

УДК 656.213.073.23

А. І. КУЗЬМЕНКО^{1*}

^{1*} Каф. «Транспортні системи та технології», Університет митної справи та фінансів, вул. Дзержинського, 2/4, 49044, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056-2) 46-96-98, ел. пошта alia1971@i.ua, ORCID 0000-0001-7278-3647

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Метою дослідження є удосконалення технології обслуговування вагонопотоків на прикордонних перевантажувальних станціях шляхом вибору раціональних вартісних та часових параметрів. Об'єктом дослідження виступають перевантажувальні фронти залізничних прикордонних станцій; предметом дослідження – технологія обслуговування різних вагонопотоків на прикордонних перевантажувальних станціях. **Методами дослідження** прийнято методи фаз та векторної оптимізації. **Результатом дослідження** є аналітична оцінка останніх відомих методів та методик оптимізації роботи прикордонних станцій, яка свідчить про відсутність комплексного підходу щодо удосконалення технології міжнародних перевезень вантажів з точки зору фінансових можливостей вантажовласників. Тому пропонується раціональна технологія, яка враховує взаємну залежність таких критеріїв оптимізації, як час та вартість, а також їх залежність від структури та обсягів міжнародних вагонопотоків. Формалізацію технологічного процесу перевантаження вантажів з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої пропонується виконувати наступним чином. Технологічний процес перевантаження вагонів розбивається на декілька фаз, а кожній фазі ставиться у відповідність деякий набір технологічних операцій. Кількість та тривалість цих операцій залежить від обраного способу реалізації даної фази. Кількісна оцінка експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з перевантаження вантажів за технологічними фазами була розглянута на прикладі перевантаження металів та металовиробів з вагонів колії ширини 1435 мм у вагони колії ширини 1520 мм. У результаті був побудований графік залежності витрат коштів від витрат часу, аналіз якого дозволяє ухвалити рішення щодо вибору ефективної технології перевантаження вантажів на прикордонних перевантажувальних станціях. **Наукова новизна** полягає в теоретичному обґрунтуванні процесів обслуговування вагонопотоків на прикордонних перевантажувальних станціях. При цьому формалізовано та 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 дозволяє вирішувати задачі раціонального використання фінансових ресурсів та завантаження технічних засобів.

Ключові слова: прикордонні перевантажувальні станції, метод фаз, векторна оптимізація.

Целью исследования является совершенствование технологии обслуживания вагонопотоков на пограничных перегрузочных станциях путем выбора рациональных стоимостных и временных параметров. Объектом исследования выступают перегрузочные фронты железнодорожных пограничных станций; предметом исследования - технология обслуживания различных вагонопотоков на пограничных перегрузочных станциях. **Методами исследования** являются методы фаз и векторной оптимизации. **Результатом исследования** есть аналитическая оценка последних известных методов и методик оптимизации работы пограничных станций, которая свидетельствует об отсутствии комплексного подхода к совершенствованию технологии международных перевозок грузов с точки зрения финансовых возможностей грузовладельцев. Поэтому предлагается рациональная технология, которая учитывает взаимную зависимость таких критериев оптимизации, как время и стоимость, а также их зависимость от структуры и объемов международных вагонопотоков. Формализацию технологического процесса перегрузки грузов из вагонов одной ширины колеи в вагоны другой предлагается выполнять следующим образом. Технологический процесс перегрузки вагонов разбивается на несколько фаз, а каждой фазе ставится в соответствие некоторый набор технологических операций. Количество и продолжительность этих операций зависит от выбранного способа реализации данной фазы. Количественная оценка эксплуатационных расходов на реализацию операций по перегрузке грузов по технологическим фазам была рассмотрена на примере перегрузки металлов и металлоизделий из вагонов колеи 1435 мм в вагоны колеи 1520 мм. В результате был построен график зависимости затрат средств от затрат времени, анализ которого позволяет принять решение о выборе эффективной технологии перегрузки грузов на пограничных перегрузочных станциях. **Научная новизна** заключается в теоретическом обосновании процессов обслуживания вагонопотоков на пограничных перегрузочных станциях. При этом формализована и решена с использованием методов векторной оптимизации задача по определению рациональных

параметров процесса обслуживания вагонопотоков на станциях стыкования путей разной ширины, что позволяет улучшить систему эксплуатационных показателей работы станции во время выполнения перегрузки грузов. Разработана математическая модель для исследования и усовершенствования процессов перегрузки грузов, которая позволяет решать задачи рационального использования финансовых ресурсов и загрузки технических средств.

