

*Канд. техн. наук В.В. Кулешов,
В.М. Савченко, М.О. Самойлов*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ ПОБУДОВІ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ЗАЛІЗНИЧНИХ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ

Представив д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Впродовж 2011 року залізничним транспортом України перевезено 469,3 млн т вантажів, що на 8,4 % більше ніж у 2010 р. Обсяги вантажних перевезень зросли у всіх видах сполучення, зокрема, у внутрішньому сполученні перевезено майже 255 млн т, що становить 107,3 % до 2010 р., експортних вантажів перевезено 131,3 млн т (111 %), імпортних – 32 млн т (105,7 %), транзитних – 50,9 млн т (109,3 %). Серед найменувань вантажів найбільше перевезено кам'яного вугілля 122,7 млн т (104,1 % відносно 2010 року), залізної і марганцевої руди – 89,3 млн т (109,3%), мінбудматеріалів – 74,9 млн т (114,5 %), чорних металів – 36,2 млн т (106,9 %), нафти та нафтопродуктів – 33,6 млн т (109,9 %), хімічних та мінеральних добрив – 15 млн т (123,4 %), зерна та зернопродуктів – 15 млн т (113 %). Тепер в Україні частка власних вагонів складає більше 65 % від загального парку вагонів, на мережі держав СНД та Балтії – близько 77 %, а в Росії – близько 90 %.

Концепція єдиної системи управління та використання парку вантажних вагонів різних форм власності [1, 2] доцільна при вирішенні питань реформування та структурних перетворень на залізничному транспорті України. На першому етапі реформування залізничного транспорту України у 2012 р. планується утворити єдиний господарюючий суб'єкт – державне акціонерне товариство Укрзалізниця (УЗ)

[4, 5], на яке покладено ряд важливих завдань з метою підвищення ефективності керування власним рухомим складом і зниження фінансових витрат, що пов'язані з розподілом порожніх вагонів. З 1 лютого 2012 року створена дочірня структура ДП «Український транспортно-логістичний центр» (УТЛЦ), яка нагадує ВАТ «Перша вантажна компанія» (ПГК). Російська компанія ще раніше перейшла до самостійного керування парком піввагонів, але внаслідок значного числа власників рухомого складу не вдалося забезпечити їх ефективне керування за рахунок поліпшення планування перевізного процесу, застосування маршрутизації перевезень, попутного завантаження, здвоєних операцій. Тому при реформуванні слід підвищити рівень маршрутизації перевезень з 45 до 70 %, що дозволить знизити витрати від переміщення порожніх вагонів на 15 % за рахунок автоматизованого планування і контролю перевезень вантажів не тільки у піввагонах, але і у інших вагонах УТЛЦ та інших власників, за рахунок виключення дублювання адресного розподілу порожніх вагонів особливо у інтермодальних перевезеннях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В нормативних документах [1-6] не врахований сучасний розвиток інформаційних технологій, за допомогою яких можливо забезпечити удосконалення залізничних послуг, особливо у міжнародних інтермодальних перевезеннях залізниць України. Хоча у попередніх

дослідженнях [7-9] були розглянуті сучасні підходи до автоматизованого обліку стану технічних засобів та прогнозування попиту на вантажні перевезення, але не розв'язані питання удосконалення технології інтермодальних перевезень з метою оптимізації пропускнуої спроможності залізничних транспортних систем (ЗТС).

Мета дослідження: удосконалення технології перевезень при побудові моделі функціонування транспортних систем залізничних сортувальних станцій на базі оптимізації провізної спроможності на прикладі інтермодальних перевезень.

Основна частина. У сучасних умовах, що характеризуються загальною тенденцією зростання обсягів вантажних перевезень взагалі і інтермодальних зокрема, при наявності їх значних коливань, змінами структури і напрямку транспортних потоків, особливо актуальним стає вирішення завдання створення технологічно-економічної моделі високоефективного використання вагонних парків приналежності УЗ, УТЛЦ та операторських компаній-власників вагонного парку (ОК) різних держав.

