

УДК 656.212:656.225

*Канд. техн. наук В.В. Кулешов,
О.Ю. Толбатов, Т.Р. Чурилик*

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАРКОМ ВАГОНІВ ОПЕРАТОРСЬКИХ КОМПАНІЙ НА СТАНЦІЯХ ВУЗЛА

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

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року [1] та інших відомчих нормативних документів [2, 3], пріоритетним напрямком технічного реформування залізничного транспорту України є зміна технологій, систем взаємодії з користувачами залізничних послуг. На інфраструктурному просторі відбувається взаємодія великої кількості учасників ринку: залізниць, операторів перевезень, власників рухомого складу, власників вагоно-ремонтних підприємств, що потребує від власника інфраструктури координації всіх учасників перевізного процесу на базі однакових вимог до організації руху.

Завданням ДП «Український транспортно-логістичний центр» (УТЛЦ) є

координація діяльності на зовнішніх ринках з перевізниками та залізничними адміністраціями, пошук попутного завантаження, скорочення порожнього пробігу вагона. У розпорядженні та оперуванні УТЛЦ близько 50 тис. піввагонів – універсального вантажного рухомого складу. Обороти вагонів, що знаходяться під оперуванням УТЛЦ, при проходженні за межами України скоротилися на 40 %. Порожній рейс піввагона на залізницях України скорочений на 27,8 км. З метою мінімізації обігу вагонів і зменшення порожнього пробігу вагонів інших операторів можливе запровадження Єдиної системи управління парком вантажних вагонів (ЕСУ ПВВ).

Внаслідок скорочення обсягів перевезень на ряді залізниць частка сортувальних станцій віднесена до дільничних або вантажних. Наприклад,

відповідно до вимог пункту 1.11 «Загального положення про залізничну станцію» № ЦД-0054, затвердженого наказом Укрзалізниці від 30.12.2004 р. №1041-ЦЗ, на Південній залізниці за призначенням і основним характером роботи визначені 11 дільничних станцій та 3 сортувальних станції (Основа, Кременчук, Куп'янськ-Сортувальний). Нераціональний перерозподіл маневрової та сортувальної роботи між основними станціями у залізничних вузлах при формуванні не тільки передаточних, але і інших категорій поїздів з метою забезпечення мінімальних експлуатаційних витрат суттєво впливає на ефективність використання елементів залізничних транспортних систем (ЕЗТС), на що і спрямовані наукові програми Української державної академії залізничного транспорту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В нормативних документах щодо організації перевезень докладно не враховані розвинені інформаційні технології Єдиної автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ-Є), за допомогою яких можливо забезпечити удосконалення залізничних послуг, особливо у міжнародних перевезеннях залізницями України. У попередніх дослідженнях [4-7] були розглянуті сучасні підходи до автоматизованого обліку стану технічних засобів та прогнозування попиту на вантажні перевезення. Але потребують розв'язання питання удосконалення системи управління парком власних вантажних вагонів, які складають в Україні більше 72 % від загального парку вагонів, на мережі держав СНД і Балтії – 76,9 %, а в Росії – 89,5 %, оскільки показники їх використання погіршені внаслідок застосування неефективних технологій перевезень.

Мета дослідження: удосконалення технології перевезень парком вагонів операторських компаній на станціях вузла в

умовах розвитку інформатизації перевезень у прямому та міжнародному сполученнях.

Основна частина. При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему з тим, щоб вона забезпечувала всі потреби держави і одночасно мала необхідні резерви. Відсутність потужності транспортної системи призводить до дестабілізації виробництва і збільшення транспортних затрат. При цьому виникає питання, які елементи транспортної системи залізничного та інших видів транспорту потребують розвитку і на якому рівні. Комплексний розвиток транспорту можливий при вирішенні методологічної задачі – визначення оптимальних пропорцій у розвитку окремих елементів транспортної системи різних видів транспорту.