Ключевые слова: пограничные перегрузочные станции, метод фаз, векторная оптимизация.

The **purpose** aims to improve technology service flows wagons reloading at border stations by selecting rational cost and time parameters. The object of the study are shifting fronts railway border stations; subject of research - technology services to various flows wagons at border transshipment stations. **Research methods** accepted methods phases and vector optimization. The **result** is analytical evaluation last known methods and techniques of optimization of border stations, indicating the lack of a comprehensive approach to improving the technology of international transport of goods in terms of financial capacity cargo. It is therefore proposed rational technology that takes into account the mutual dependence of criteria optimization as time and cost, as well as their dependence on the structure and volume of international flows wagons. The formalization of the process of reloading wagons one gauge to the other cars performed in the following manner. The process overload cars broken into several phases, and each phase is associated with a set of technological operations. The number and duration of these operations depends on the mode of implementation of this phase. Quantifying operational costs of the cargo handling operations on technological phases was considered an example overload of metals and metal cars 1435 mm gauge wagons 1520 mm. The result was built a graph of spending of time-consuming analysis which allows to make a decision on choosing efficient technology overload of cargo transshipment at border stations. **Scientific novelty** is the theoretical justification service processes flows wagons reloading at border stations. This formalized and solved using methods of vector optimization problem to determine rational parameters of flows wagons service stations joining lines of different widths, thereby improving system performance parameters of the station during cargo handling performance. The mathematical model for the study and improvement of cargo handling processes that can solve the problem of rational use of financial resources and technical means downloading.

Keywords: shifting the border station, the method of phase vector optimization.

Вступ

Вигідне географічне розташування України забезпечило проходження п'яти міжнародних транспортних коридорів (МТК) по її території, що стало першим кроком на шляху інтеграції національних транспортних систем до світової системи. Найважливіша роль у здійсненні міжнародних перевезень в Україні традиційно належить залізничному транспорту. Але подальший розвиток МТК неможливий без вирішення проблеми забезпечення скорочення часу доставки вантажів. Незважаючи на те, що останнім часом відбулося зміцнення бази технічних засобів, залізничні прикордонні переходи залишаються традиційно «вузьким місцем». Це обумовлює актуальність даної роботи, присвяченої пошуку шляхів підвищення ефективності процесу перевантаження вантажів на прикордонних станціях за рахунок використання методів фаз та векторної оптимізації.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями

У наступний час відсутній парк вантажних вагонів, здатних вільно обертатися як в Україні і країнах СНД, так і в Західній Європі. Також постає питання про заміну старих технологій організації роботи прикордонних залізничних

станцій на більш сучасні [1, 2], що здатні підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту на ринку міжнародних перевезень вантажів. Головною задачею у цьому плані є розробка таких технологій обслуговування вагонопотоків, щоб можна було скоротити час перебування іноземних вагонів на території України, при цьому витрати грошей на реалізацію таких технологій були б якомога менше.