Інструментом для реалізації цього завдання є розроблення математичної моделі, що дозволить сформулювати ситуаційно-евристичну систему підтримки прийняття рішень оперативних працівників як на рівні ОК, так і на рівні управління підприємства залізничного транспорту, УТЛЦ, яка дає можливість реалізації заходів для економії паливно-енергетичних ресурсів, раціонального розподілу і використання вагонів різних власників, скорочення експлуатаційних витрат. Модель адекватно відтворить технологію роботи залізничного транспорту України у відношенні вагонних парків приналежності залізниць та вагонних операторів різних держав, і є підставою для удосконалення організаційного, інформаційного, програмного і технічного забезпечення національних автоматизованих систем керування на залізничному транспорті

України, держав СНД і Балтії, Європейського Союзу.

Незважаючи на істотний розвиток бізнесу компаній-операторів, експедиторів, власників терміналів залізнична адміністрація (ЗА) продовжує відігравати вирішальну роль у підвищенні ефективності перевезень як власник інфраструктури, має широку мережу вантажних районів і терміналів, активно впливає на технологію й регламент взаємодії з портами й залізницями. Тому слід уточнити роль показника – робочий парк рухомого состава (РП), як основної частини наявного парку вагонів і локомотивів, що використовуються на мережі залізниць для перевезення вантажів. Вагонний вантажний РП складається з вагонів, що перебувають у поїздах у русі, під місцевими операціями (навантаження, вивантаження, сортування та ін.) і поза поїздами в навантаженому та порожньому стані, в очікуванні включення в поїзди [6]. Не входять у РП вагони господарського руху для потреб залізниць і вилучені з руху в запас, для ремонту, під житло, під склади та ін.

Заплановану величину РП технічної станції ЗТС, ваг/доб, визначають за формулою (1)

$$n_p = \frac{\sum n_i t_{mex i}}{24}, \quad (1)$$

де $\sum n_i t_{mex i}$ – вагоно-години знаходження вагонів на технічній станції при слідуванні у i -тому напрямку або операціях, час на які скорочується за рахунок більш сучасних технологій.

Виходячи із потреб прогнозованого оптимального, гранично можливого, максимально допустимого РП вагонів ЗА та ОК для технічної станції залізничного вузла методом інтеграції перевізного процесу виявлено залежність скорочення РП різних власників від показників його використання

$$n_p = \frac{\sum n_{mp i} t_{mp i} + \sum n_{nep i} t_{nep i} + \sum n_{mi} t_{mi}}{24} \quad (2)$$

При одночасному знаходженні на технічних станціях вагонів K -власників вагоно-години транзитних вагонів без

переробки та транзитних вагонів з переробкою визначають за i -тими елементами ЗТС

$$\sum_{k=1}^K n_k t_k = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I [n_{mp i} t_{mp i} + n_{nep i} t_{nep i} + n_{mi} t_{mi}] \rightarrow \min, \quad (3)$$

де $n_{mp i}$ – інтенсивність транзитного вагонопотоку без переробки i -того напрямку, ваг;

$n_{nep i}$, n_{mi} – відповідно інтенсивність транзитного вагонопотоку з переробкою та місцевих вагонів i -того напрямку, ваг;

$t_{mp i}$ – простій транзитного вагона без переробки i -того напрямку, год;

$t_{nep i}$ – простій транзитного вагона з переробкою i -того напрямку, год.

При обмеженні величин до відповідних показників

$$\begin{cases} n_i \rightarrow \max; \\ t_{mex i} \rightarrow \min. \end{cases}$$

У той же час величини простою транзитних вагонів без переробки, з переробкою та місцевого не можуть бути менше показників за плановим обсягом роботи станції з відповідними вагонами.

За величиною прогнозованого оптимального граничного можливо допустимого РП вагонів ЗА та ОК визначають основні прогнозовані показники роботи вагонів сортувальної станції у залізничному вузлі (оборот, роботу, навантаження, вивантаження).

Вплив наявної провізної спроможності залізничного напрямку з різними видами руху, т нетто за добу, [8] на РП з одного напрямку слід розраховувати за формулою (4)

$$f(\Gamma) = Q_{\text{бр}} \cdot \varphi \cdot \frac{1}{K_n} [N_{\text{наявн}} \cdot K_{\epsilon}^H - N_{nc} \cdot \epsilon_{nc} - N_{зб} \cdot \epsilon_{зб} - N_{np} \cdot \epsilon_{np} + \frac{Q_{\text{бр}}^{\text{зб}}}{Q_{\text{бр}}} N_{зб} + \frac{Q_{\text{бр}}^{\text{np}}}{Q_{\text{бр}}} N_{np}] - n_p q_d \rightarrow \min, \quad (4)$$

