегрузочная станция, перегрузочный комплекс, оптимальное количество вагонов.*

It has reviewed the features work of technology of the transshipment complex border station and it has found that supplying the wagons to the complex should be making by the optimal groups. The optimal technology of handling complex should provide the lowest operating costs, speed up the cargo handling by reducing vehicle downtime during the cargo operations and in their expectation, rational using of loading and unloading machinery, the maximum load of domestic wagons, the high productivity of the labour.

It was formalized the technology of functioning of a transshipment complex as an optimization model that will determine the optimal number of wagons that are suppling to the complex in a performance of the corresponding system limitations. Also, using the model will reduce unproductive idle of wagons at the border reloading station, and for the margin controller and for the station duty controller will give an opportunity of efficiently organizing the work in selection, feeding, cleaning wagons with the minimal expences of wagon- and locomotive hours. The realization of the model, showed us, that the average output data may give us the optimum number of the wagons in the filing.

Keywords: *border transfer station, transshipment complex, the optimal number of cars.*

Вступ. Залізничний транспорт України з’єднує європейські країни з шириною колії 1435 мм з країнами СНД з виходом на порти Чорного моря, країни Азії та Далекого Сходу. Організація перевезень має забезпечувати прибуток для кожного учасника перевізного процесу. Важливу роль тут відіграють прикордонні перевантажувальні станції (ППС), вдосконалення роботи яких дасть змогу прискорити рух вантажів через кордон, а отже, надасть новий імпульс для подальшого розвитку торговельно-економічних зв'язків та підвищення ефективності товарообігу. Раціональний розвиток та сучасне технічне оснащення ППС, а також чітка організація їх роботи є важливими умовами, які забезпечують успішну взаємодію залізниць суміжних країн, що створює для українських залізниць більш сприятливі умови для залучення додаткових обсягів експортно-імпортних і транзитних вантажів. Це обумовлює необхідність удосконалення саме перевантажувальних комплексів ППС, що дасть можливість мінімізувати час перебування вагонів на станціях та покращити експлуатаційні показники роботи станцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання удосконалення технології роботи прикордонних станцій досліджують чимало вчених, але в основі традиційних підходів до організації перевізного процесу в більшості випадків покладено задану і постійну інформацію. У роботі [1] пропонується методика взаємодії комплексу залізничних і митних служб на

станціях прикордонних переходів, застосування якої дозволить зекономити час на передавання поїздів між суміжними країнами, що у свою чергу підвищить ефективність роботи станцій і залізниці в цілому. Для створення моделі функціонування прикордонної передавальної станції у роботі [2] розглянуто паралельно працюючі лінії обробки вагонів (матеріальний потік), перевізних документів та іншої інформації. Виведено поняття "вузлових точок" f, тобто деяких точок моделі, через які зазначені лінії проходять одночасно. У "вузлових точках", які виникають при переході з однієї підсистеми в іншу, відбувається синхронізація потоків, що викликає простій одного з потоків в очікуванні. При цьому дотримується балансова формула простою вантажопотоку на станції. У роботі [3] розроблено техніко-економічні моделі технологій взаємодії ліній обробки вагонів і документів на прикордонних передавальних станціях. Моделі дають змогу визначити обмежувальні ланки в процесі обробки вагонів, виконання прикордонно-митних видів контролю та вирішення питання зміни ширини колії. Для удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій у роботі [4] запропоновано введення електронної передачі митних документів між країнами, удосконалення лінії обробки інформації, об'єднання операцій, розробку єдиних тарифів для країн-партнерів з міжнародних транзитних перевезень, за допомогою яких частка затриманих вагонів для деяких станцій зменшилась у 1,53 разу. У дослідженні [5] розглянуто питання удосконалення процедури порівняння варіантів передавання вантажопотоків на прикордонних станціях. Запропоновано методи підвищення ефективності експлуатації рухомого складу. Формалізовано технологію функціонування прикордонної передавальної станції у вигляді оптимізаційної моделі, яка забезпечує рух системи за нормальною фазовою траєкторією. Запропонована модель може бути застосована для вирішення актуальних проблем спільного функціонування транспортних підрозділів і митних органів. Автором роботи [6] вирішено з використанням методів векторної оптимізації завдання щодо визначення раціональних параметрів процесу обслуговування вагонопотоків на станціях стикування колій різної ширини, що дозволяє покращити систему експлуатаційних показників роботи станції під час виконання перевантаження вантажів. Розроблено математичну модель для дослідження і удосконалення процесів перевантаження вантажів, що дає можливість вирішувати задачі раціонального використання фінансових ресурсів та завантаження технічних засобів. Термін доставки для міжнародних перевезень вантажів впливає на міжнародний бізнес, на швидкість обороту капіталу, тому у роботі [7] запропоновано впровадження ефективних і стійких логістичних технологій, які можуть оптимізувати використання існуючої транспортної інфраструктури залізничного транспорту. В дослідницькій роботі [8] аналізуються дані щодо загального транзиту вантажів Естонії. Транспортна компанія створила багато міжнародних контейнерних поїздів. Транзитні контейнерні перевезення мають оптимістичний прогноз в Естонії. Проте основні експлуатаційні обмеження пов'язані з різною шириною колії, операціями перетину кордонів, питанням термінів доставки, непередбачуваним російським ринком, законодавством та інвестиціями в інфраструктуру.