За результатами досліджень вхідних вагонопотоків на вантажні фронти сортувальних та вантажних станцій виявлено, що розподіл інтервалів залежить в першу чергу від обсягів переробки та технічного оснащення, числа маневрових локомотивів і рівня їх навантаження, колійного розвитку та особливостей його конструкції, типу сортувальних пристроїв, тривалості подачі вагонів, схеми розташування вантажних фронтів на станції або примикання їх до станції чи до інших вантажних фронтів, а також від перерозподілу сортувальної роботи між технічною та вантажною станціями. Встановлено також, що при обсягах переробки до 25 вагонів на добу у більшості випадків спостерігається експоненційний закон розподілу інтервалів, а при більших обсягах та у випадках примикання вантажних фронтів безпосередньо до витяжних колій чи до групи колій сортувального парку – нормальний закон. На перевантажувальній частині вантажних станцій у технологічних процесах передбачена подавання вагонів за встановленим розкладом, але він постійно

порушується через виникнення міжопераційних перерв при виконанні основних технологічних операцій, особливо при невідповідності числа сортувальних колій числу груп вагонів у передаточних поїздах [7, 8].

Запропонована функціональна модель діяльності сортувального комплексу опорної сортувальної станції має враховувати вказані чинники і є дворівневою. На першому рівні визначається оптимізація обробки добового потоку поїздів і вагонів з метою мінімізації експлуатаційних витрат

$$\begin{aligned}
 F &= F_B - F_\Phi + (F_\Pi + F_\Lambda) \rightarrow \min \\
 F_B &= \sum_{i=1}^k n_k \cdot t_k \cdot C_{\epsilon z} \\
 F_\Phi &= P_\Phi \sum_{V_\Phi=1}^{V_{\Pi\Phi}} \left[(\eta_{V\Phi} + \epsilon_M N_M) (t_{ov} - t_{\Phi V\Phi}) C_{BГ} + \rho_{v\Phi} \eta_{v\Phi} (t_{MV\Phi} - t_{PV\Phi}) (m_V C_{\epsilon z} + G_\eta C_\eta) \right], \\
 F_\Pi &= R_\Pi \sum_{V=1}^{V_{\Pi\Pi}} \eta_v \left[(t_{ov} - t_{\Pi V}) C_{\PiГ} + \rho_v (t_{PV} - t_{HV}) (C_{\epsilon z} + G_\eta C_T) \right] \\
 F_\Lambda &= R_\Lambda \sum_{V_p=1}^{V_{\Pi\Pi}} \left[(t_{ov_p} - t_{\Phi V_p}) C_{\LambdaГ} + L_{\text{лкм}}^\delta C_{\text{лкм}}^\delta \right]
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $F_B, F_\Phi, F_\Pi, F_\Lambda$ – відповідні функціонали, грн/доб, що враховують добові експлуатаційні витрати внаслідок тривалості перебування 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 у поїзді потоку $V_{i\eta\Pi}$, що прямує до парку приймання (Π), (або транзитного парку за спеціалізацією);

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

$C_{\PiГ}, C_{\epsilon z}, C_\Pi, C_{\LambdaГ}, C_{\text{лкм}}^\delta$ – відповідно грошові еквіваленти однієї поїздо-години, вагоно-години, тони дизпалива, локомотиво-години, локомотиво-кілометра одиночного пробігу, грн;

t_{PV}, t_{HV} – відповідно розрахунковий та нормативний час на розформування составу, 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, t (електроенергії, кВт-год);

$\eta_{V\Phi}$ – кількість вагонів у составі потоку $P_{i\eta\Phi}$, 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;

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

$t_{ov_p}, t_{\Phi V_p}$ – відповідно очікувана (запланована) тривалість відправлення локомотива з бригадою резервом, год.

Дана функціональна модель враховує нормативи:

$$\left\{ \begin{array}{l} (N_{jП}, L_{jП}) - \text{кількість і довжина колій у парку приймання;} \\ (N_{jв}, L_{jв}) - \text{кількість і довжина колій у парку відправлення;} \\ (N_{jс}, L_{jс}, M_{jс}) - \text{кількість і довжина колій у сортувальному парку, що закріплено за маневровим районом;} \\ (Q_i, L_i) - \text{норми маси і довжини поїздів за призначенням плану формування поїздів;} \\ (T_n, H_n) - \text{тривалість і напрямок проходження поїзда по нитці графіка руху;} \\ C_{вг}; C_{лг}; C_{нг}; C_{лкм}^0; C_T; G_n - \text{вартість, відповідно: ваг.год, лок.год, поїзд.год, лок.км, 1 т палива (1 кВт\cdot\text{год}) та норми витрат.} \end{array} \right.$$