де $Q_{\text{бр}}$ – маса вантажного поїзда ОК вантажної швидкості, т;

φ – коефіцієнт відношення маси вантажа нетто та бруто состава ОК;

K_n – коефіцієнт нерівномірності перевезень ОК;

$Q_{\text{бр}}^{\text{зб}}$ – маса бруто збірних поїздів ОК;

$N_{зб}$ – число збірних поїздів ОК;

$Q_{\text{бр}}^{\text{np}}$ – маса бруто більш швидкісного вантажного поїзда ОК;

N_{np} – число більш швидкісних вантажних поїздів ОК;

K_{ϵ}^H – нормативний коефіцієнт використання пропускнуої спроможності;

q_d – динамічне навантаження, т/ваг.

При обмеженнях:

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{\epsilon}^H = 0,85 \text{ – для однокільних ліній;} \\ K_{\epsilon}^H = 0,90 \text{ – для двокільних ліній;} \\ K_{\epsilon}^H = 0,87 \text{ – для ліній з двокільними вставками;} \\ \varphi = 0,67; \quad K_H = 1,3. \end{array} \right.$$

Однією з основних задач реформування залізничного транспорту України є мінімізація експлуатаційних витрат у залізничному вузлі. Розглянута технологія перевезень на ланцюгах „вхідні дільниці – сортувальна станція – вантажна станція – під’їзні колії” та навпаки „під’їзні колії – вантажна станція – сортувальна станція – вихідні дільниці”. Запропонована модель функціонування транспортних систем залізничних сортувальних станцій стохастичного програмування з цільовою функцією, яка у свою чергу є функціоналом. Розрахунки цільової функції мають відповідні обмеження: за кількістю колій, маневрових

локомотивів, РП, маси поїзда, місткості вантажних пунктів за умовами сумарної імовірності та експлуатаційних витрат.

Функціональні цілі при цьому будуть, порівняно з типовою технологією роботи станції, поширені і стосуватися не тільки мінімізації витрат розформування–формування, подавання-забирання, розвезення, а і витрат на непередбачувані маневрові пересування, енергетичні витрати маневрових та поїзних локомотивів у вузлі.

Запропонована функціональна модель функціонування транспортних систем залізничних сортувальних станцій має вигляд [9]

$$\left. \begin{array}{l} F = F_B - F_{\Phi} + (F_{\Pi} + F_{\Lambda}) \rightarrow \min \\ F_B = \sum_{i=1}^k n_k \cdot t_k \cdot C_{\epsilon 2} \\ F_{\Phi} = P_{\Phi} \sum_{V_{\Phi}=1}^{V_{\Pi\Phi}} \left[(\eta_{V\Phi} + C_M N_M) (t_{ov} - t_{\Phi V\Phi}) C_{B\Gamma} + \rho_{v\Phi} \eta_{v\Phi} (t_{MV\Phi} - t_{PV\Phi}) (m_V C_{\epsilon 2} + G_{\eta} C_{\eta}) \right] \\ F_{\Pi} = R_{\Pi} \sum_{V=1}^{V_{\Pi\Pi}} \eta_v \left[(t_{ov} - t_{\Pi V}) C_{\Pi\Gamma} + \rho_v (t_{PV} - t_{HV}) (C_{\epsilon 2} + G_{\eta} C_T) \right] \\ F_{\Lambda} = R_{\Lambda} \sum_{V_p=1}^{V_{\Pi\Pi}} \left[(t_{ov_p} - t_{\Phi V_p}) C_{\Lambda\Gamma} + L_{\text{лкм}}^{\partial} C_{\text{лкм}}^{\partial} \right] \end{array} \right\} (5)$$

де $F_B, F_{\Phi}, F_{\Pi}, F_{\Lambda}$ – відповідні функціонали, грн/доб, що враховують добові експлуатаційні витрати внаслідок тривалості знаходження вагонів на станції; економію при більш ранньому відправленні сформованих поїздів; витрати від затримки поїздів на підходах до станції; витрати на

допоміжний пробіг локомотивів з бригадами;

η_v – кількість вагонів ОК в поїзді потоку $V_{i\eta\Pi}$, що прямує до парку приймання (П) (або транзитного парку за спеціалізацією);