Напрямок досліджень відповідає Транспортній стратегії України на період до 2020 р. [3], враховує основні положення Угоди про міжнародне залізничне вантажне сполучення [4] та Стратегічних напрямів розвитку транспортної галузі України у післякризовий період [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Над завданням скорочення часу перетину кордонів працювало багато вчених, зокрема, вітчизняні та іноземні дослідники Абрамов А. П., Беленький В. М., Белов І. В., Босов А. А., Бутко Т. В., Ветухов Є. А., Гайдаров М., Дьомін Ю. В., Зайчик В. С., Кірпа Г. М., Мироненко К. П., Нагорний Є. В., Нечаєв Г. І., Орлов В. Н., Правдін В. С., Сміхова Н. Г., Сувальський Р. М., Титов М. Ф., Феньєш Л. Н., Фролов А. Н., Циркунов Г. А. та ін. Проте питання ресурсозбереження за умов відсутності ринкових відносин не було актуальним. Аналітична оцін-

ка останніх відомих досліджень і публікацій наступна.

Альошинським Є. С. розроблено математичну та імітаційну модель [6], що враховує вплив сформованої множини факторів затримок з наступних причин: додаткового митного огляду; повторного митного оформлення; відсутності електронного повідомлення митниці відправлення; технічної чи комерційної несправностей вагона; невідповідності даних у транспортно-технічній накладній та вантажній митній декларації; затримки фітосанітарною, ветеринарною чи карантинною службами; затримка служб екологічного та радіаційного контролю; невірному оформленні документів; відсутності або закриття коду експедитора; порушення маршруту прямування; відсутності інформації в центральній базі даних; відсутності рахунку-фактури; тимчасової заборони ввозу-вивозу та інших. Але не враховано варіанти перевантаження вантажів саме на станціях стикування колій різної ширини.

Науково-прикладну задачу підвищення ефективності функціонування передавальних станцій, при здійсненні змішаних та інтермодальних вантажних перевезень в умовах різної ширини колії для прикордонних станцій вирішена у роботі [7] шляхом удосконалення технології використання технічного оснащення підсистеми обробки вантажних вагонів та раціоналізації підсистеми обробки документів за критерієм скорочення простою вагонів. Але у даній роботі не була врахована нерівномірність надходження вантажів (добова, річна), простої із-за технічних несправностей вагонів і НРМ та тривалість роботи НРМ, а також час на перезмінку працівників.

Комплексний підхід визначення критерію впливу відмов у підсистемі передачі інформації міждержавного вагонопотоку на прикордонних передавальних станціях (ППС) розроблено Кітєвою Ю. В. [8], здійснено аналіз прикордонних передавальних станцій, що взаємодіють між собою. Але не розглянуто додаткові причини затримок вагонів на станціях, що розташовані на стиках колій різної ширини та не враховано вартісну складову на ремонт вагону, якщо затримка відбулася з технічних причин (закупівля запчастин, оплата роботи працівників, експлуатація обладнання тощо).

Бауліна Г.С. [9] поглибила дослідження проблеми, що розглядалась у [8], та вирішила завдання удосконалення роботи ППС за рахунок формування автоматизованої інтелектуальної технології управління вагонопотоками. За-

пропонована у [9] логістична технологія типу «прикордонний сухий порт» в умовах ППС дозволяє забезпечити ефективне використання рухомого складу, зменшити його непродуктивні простої, а також забезпечити подальший прискорений пропуск платформ з великотоннажними контейнерами. Але у цій роботі не враховано величину можливих фінансових вкладань вантажовласників та залежність роботи моделі від типу вантажу.

Таким чином, аналітична оцінка останніх відомих методів та методик оптимізації роботи прикордонних станцій свідчить про відсутність комплексного підходу щодо удосконалення технології міжнародних перевезень вантажів з точки зору фінансових можливостей вантажовласників.

Визначення мети та задачі дослідження

В основу технології роботи станцій стикування колій різної ширини мають бути покладені результати досліджень операцій і логістики [10], що забезпечують оптимізацію параметрів та витрат на обслуговування вагонопотоків з урахуванням особливостей ринкових відносин. Тому виникає необхідність у проведенні дослідження залежностей витрат часу і витрат грошових коштів під час передавання вантажів на прикордонних станціях, розташованих у пунктах стику колій 1 435 мм та 1 520 мм, по окремих елементах (фазах) з метою пошуку раціонального варіанту та впровадження його у технологічний процес роботи прикордонних перевантажувальних станцій.