Але недостатнє вивчення технології роботи саме перевантажувального комплексу ППС обумовлює необхідність проведення досліджень у цьому напрямку.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою роботи є

удосконалення технології функціонування перевантажувального комплексу ППС. Для реалізації зазначеної мети необхідно визначити особливості технології роботи перевантажувального комплексу, формалізувати його технологію функціонування шляхом формування оптимізаційної моделі, що дасть можливість визначити оптимальну кількість вагонів, які подаються на перевантажувальний комплекс, та виконати моделювання його технології роботи.

Основна частина дослідження. Перевезення вантажів у міжнародному сполученні здійснюється нерівномірно. Внаслідок непогодженого підведення до ППС завантажених вагонів по колії 1435 мм та порожніх по колії 1520 мм завантажені вагони через відсутність порожніх змушені простоювати в очікуванні перевантажувальної операції. В таких випадках актуальним є формування логістичної технології з метою зменшення непродуктивних простоїв платформ та раціонального використання вагонного парку [9, 10].

Для здійснення перевантаження вантажів безпосередньо із вагонів західноєвропейської колії у вагони колії Укрзалізниці та навпаки необхідно одночасно подавати та прибирати вагони по обох коліях. При недотриманні цієї умови перевантаження вантажу буде затримуватись, що призведе до непродуктивних простоїв вагонів.

Організація роботи перевантажувальних комплексів залежить від системи підведення вагонів на станцію, подавання їх на комплекс, прибирання та відправлення зі станції. В більшості випадків вагонопотік, що прямує на перевантажувальні комплекси, надходить на станцію групами з кількістю вагонів значно меншою за місткість колій комплексу. Станції, прагнучи використати місткість колій найкращим чином, виконують накопичення вагонів до більш великих груп та подають їх на колії перевантаження у повному складі, кількість вагонів у якому найчастіше не відповідає мінімальним витратам на маневрову роботу, обслуговування засобів механізації в період їх простою та простій вагонів. Отже, подавання вагонів на перевантажувальний комплекс має виконуватись оптимальними групами, величину яких можна розрахувати.

Таким чином, оптимальна технологія роботи перевантажувального комплексу має забезпечувати найменші експлуатаційні витрати, прискорення переробки вантажів шляхом скорочення простою транспортних засобів під вантажними операціями та в їх очікуванні, раціональне використання вантажно-розвантажувальних машин та механізмів, максимальне завантаження вітчизняних вагонів, високу продуктивність праці.

Для формалізації технології роботи перевантажувального комплексу ППС доцільно зобразити цільову функцію як суму приведених витрат на виконання операцій з формування оптимальної кількості вагонів, що подаються на перевантажувальний комплекс при виконанні відповідної системи обмежень. При цьому будемо вважати, що час роботи перевантажувального комплексу та кількість вантажно-розвантажувальних механізмів є незмінними параметрами.

Цільова функція, яка складається з експлуатаційних витрат, віднесених до кількості вагонів, має вигляд:

$$V(N) = V_п + V_{оч} + V_{нв} + V_{ко} \to \min, \quad (1)$$

при виконанні системи обмежень

$$\begin{cases} Nl_в \le l_ф, \\ \lambda \le Q_ф, \\ V \le V_х, \end{cases} \quad (2)$$

де $V_п$ – витрати на подавання та прибирання вагонів;

$V_{оч}$ – витрати на очікування вагонами подавання на перевантажувальний комплекс;

$V_{пер}$ – витрати на виконання перевантажувальної операції;

$V_{ко}$ – витрати на комерційний огляд вагонів та оцінку збереження вантажів, що перевозяться на відкритому рухомому складі;

N – партія вагонів;

$l_в$ – довжина вагона, м;

$l_ф$ – довжина перевантажувального фронту, м;

λ – інтенсивність надходження вагонів на перевантажувальний комплекс ППС, вагонів за годину;

$Q_ф$ – переробна спроможність перевантажувального комплексу ППС, ваг/год;

V – швидкість переміщення по коліях станції, км/год;

$V_х$ – ходова швидкість відповідно до норм Правил технічної експлуатації, км/год.