Організація перевезень і управління на транспорті

$t_{ПВ}, t_{HV}$ – відповідно до графіків руху час прибуття поїзда та час очікування за прогнозом, год;

$C_{ПГ}, C_{\omega z}, C_{П}, C_{ЛГ}, C_{лкм}^{\partial}$ – відповідно грошові еквіваленти однієї поїздо-години, вагоно-години, тони дизпалива, локомотиво-години, локомотиво-кілометрів одиночного пробігу, грн;

t_{PV}, t_{HV} – відповідно розрахунковий та нормативний час на розформування состава, год;

$\rho_v, \rho_{v\phi}$ – відповідно коефіцієнти, що враховують частку составів, з додатковою маневровою роботою при розформуванні на сортувальній гірці та при завершенні формування на витяжній колії;

G – витрати дизельного палива, т (електроенергії, кВт·год);

$\eta_{V\phi}$ – кількість вагонів у составі потоку $P_{1\eta\phi}$, що сформовані і виставлені до парку відправлення;

ϵ_M – частка затримки місцевих вагонів;

N_M – кількість місцевих вагонів;

$t_{ov}, t_{\phi V\phi}$ – відповідно очікувана (запланована) тривалість відправлення поїзда, год;

$t_{MV\phi}, t_{PV\phi}$ – відповідно нормативна та розрахункова тривалість на завершення формування, год;

R_{Λ} – частка допоміжного пробігу поїзного локомотива з бригадою у потоці;

$L_{лкм}^{\partial}$ – відстань допоміжного пробігу, лок. км;

$t_{ovp}, t_{\phi VP}$ – відповідно, очікувана (запланована) тривалість відправлення локомотива з бригадою-резервом, год.

Дана функціональна модель враховує нормативи:

$$\left\{ \begin{array}{l} (N_{jП}, L_{jП}) - \text{кількість і довжина колій у парку приймання}; \\ (N_{j\phi}, L_{j\phi}) - \text{кількість і довжина колій у парку відправлення}; \\ (N_{jc}, L_{jc}, M_{jc}) - \text{кількість і довжина колій у сортувальному парку, що закріплено за маневровим районом}; \\ (Q_i, L_i) - \text{норми маси і довжини поїздів за призначенням плану формування поїздів}; \\ (T_n, H_n) - \text{тривалість і напрямок слідування поїзда по нитці графіка руху}; \\ C_{\omega z}; C_{лг}; C_{пг}; C_{лкм}^{\partial}; C_T; G_{\eta} - \text{вартість відповідно: ваг. год, лок. год, потяг. год, лок. км, 1 т палива (1 кВт·год) та норми витрат.} \end{array} \right.$$

При обмеженнях

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{\omega z}^{\min} \leq C_{\omega z} \leq C_{\omega z}^{\max}; C_{лг}^{\min} \leq C_{лг} \leq C_{лг}^{\max}; \\ C_{пг}^{\min} \leq C_{пг} \leq C_{пг}^{\max}; C_{лкм}^{\min} \leq C_{лкм}^{\partial} \leq C_{лкм}^{\max} \\ G_n^{\min} \leq G_n \leq G_n^{\max}; C_T^{\min} \leq C_T \leq C_T^{\max} \end{array} \right. \quad (6)$$

Вказані вище грошові еквіваленти відрізняються на різних залізницях УЗ,

тому доцільно обрати їх середні величини. Оскільки дані про затримку поїздів на

підходах та про резервний пробіг передаточних локомотивів у вузлі відсутні, то модель (5) у подальшому розглядається на функціональних частинах F_B та F_Φ для сукупності вагонів усіх власників.

Прибуття та відправлення вагонів має нерівномірний характер упродовж кожної доби. Тому поряд з нормативами тривалості знаходження вагонів транзитних без переробки, з переробкою, місцевих слід використовувати середньодобову величину тривалості по всіх категоріях робочого вагонного парку у вигляді обороту вагона, діб.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Оптимізація організації перевізного процесу неможлива без перегляду критеріїв оцінки ефективності галузі. Показники звітності не адекватні сучасним економічним умовам і стимулюють прийняття неефективних управлінських рішень. Необхідно ввести показники рівня маршрутизації перевезень, що буде стимулювати залізничників до перебудови системи організації перевезень.