Рішення даного питання дозволить мінімувати час перебування вагонів на цих станціях та покращити експлуатаційні показники їх роботи. З вищесказаного витікає мета даної статті, що полягає в удосконаленні технології обслуговування вагонопотоків на прикордонних перевантажувальних станціях шляхом вибору раціональних вартісних та часових параметрів.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані та вирішені наступні завдання: відокремлено фази технологічного процесу обслуговування вагонопотоків на перевантажувальних прикордонних станціях з метою оцінки грошових та часових параметрів логістичного ланцюга в умовах різнорідної структури вагонопотоків; розроблено математичну модель для дослідження та вибору ефективного способу перевантаження вантажів з вагонів колії 1 435 мм у вагони колії 1 520 мм та у зворотному напрямку.

Об'єктом дослідження виступають переван-

тажувальні фронти залізничних прикордонних станцій; предметом дослідження – технологія обслуговування різних вагонопотоків на прикордонних перевантажувальних станціях.

Основна частина дослідження

Технологію процесу перевантаження можна визначити як послідовність наступних фаз:

- 1) операції з прибулим поїздом на колії приймання;
- 2) сортування вагонів по фронтах перевантаження;
- 3) подача вагонів до фронтів перевантаження та їх розстановка;
- 4) перевантаження вагонів;
- 5) збирання вагонів з фронтів перевантаження;
- 6) накопичення вагонів, що звільнилися після вантажних операцій та формування складу поїзда;
- 7) операції по відправленню поїзда.

У свою чергу, кожна фаза може бути реалізована у різні способи. Це обумовлено наявними технічними засобами, обсягами та структурою вантажо- і вагонопотоків, а також кількістю і тривалістю окремих технологічних операцій, з яких складається певна фаза. Грошові та часові витрати по фазі в цілому складатимуться з окремих витрат часу і коштів на виконання технологічних операцій.

Так, час знаходження поїздів у приймально-відправному парку буде залежати від довжини поїзда, технології проведення технічного та комерційного огляду, наявності чи відсутності несправних або затриманих вагонів, технології виконання митного, прикордонного та інших видів контролю, узгодженості в роботі працівників станції та інших служб, кількості обслуговуючих бригад та кількості працівників у них, роду вантажу, типу рухомого складу і т.д.

Враховуючи невизначеність структури поїзда та кількості вагонів у ньому, при моделюванні вважається за доцільне використовувати методи випадкових процесів [11].

Сортування вагонів по фронтах перевантаження можна виконати або через сортувальну гірку, або через витяжну колію. Очевидно, що швидше буде протікати розпуск складу через сортувальну гірку, ніж через витяжну колію (у цьому випадку значно більше додаткових маневрових пересувань), але її побудова та утримання сортувальної гірки коштують дорожче, що відбивається на вартості вагоно-години маневрової роботи. Дослідження параметрів ваго-

нопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках, виконувалось згідно [12].

Виконання фази подачі вагонів до фронтів перевантаження буде залежати від кількості та технічних характеристик маневрових локомотивів, кількості вагонів у передачі, довжини рейсів тощо. Розстановка вздовж вантажних фронтів характеризується родом вантажу, кількістю вагонів у передачі та технологією їх подавання-прибирання, кількістю колій та навантажувально-розвантажувальних механізмів (НРМ) на вантажному фронті тощо.

Процес перевантаження є самою складною ланкою обслуговування вагонопотоків за даною технологією. Ця фаза повинна враховувати багато факторів, серед яких основними є рід вантажу, тип рухомого складу, обсяг переробки вантажів та вагонів, ємність та ступінь технічної оснащеності вантажних фронтів, повнота та своєчасність надходження попередньої та оперативної інформації тощо. На технологію виконання вантажних операцій також впливає розташування перевантажувальних станцій на мережі залізниць [13], оскільки від цього залежить обсяг роботи та нерівномірність надходження вагонопотоків, що обслуговуються.