При обмеженнях:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{вг}^{\min} \leq C_{вг} \leq C_{вг}^{\max}; C_{лг}^{\min} \leq C_{лг} \leq C_{лг}^{\max}; \\ C_{нг}^{\min} \leq C_{нг} \leq C_{нг}^{\max}; C_{лкм}^{\min} \leq C_{лкм}^0 \leq C_{лкм}^{\max}; \\ G_n^{\min} \leq G_n \leq G_n^{\max}; C_T^{\min} \leq C_T \leq C_T^{\max}. \end{array} \right.$$

На другому рівні визначається оптимальна технологія розвезення у вузлі місцевих вагонів передаточним локомотивом (подавання-забирання місцевих вагонів на станції маневровим локомотивом). Перш за все визначається черговість розвезення, враховуючи тип вагонів (універсальні, спеціалізовані) та собівартості вагоно-годин, локомотиво-годин, локомотиво-кілометрів та ін. Оптимальний варіант черговості подавання-забирання або розвезення вагонів визначається за мінімумом експлуатаційних витрат, грн,

$$F = f(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де Z_1 – витрати на час перебування місцевих вагонів i -типу на сортувальному та вантажному комплексах;

Z_2 – витрати дизельного палива (електроенергії) на поїзні та маневрові переміщення;

Z_3 – витрати на пробіги вивізних і передаточних поїздів;

Z_4 – витрати, що пов'язані з часом перебування локомотивів, включаючи час роботи локомотивних бригад;

Z_5 – витрати на інформаційне забезпечення станційних операцій сортувальної, вантажної роботи, передаточного руху у вузлі;

Z_6 – витрати на допоміжний пробіг маневрових та передаточних локомотивів.

При обмеженнях:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{кількість вагонів } 1 \leq m_c \leq m \\ \text{тривалість роботи сортувальної системи та вантажних фронтів } 12 \leq t_c \leq 24 \\ \text{місткість вантажного фронту } 1 \leq m_c \leq m_{фр} \\ \text{тривалість роботи маневрових локомотивів } 12 \leq t_n \leq 24 \\ \text{маса передаточного поїзду } Q_{\min} \leq Q_n \leq Q \\ \text{імовірності появи різних типів універсальних та спеціалізованих вагонів у поїзді } P_U + P_C + P_T + P_{II} = 1 \end{array} \right.$$

У явному зображенні експлуатаційні витрати мають вигляд:

$$\begin{aligned}
 Z = & [(t_{\text{copm}} + t_{\text{вaим}})(e_U P_U + e_T P_T + e_C P_C + e_{\Pi} P_{\Pi})m_c] + \\
 & + \left[\int_{Q_{\text{min}}}^{Q_{\text{max}}} G(Q_n) dQ L_{\text{нал}} 10^{-3} \right] + [Q_{\Pi} L \cdot c_k \cdot 10^{-4}] + [T_{\Pi} \cdot c_{\text{лн}} + T_M \cdot c_{\text{лм}} + T_b \cdot c_{b2}] + \\
 & + [24 \cdot V_i \cdot c_{\text{м2}}] + [PL_{\text{дон}} c_{\text{кд}} 10^{-4}], \tag{3}
 \end{aligned}$$

В результаті вирішення задачі методом динамічного програмування [9] отримуємо набір стратегій обслуговування вантажних комплексів на опорній сортувальній та вантажних станціях. За безумовно оптимальний варіант обирається варіант на останньому кроці за мінімальними експлуатаційними витратами

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{min}} = \min \{Z_i(u)\} \\
 s \in \tilde{S}_0 \tag{4}
 \end{aligned}$$

Першочерговим є подавання, на яке витрачається мінімум часу. Якщо є вагони, що вимагають пріоритетного подавання, то такі вагони подаються в першу чергу. Іноді виникає ситуація, коли вагони не можуть бути завантажені внаслідок нестачі порожніх вагонів, то в першу чергу подаються вагони, що йдуть під здвоєні вантажні операції. Оскільки звітні дані є тільки про час перебування локомотива на подаванні-забиранні та про обіг його, подальші розрахунки проводимо за даним чинником. Доцільно при цьому враховувати за типами вагонів (універсального, спеціалізованого) вартість вагоно-години. Оптимальна послідовність подавань або руху передаточних поїздів може бути визначена з урахуванням у них різних видів вагонів.