Витрати на подавання та прибирання вагонів

$$V_п = \frac{(N + N_п) l_в t_{под} C_{лок.год}}{l_ф}. \quad (3)$$

де $N_п$ – кількість порожніх вагонів;

$t_{под}$ – час на подавання-прибирання вагонів, год;

$C_{лок.год}$ – вартість локомотиво-години маневрової роботи, грн.

Витрати на очікування вагонами подавання на перевантажувальний комплекс

$$V_{оч} = N t_{оч} C_{ваг.год}, \quad (4)$$

де $C_{ваг.год}$ – вартість однієї години простою вагона, грн;

$t_{оч}$ – середній час очікування вагонами подавання на перевантажувальний комплекс, год.

Дослідженнями встановлено, що час очікування вагонами подавання на перевантажувальний комплекс є випадковою величиною [11, 12]. На основі аналізу репрезентативної вибірки встановлено, що цей час підпорядковано розподілу Ерланга 2-го порядку зі щільністю

$$f(t_{оч}) = (2\mu)^2 t_{оч} \cdot e^{-2\mu t_{оч}}, \quad (5)$$

де μ – інтенсивність обслуговування.

$$t_{оч} = (2\mu)^2 \int_0^{24} t_{оч}^2 \cdot e^{-2\mu t_{оч}} dt. \quad (6)$$

Витрати на виконання перевантажувальної операції

$$V_{пер} = \frac{N C_{ваг.год} q}{QR}, \quad (7)$$

де q – середнє завантаження вагона, т/ваг;

Q – продуктивність однієї одиниці техніки, т/год;

R – кількість одиниць вантажно-розвантажувальної техніки.

Витрати на комерційний огляд вагонів та оцінку збереження вантажів, що перевозяться на відкритому рухомому складі,

$$V_{ко} = \frac{C_{ко}}{N + N_п}, \quad (8)$$

де $C_{ко}$ – вартість комерційного огляду вагонів, грн.

Запропонована модель дасть змогу визначити оптимальну кількість вагонів, що подаються на перевантажувальний комплекс ППС. Також використання моделі дозволить зменшити непродуктивні простої вагонів на ППС, а маневровому диспетчеру та черговому по станції надасть можливість раціонально організувати роботу з підбору, подавання, прибирання вагонів з мінімальними витратами вагоно- та локомотиво-годин.

Реалізація моделі, що відтворює раціональну технологію роботи перевантажувального комплексу ППС, показала, що для усереднених вихідних даних можна отримати оптимальне значення. З урахуванням системи обмежень для станції оптимальне значення кількості вагонів складає $N = 14$ вагонів при мінімальних витратах $C(N) =$ 3024,27 грн (див. рисунок).

Висновки. Таким чином, розглянуто організацію роботи перевантажувального комплексу ППС та встановлено, що на комплекс вагони необхідно подавати оптимальними групами. Для визначення оптимальної кількості вагонів, що подаються на перевантажувальний комплекс, розроблено оптимізаційну модель, реалізація якої показала, що для усереднених вихідних даних можна отримати оптимальне значення. З урахуванням системи обмежень для прикордонної перевантажувальної станції оптимальне значення кількості вагонів складає 14 ваг при мінімальних витратах 3024,27 грн.