Перевантаження вагонів може відбуватися як за прямим варіантом, що потребує своєчасного підведення вагонів іншої колії, так і через склади тимчасового зберігання, що також впливає на термін та вартість відповідної технологічної фази. Перевантажувальні операції повинні бути максимально механізовані й автоматизовані. Розміри і кількість окремих пристроїв і механізмів визначаються обсягом перевантажувальних робіт, категорією вантажних потоків та ін.

Але на досліджувані критерії впливають не лише технічні характеристики кранів, а й термін їх експлуатації, кількість НРМ на кожному фронті, обсяг виконуваних робіт, штат працівників, зайнятих на вантажних роботах. У кінцевому рахунку необхідно також враховувати висоту підйому вантажу над вагоном, відстань його переміщення, швидкість руху кранів з вантажем та без нього, кількість циклів роботи НРМ і т.п.

Розглянемо детальніше процес перевантаження вантажів. Формалізацію технологічного процесу перевантаження вантажів з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої пропонується виконувати наступним чином. Для розв'язання задачі визначення раціональної технології обслуговування вагонопотоків у загальному вигляді технологічний процес перевантаження ва-

гонів розіб'ємо на n фаз ω_i , $i=1, n$ та будемо визначати його як список $\Omega=[\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$. Кожній фазі ω_i можна поставити у відповідність деякий набір технологічних операцій $\Xi_i = \{\theta_{i1}, \theta_{i2}, \dots, \theta_{ik}\}$, $i=1, n$. Кількість та тривалість цих операцій буде залежати від обраного способу реалізації даної фази. Розглянемо, наприклад, фазу ω_2 , у якій здійснюється сортування вагонів. Її можна реалізувати або через сортувальну гірку, або через витяжну колію. Тобто, $\Xi_2 = \{\theta_{21}, \theta_{22}\}$.

Схема вибору раціональної технології обслуговування вагонопотоків методом фаз представлена послідовністю фаз ω_i та набором технологічних операцій Ξ_i у кожній фазі.

Введемо наступні визначення. Селектором γ пропонується називати список

$$\gamma = [[\omega_1, \theta_{1j_1}], [\omega_2, \theta_{2j_2}], \dots, [\omega_n, \theta_{nj_n}]]. \quad (1)$$

Набір всіх можливих селекторів позначено у вигляді множини Γ , у якій кількість елементів визначається за формулою:

$$|\Gamma| = \prod_{i=1}^n k_i, \quad (2)$$

де k_i – число технологічних операцій у фазі ω_i .

Надалі прийнято, що будь-який селектор $\gamma \in \Gamma$ характеризується двома показниками: грошовими витратами на реалізацію селектора – $F_1(\gamma, m)$ і витратами часу на його реалізацію – $F_2(\gamma, m)$.

Функції $F_1(\gamma, m)$ і $F_2(\gamma, m)$ залежать не тільки від обраного селектора, але й у силу особливостей технологічного процесу, від кількості вагонів m у складі поїзда, який підлягає переробці. Оскільки ці показники повинні бути якнайменшими, необхідно вирішити задачу векторної оптимізації, що має вигляд:

$$\begin{pmatrix} F_1(\gamma, m) \\ F_2(\gamma, m) \end{pmatrix} \rightarrow \min \text{ при } \gamma \in \Gamma. \quad (3)$$

Функції $F_1(\gamma, m)$ і $F_2(\gamma, m)$ відповідно дорівнюють:

$$F_1(\gamma, m) = \sum_{\theta \in \gamma} f_1(\theta, m); \quad (4)$$

$$F_2(\gamma, m) = \sum_{\theta \in \gamma} f_2(\theta, m), \quad (5)$$

де $f_1(\theta, m)$ – грошові витрати на виконання θ -ї технологічної операції;

$f_2(\theta, m)$ – затрати часу на виконання θ -ї технологічної операції.