Ці розрахунки можливі на базі даних пономерної моделі АСК ВП УЗ-Є за елементами простою вагонів на станціях та дільницях. Доцільно врахувати одночасно тривалість поїзних, сортувальних,

вантажних операцій на кожному з ЕЗТС, вартість вагоно-годин рухомого складу різних власників та, враховуючи більшу ретельність проведення розрахунків часу перебування вагонів між залізницею та вантажовласниками, оптимальна послідовність подавань вагонів на вантажні пункти сприятиме скороченню простою місцевих вагонів на опорній сортувальній станції і на вантажних станціях дирекції залізничних перевезень та скороченню експлуатаційних витрат.

Висновки з дослідження й перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Недотримання термінів доставки призводить до відмовлення користувачів від послуг залізничного транспорту і переходу на інші види транспорту, зокрема – на автотранспорт. У роботі операторів перевезень потрібно зменшення обігу вагона пов'язувати із прискоренням доставки вантажу.

Розробку плану формування вантажних поїздів необхідно проводити з урахуванням закріплення спеціалізації колій у сортувальних парках технічних (сортувальних) станцій, на яких виконується переробка вагонопотоків залежно від зобов'язань залізниці з термінів доставки вантажів і обігу вагонів різних операторів перевезень з урахуванням гнучких технологій поїздоутворення.

Необхідно доповнити існуючу спеціалізацію вантажних поїздів, для чого у кожному регіоні залізниці виділити “Опорну технічну станцію” і мережу “Дільничних технічних станцій”,

враховуючи кореспонденцію вагонопотоків у попутному напрямку між цими станціями і варіантне поїздоутворення на комплексі взаємодіючих об'єктів мережі.

На ДП «Український транспортно-логістичний центр» слід покласти функції Єдиного інформаційно-керуючого логістичного центру, що об'єднує як

залізничну, так і внутрішньопортову логістику з координації роботи з урахуванням гнучких договірних тарифів при згоді користувачів для прискорення просування поїздо- або вагонопотоку, або при прискоренні терміну доставки за вимогою користувача.

Список літератури

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс]. Схвалено розпорядженням КМУ від 16.12.2009. №1555-р. – 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.

2. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України [Текст] / Схвалено розпорядженням КМУ 27.12.2006. № 651-р. – К.: Магістраль, № 1 (1179). – 10-16 січ. 2007. – 6 с.

3. Програма економічних реформ України на 2010-2014 рр.: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/URL: president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf](http://www.president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf). – Загол. з екрана.

4. 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.

5. Данько, М.І. Удосконалення організаційно-технологічної моделі використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України [Текст] / М.І. Данько, Д.В. Ломотько, В.В. Кулешов // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 129 – С. 5-12.

6. 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.

7. 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.

8. Шапкин, А.С. Математические методы и модели исследования операций. [Текст] / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – 5-е изд. – М.: Издательско-торговая корпорация “Дашков и К”, 2009. – 400 с.

Ключові слова: інформатизація перевезень, обслуговування вантажних комплексів, опорна сортувальна станція, подавання-забирання, технологія розвезення вагонів, експлуатаційні витрати.

Анотації

При структурних змінах і зростанні економіки виникає необхідність адекватно розвивати транспортну систему. Запропонована функціональна модель діяльності сортувального комплексу опорної сортувальної станції. Оптимальний варіант черговості подавання-забирання або розвезення вагонів визначається за мінімумом експлуатаційних витрат.

В результаті вирішення задачі методом динамічного програмування отримуємо набір стратегій обслуговування вантажних комплексів на опорній сортувальній та вантажних станціях. За безумовно оптимальний варіант обирається варіант на останньому кроці за мінімальними експлуатаційними витратами.

При структурных изменениях и росте экономики возникает необходимость адекватно развивать транспортную систему. Предложена функциональная модель деятельности сортировочного комплекса опорной сортировочной станции. Оптимальный вариант очередности подачи-уборки или развоза вагонов определяется по минимуму эксплуатационных расходов.

В результате решения задачи методом динамического программирования получаем набор стратегий обслуживания грузовых комплексов на опорной сортировочной и грузовых станциях. За безусловно оптимальный вариант выбирается вариант на последнем шаге с минимальными эксплуатационными расходами.

Under structured change and growing of the economy appears need adequately to develop the transport system. It is offered functional model to activity of the sorting complex to supporting switchyard. The optimum variant to sequence of the delivery coach is defined on minimum of the working expenses.

As a result of decisions of the problem by method of the dynamic programming get the set service strategy cargo complex on supporting sorting and cargo station. Variant is chosen for certainly optimum variant on the last step with minimum working expenses.