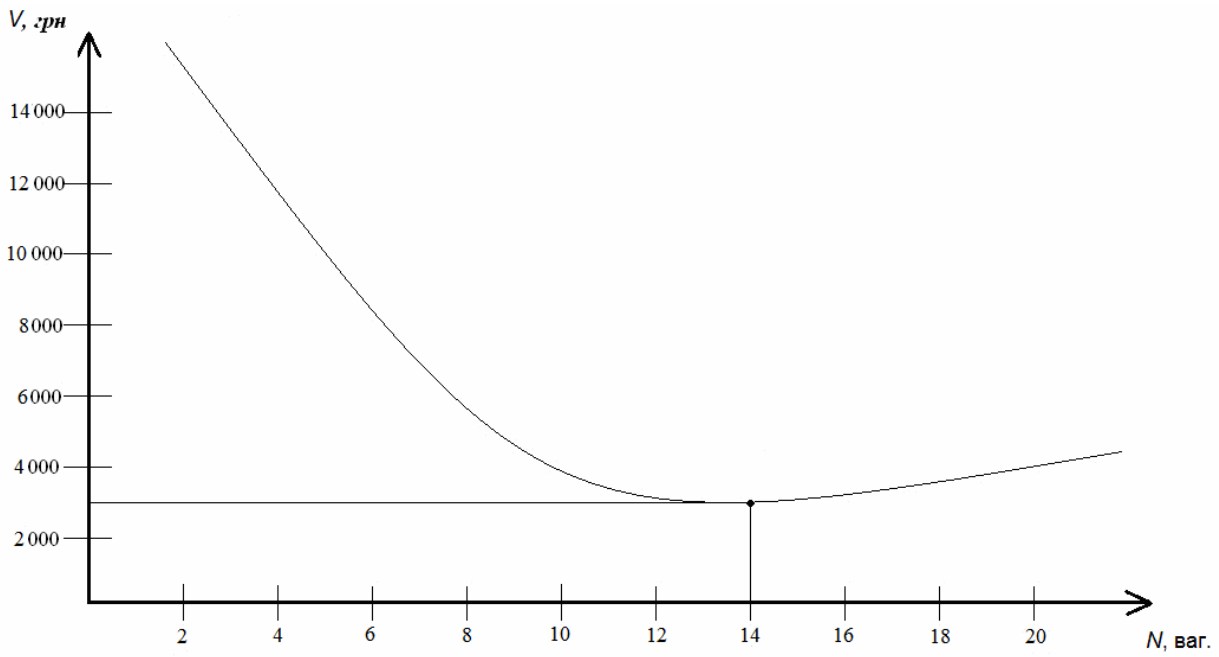

Рис. Залежність сукупних витрат від кількості вагонів, що подаються на перевантажувальний комплекс ППС

Список використаних джерел

1. Котелевский, О. А. Совершенствование технологии работы пограничных станций [Текст] / О. А. Котелевский // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2005. – №1. – С. 18-21.

2. Крохин, А. С. Особенности моделирования работы пограничных станций Дальневосточного региона [Текст] / А. С. Крохин, А. Е. Сычев // Железнодорожный транспорт. Сер. Грузовая и коммерческая работа. Контейнерные перевозки. – 2006. – № 1. – С. 1-19.

3. Обухова, А. Л. Удосконалення технології функціонування передавальних залізничних станцій в умовах змішаних та інтермодальних перевезень [Текст]: автореф. дис… канд. техн. наук: 05.22.01 “Транспортні системи” / А. Л. Обухова. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.

4. Кіхтєва, Ю. В. Удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій [Текст]: автореф. дис… канд. техн. наук: 05.22.01 “Транспортні системи” / Ю. В. Кіхтєва. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.

5. Нестеренко, Г. І. Удосконалення технології пропуску вантажопотоків через прикордонні передавальні станції [Текст] / Г. І. Нестеренко, А. І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. Сер. Технічні науки. – 2011. – № 2. – С. 23-28.

6. Кузьменко, А. І. Підвищення ефективності функціонування прикордонних перевантажувальних станцій [Текст] / А. І. Кузьменко // Зб. наук. праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2015. – Вип. 9. – С. 35 – 41.

7. Droździel P. Prospects of international freight transport in the East-West direction [Text] / P. Droździel, B. Buková, E. Brumerčíková // Transport problems.- Katowice: Politechniki Śląskiej Gliwice, 2015.- Volume 10. – Issue 4. – P. 5 – 13.

8. Hilmola O. Border-crossing constraints, railways and transit transports in Estonia [Text] / O. Hilmola, V. Henttu // Research in Transportation Business & Management, 2015. – Volume 14. – P. 72 – 79.

9. Бауліна, Г. С. Формування логістичної технології “прикордонний сухий порт” в умовах прикордонної перевантажувальної станції [Текст] / Г. С. Бауліна // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2010. – Вып. 3/6 (45). – С. 60 – 63.

10. Бауліна, Г. С. Дослідження доцільності використання логістичної технології “прикордонний сухий порт” в умовах прикордонної перевантажувальної станції [Текст] / Г. С. Бауліна, Г. Є. Богомазова // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 142-147.

11. Бауліна, Г. С. Формування оптимізаційної моделі роботи вантажного фронту [Текст] / Г. С. Бауліна // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: науково-технічний журнал. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – № 5. – С. 44-46.

12. Крамер, Г. Математические методы статистики [Текст] / Г. Крамер; пер. с англ. А. С. Монина и А. А. Петрова; под ред. А. Н. Колмогорова. – 2-е изд., стер. – М.: Мир, 1975. – 648 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор А. М. Котенко

Бауліна Ганна Сергіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-85. Baulina777@gmail.com.
Дідух Петро Олександрович, магістр групи 23-VI-ОПУТМ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-85.
Карпаш Андрій Мирославович, магістр групи 23-VI-ОПУТМ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-85.
Федорняк Іван Ігорович, магістр групи 23-VI-ОПУТМ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057)730-10-85.

Baulina Ganna, PhD. sc., associate professor of the department of freight and commercial work, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85.
Diduh Petro, master of the group 23-VI-OPUTM, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85.
Karpash Andriy, master of the group 23-VI-OPUTM, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85.

Fedornyak Ivan, master of the group 23-VI-OPUTM, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057)730-10-85.

Стаття прийнята 24.06.2016 р.