Кількісну оцінку експлуатаційних витрат на реалізацію операцій з перевантаження вантажів за технологічними фазами розглянемо на прикладі перевантаження металів та металовиробів з вагонів колії 1 435 мм у вагони колії 1 520 мм. На рис. 1 показані сім фаз даного процесу та можливі набори технологічних операцій по кожній фазі.

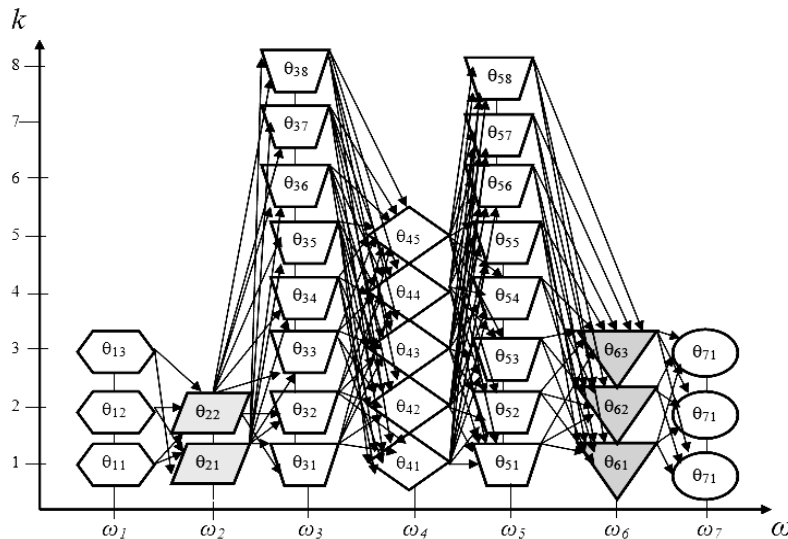


Рис. 1. Схема вибору раціональної технології перевантажування металовиробів серед усіх можливих варіантів

На рис.1 прийнято, що для фази ω_1 θ_{11} – набір технологічних операцій, при яких у парку

приймання своєчасно виконується технічний та комерційний огляд, усі види контролю та до-

кументальне оформлення; θ_{12} – набір технологічних операцій, коли є несправні у технічному відношенні вагони, а обробка документів виконана своєчасно; θ_{13} – набір технологічних операцій, коли несправних вагонів немає, але документи затримані митницею. Для фази ω_2 θ_{21} – операції сортування вагонів по фронтах перевантаження через сортувальну гірку, а θ_{22} – через витяжну колію. У фазі ω_3 мається на увазі, що при подачі вагонів до фронтів перевантаження у маневровому составі для $\theta_{31}, \theta_{32}, \theta_{33}, \theta_{34}, \theta_{35}, \theta_{36}, \theta_{37}, \theta_{38}$ відповідно знаходиться 2, 4, 6, 8, 11, 13, 16 та 20 вагонів. Фаза перевантаження вагонів ω_4 характеризується тим, що металовироби можуть бути перевантажені різними технічними засобами: θ_{41} – за допомогою електричного козлового крану КК-10, θ_{42} – за допомогою електричного мостового крану МК-10, θ_{43} – за допомогою електричного козлового крану КК-5, θ_{44} – за допомогою електричного мостового крану МК-5, θ_{45} – за допомогою електричного козлового крану КК-20. При цьому умовно приймається, що час обслуговування вагонів буде однаковим і для прямого варіанту перевантаження, і при вивантажуванні вантажів на склад.

Наступна фаза ω_5 аналогічна фазі ω_3 . Для фази накопичення вагонів ω_6 прийнято, що θ_{61} – операції із заключною групою вагонів (час на обслуговування складатиме 0,25 год), θ_{62} – операції із групою вагонів, що потрапляють в середину составу, який накопичується під відправлення (час на обробку прийнято 1 год), а θ_{63} – операції із групою вагонів, що потрапляють на вільну накопичувальну колію (час на обробку прийнято 1,5 год). Набори технологічних операцій фази ω_7 по відправленню поїзда такі ж самі, як і для фази ω_1 .