Наявність поряд з залізничними адміністраціями – власниками державного парку вагонів компаній операторів

перевезень, зменшення обороту вагона ще не пов'язано з потребами вантажоотримувачів у прискоренні доставки вантажу.

Модель функціонування транспортних систем залізничних сортувальних станцій у вузлі слід визначати шляхом оптимізації їх основних параметрів. Цільова функція потребує включення вартості часових та технічних складових. Запропонована стохастична модель враховує обслуговування вантажовідправників та вантажоотримувачів на станціях вузла з урахуванням типу вагонів та роду вантажу.

У межах реалізації технологічних процесів сортувальної роботи опорної сортувальної станції встановлена доцільність варіантних технологій на базі оптимізації провізної спроможності на прикладі інтермодальних перевезень, що при подальшому розвитку автоматизованих систем керування місцевою роботою вузла за допомогою АРМ персоналу на опорній сортувальній та вантажних станціях підприємств залізничного транспорту підвищить ефективність використання інфраструктури станцій різного призначення.

Список літератури

1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України [Текст] [схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006]. // Магістраль. – № 1 (1179). – 10-16 січня 2007 р. – С. 6.
2. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. [схвалена розпорядженням КМУ від 16 грудня 2009 р. № 1555-р.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/](http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/) 10.12.2009. – Загол. з екрану.
3. Статут залізниць України [затверджений Постановою КМУ № 457 від 6.04.1998 р.] [Текст]. – К.: Транспорт України, 1998. – 83 с.
4. Закон № 4442-VI від 23 лютого 2012 року «Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4442-17](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4442-17). – Загол. з екрана.
5. Закон № 4443-VI від 23 лютого 2012 року «Про внесення змін до Закону України «Про залізничний транспорт» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/4443-17](http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/4443-17). – Загол. з екрана.

6. Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті [Текст]: навч. посібник // М.І. Данько, Т.В. Бутько, О.В. Березань, В.М. Кулешов та ін; під ред. М.І. Данька. – Харків: УкрДАЗТ 2008. – 174 с.

7. Данько, М.І. Формування вимог до технології взаємодії залізничних адміністрацій і власників рухомого складу [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.М. Запара, В.В. Кулешов: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 5-11.

8. Кулешов, В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В.В. Кулешов: зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124. – С. 83-90.

9. Кулешов, В.М. Системний аналіз використання технічних засобів залізничних станцій [Текст] / В.М. Кулешов, М.П. Носенко, Ю.А. Рябушка // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 2/6(26). – С. 14-16.

10. Пятьдесят четвертое заседание Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества 18-19 мая 2011 г. в г. Хельсинки [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mintrans.ru>. – Загл. с экрана.

Ключові слова: вагон, власник рухомого складу, залізнична адміністрація, інтермодальні перевезення, операторська компанія, пропускна спроможність, робочий парк вагонів.

Анотації

Побудована модель функціонування транспортних систем залізничних сортувальних станцій на базі оптимізації провізної спроможності на прикладі інтермодальних перевезень. Запланована величина робочого парку технічної станції залізничної транспортної системи.

Виходячи з потреб прогнозованого максимального допустимого робочого парку вагонів різних власників для технічної станції залізничного вузла методом інтеграції перевізного процесу розглянуті залежності від показників його використання. Удосконалена функціональна модель функціонування транспортних систем залізничних сортувальних станцій.

Построена модель функционирования транспортных систем железнодорожных сортировочных станций на базе оптимизации провозной способности на примере интермодальных перевозок. Запланирована величина рабочего парка технической станции железнодорожной транспортной системы.

Исходя из нужд прогнозируемого максимального допустимого рабочего парка вагонов разных собственников для технической станции железнодорожного узла методом интеграции перевозочного процесса рассмотрены зависимости от показателей его использования. Усовершенствована функциональная модель функционирования транспортных систем железнодорожных сортировочных станций.

The model of functioning of transport systems of sorting railheads is built on the base of optimization of transport ability on the example of transportations a few types of transport. The size of worker of park of the technical station of a railway transport system is planned.

Coming from the needs of the forecast maximal possible worker of park of carriages of different owners for the technical station of railway knot the method of integration of vehicular process is consider dependences on the indexes of his use. The functional model of functioning of transport systems of sorting railheads is improved.