Для проведення кількісної оцінки експлуатаційних витрат на реалізацію операцій за кожною технологічною фазою були задані час на виконання кожного елемента t та відповідні грошові витрати z .

Після підстановки вихідних числових даних за допомогою програми були одержані дві множини незрівнянних за Парето селекторів, які мають наступний вигляд:

$$G^* = \{ \gamma_1 = [w_{1,1}, w_{2,1}, w_{3,1}, w_{4,1}, w_{5,1}, w_{6,1}, w_{7,1}], 0.01, 3350, 709.20 \}$$

$$\gamma_2 = [w_{1,1}, w_{2,2}, w_{3,1}, w_{4,1}, w_{5,1}, w_{6,1}, w_{7,1}], 1.71, 3400, 679.20 \}$$

де 3 350 – грошові витрати (у гривнях) на здійснення селектора γ_1 при фіксованому множнику

μ , який є невизначеним множником Лагранжа, рівному 0,01;

709,20 – витрати часу (у хвиликах) на здійснення селектора γ_1 при μ рівному 0,01;

3 400 – грошові витрати (у гривнях) на здійснення селектора γ_2 при μ рівному 1,71;

679,20 – витрати часу (у хвиликах) на здійснення селектора γ_2 при μ рівному 1,71.

Виконані дослідження впливу часових параметрів на грошові витрати по окремих технологічних операціях у кожній фазі процесу передачі вантажів з однієї колії на іншу дозволяють знайти оптимальний з аналізованих селекторів для кожного із способів перевантаження вагонів. З інженерної точки зору, отримані селектори можна трактувати як раціональне визначення технології перевантаження вантажу.

Виключивши μ з подальшого розгляду, у просторі функціоналів побудовано графік функції залежності експлуатаційних витрат E від часу, необхідного для здійснення технологічної операції T (див. рис. 2).

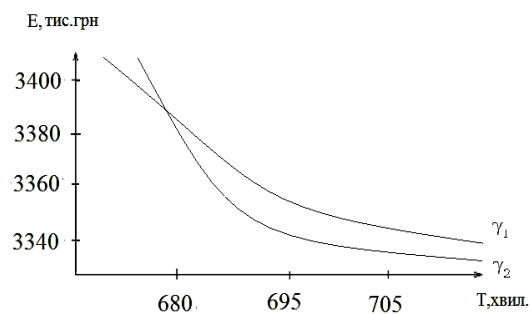


Рис. 2. Графік залежності експлуатаційних витрат від часу виконання технологічних операцій

Аналіз отриманого графіка свідчить, що за наявності коштів від 3 350 грн до 3 390 грн, які можна витратити на реалізацію технології перевантаження металу й металовиробів, розумніше прийняти в якості раціональної технології операції, які відповідають селектору γ_2 , (за умов, якщо немає несправних вагонів, сортування вагонів по фронтах перевантаження здійснюється через витяжну колію й перевантажується метал козловим електричним краном КК-10 при накопиченні порожніх вагонів на колії 1 435 мм не більше 0,25 доби). За можливості витратити на перевантажування понад 3 390 грн приймаємо операції відповідно селектору γ_1 . У цьому випадку час, витрачений на здійснення даної технології, буде меншим ніж час, витрачений на здійснення технології відповідно селектору γ_2 , (перевантаження здійснюється через сортувальну гірку, а не через витяжну колію, інші умови такі ж самі, як і для селектора γ_2).

З математичної точки зору, отримані селектори можна трактувати як розумне визначення технології перевантаження вантажу, де раціональність технології визначається розв'язком задачі векторної оптимізації при показниках, обумовлених формулами (4) і (5).

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку

Таким чином можна зробити висновки, що запропонована у даній статті математична модель може бути застосована для дослідження та вибору раціонального способу перевантаження вантажів з вагонів колії 1 435 мм у вагони колії 1 520 мм та у зворотному напрямку на прикордонній станції. Вона враховує взаємну залежність таких критеріїв оптимізації, як час та вартість, а також їх залежність від структури та обсягів міжнародних вагонопотоків. У результаті можуть бути побудовані графіки залежності витрат коштів від витрат часу, аналіз яких дозволяє ухвалити рішення щодо вибору ефективної технології перевантаження вантажів на прикордонних перевантажувальних станціях. Упровадження результатів досліджень у технологічні процеси прикордонних перевантажувальних станцій дозволить скоротити час перебування вантажних вагонів, що прямують за кордон або із-за кордону, на цих станціях, а, отже, підвищити техніко-експлуатаційні показники роботи під час здійснення міжнародних перевезень вантажів.

Подальший розвиток досліджень у даному напрямку може бути націлений на формування раціональної логістичної технології роботи перевантажувальних станцій, що забезпечить ефективне функціонування національної транспортної інфраструктури у системі МТК.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Соколова, О. Є. Теоретико-методологічні основи формування транспортно-логістичної системи України [Текст] / О. Є. Соколова // Проблеми підвищення ефективності інфраструктури : Зб. наук. праць : – Київ: НАУ, 2010. – Вип. 27. – С. 258-260.
2. Мухіна, Н. А. Моделювання раціональних технологій роботи прикордонних залізничних станцій [Текст] / Н. А. Мухіна, А. І. Кузьменко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – № 85. – С. 244-252.
3. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Текст] : схвал. : Розпорядження Кабінету Міністрів України 20.10.2010 № 2174-р. – Київ: НІСД, 2010. – 56 с.
4. Угода про міжнародне залізничне вантажне

сполучення (УМВС) 01.11.1951 р. № 998_011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/998_011.

5. Стратегічні напрями розвитку транспортної галузі України у післякризовий період [Текст]. – Київ: НІСД, 2011. – 48 с.

6. Альошинський, Є. С. Основи формування процесу міжнародних вантажних залізничних перевезень [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01 / Альошинський Євген Семенович. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 40 с.

7. Обухова, А. Л. Удосконалення технології функціонування передавальних залізничних станцій в умовах змішаних та інтермодальних перевезень [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Обухова Анна Леонідівна. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.

8. Кіхтева, Ю. В. Удосконалення функціонування інформаційної підсистеми прикордонних передавальних станцій [Текст] : Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Кіхтева Юлія Володимирівна. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 20 с.

9. Бауліна, Г. С. Удосконалення роботи прикордонних передавальних станцій на основі автоматизованої технології управління вагонопотоками [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Бауліна Ганна Сергіївна. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 20 с.

10. Иванова, Т. В. К вопросу моделирования процессов обслуживания вагонов различной колеи на перегрузочных пунктах пограничных станций [Текст] / Т. В. Иванова // Деп. в ЦНИИТЭИ МПС на ж.д. транспорте. –1999. – № 62-52. – С. 5.

11. Босов, А. А. Определение рациональных параметров одноканальной СМО в процессе математического моделирования обработки грузовых вагонов при переходе с колеи 1435 мм на колею 1520 мм [Текст] / А. А. Босов, Н. А. Мухина, А. И. Кузьменко // Вісник Дніропет. нац. ун-ту залізн. тр-ту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007. – № 14. – С. 94 - 98.

12. Козаченко, Д. М. Дослідження параметрів вагонопотоків, що розформовуються на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Т. В. Болвановська // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012. – № 4. – С. 44-48.

13. Midler, F. Sachsen-Anhalt: Guterbahnhofe bleiben erhalten. [Текст] / F. Midler // DVZ: Dtsch. Logist.-Ztg., № 8. – 2002. – P. 6 – 9.

Стаття рекомендована до публікації д.физ.-мат.н., проф. Пасічником А. М. (Україна)

Надійшла до редколегії 16.05.2015.

Прийнята до друку 18.05.2015.