

М. І. БЕРЕЗОВИЙ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПРИ УДОСКОНАЛЕННІ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ

Розглянуто загальні експлуатаційні витрати сортувальних станцій, пов'язані з поїздоутворенням. Виділено статті експлуатаційних витрат, величина яких залежить від спеціалізації сортувальних колій у парках накопичення технічних станцій та виконано їх нормування для розрахунку раціональної спеціалізації цих колій.

Рассмотрены общие эксплуатационные расходы сортировочных станций, связанные с поездообразованием. Выделены статьи эксплуатационных расходов, величина которых зависит от специализации сортировочных путей в парках накопления технических станций и выполнено их нормирование для расчета рациональной специализации этих путей.

General maintenance costs connected with train formation are considered and reviewed. There were determined the articles of expenditure, the size of which depends on the track specialization in the accumulating yards. The rate setting of these expenditure rational track specialization was completed as well.

1. Вступ

Впровадження енергозберігаючих технологій на залізничному транспорті є однією з сучасних актуальних задач поряд із модернізацією та оновленням рухомого складу, введенням у дію швидкісних магістралей, тощо. Особливої важливості набувають заходи, що дають економічний ефект без додаткових капіталовкладень. Одним із таких заходів є удосконалення спеціалізації (способу закріплення окремих призначень плану формування поїздів за коліями чи групами колій у парках накопичення составів) сортувальних колій на технічних станціях Укрзалізниці шляхом перерозподілу призначень між коліями. При цьому не передбачається зміна технічного забезпечення сортувальних парків, тому в якості критерію оптимальності слід приймати мінімум експлуатаційних витрат.

2. Огляд наукових робіт з даної проблеми

У наукових роботах, що присвячені даній проблемі пропонуються різні шляхи встановлення спеціалізації сортувальних колій.

Так в роботах [1, 2] та в ряді інших наукових праць при розробці спеціалізації колій в парках накопичення рекомендується враховувати співвідношення потужності призначень і довжин колій, забезпечувати рівномірний розподіл відцепів по пучках сортувального парку шляхом закріплення найпотужніших призначень до різних пучків та пропорційність сумарної потужності призначень окремих пучків і загальної місткості колій пучка, тощо. Спеціалізації сортува-

льних колій за даними принципами була впроваджена на станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці, але відсутність чіткої методики вибору раціональної спеціалізації призвело до того, що за останні 20 років спеціалізація змінювалася тільки при введенні та змінах у плані формування поїздів.

Роботи авторів з Ростовського університету шляхів сполучення [3], спрямовані на розробку оптимальної спеціалізації сортувальних колій, ставлять за мету підвищення переробної спроможності сортувальної гірки. Методика вибору спеціалізації колій основана на максимізації кількості ділень відцепів на головних, розташованих найближче до горба гірки стрілочних переводах. Як наслідок зростає швидкість розпуску і переробна спроможність гірки. З цією метою пропонується при розрахунку спеціалізації для призначень, групи вагонів в яких найбільш часто розташовуються поряд в складах, що розформовуються, виділяти колії в різних пучках сортувального парку.

У ряді робіт, присвячених аналізу напрямків підвищення ефективності сортувального процесу, розглядаються питання впровадження паралельного розпуску составів та розробки відповідної спеціалізації сортувальних колій. Спеціалізація повинна бути спрямована на оптимізацію маршрутів перестановки составів, що потребують повторного сортування, в парк прибуття та зменшення обсягів повторного сортування вагонів. Слід відзначити, що використання паралельного розпуску составів у сучасних умовах не є актуальною задачею через відсутність необхід-

ного технічного оснащення та незначні розміри вагонопотоків у розформування на переважній більшості технічних станцій.

В умовах недостатньої кількості колій в парку накопичення використовується гнучка спеціалізація колій [4]. Цей захід є оперативним і використовується з метою забезпечення процесу розформування поїздів при недостатній кількості колій чи в умовах коливань середньодобових обсягів надходження в розформування вагонів окремих призначень. Прикладом може бути станція Знамянка Одеської залізниці, де впроваджена на постійній основі саме гнучка спеціалізація колій сортувального парку.

Таким чином, традиційні методи вибору спеціалізації сортувальних колій ґрунтуються на вирішенні питань, що вирішують одну конкретну проблему: покращення умов розпуску составів, зменшення витрат на повторне сортування вагонів, можливість збільшення переробної спроможності гірки, тощо. При такому підході не розглянутими залишаються питання впливу на процес поїздоутворення характеристик призначень плану формування поїздів, сор-

тувальних колій, витрат на закінчення формування та виставку составів.

3. Аналіз структури експлуатаційних витрат на поїздоутворення та факторів впливу на їх величину

Виконані дослідження [5] показали значну різницю між технічними характеристиками сортувальних колій одного парку: корисними довжинами, поздовжніми ухилами в межах корисної довжини та параметрами стрілочних горловин. Крім цього було виявлено, що окремі призначення плану формування поїздів також мають широкий діапазон коливання значень технічних характеристик: потужності призначення $N_{\text{доб}}$, ваг./добу; середніх значень довжини відчепа $M[n]$, ваг. та ваги вагону $M[q_{\text{в}}]$, т.

Наведене вище потребує врахування при визначенні експлуатаційних витрат на поїздоутворення, пов'язаних зі зміною спеціалізації сортувальних колій.

Загальна структура експлуатаційних витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням поїздів на сортувальних станціях наведена на рис. 1.



Рис. 1. Загальна структура експлуатаційних витрат, пов'язаних з розформуванням-формуванням поїздів

Дослідження виконані у [6] показали, що спеціалізація сортувальних колій не впливає на величину інтервалів між відчепами на розділових елементах, тобто на умови розпуску составів. Це пояснюється можливістю перерозподілу розділових інтервалів між відчепами завдяки інтервальному регулюванню швидкості їх скочування на 1-й та 2-й гальмівних позиціях. Спеціалізація сортувальних колій не впливає на енерговитрати на переведення стрілочних переводів по маршруту скочування відцепів та

незначною мірою впливає на величину енергетичних витрат на гальмування вагонів. Отримане значення розсіву обсягів споживання повітря на гальмування при різних варіантах спеціалізації в межах 4,7 % дає підставу знехтувати цими витратами.

Імітаційні експерименти по заповненню сортувальних колій вагонами [7] та їх підготовці до розформування наступного составу показали, що зміна спеціалізації сортувальних колій суттєво (до 37 %) впливає на тривалість їх під-

готовки до розформування шляхом заповнення „вікон” між вагонами з боку сортувальної гірки чи хвоста сортувального парку. Ідентифікацію отриманої моделі виконано з використанням симетричної трьохфакторної поліноміальної моделі типу $M_1 \times M_2 \times M_3$ шляхом проведення повного факторного експерименту. В якості факторів вибрано ухил сортувальної колії i_s , ‰, середні значення довжини відчепа $M[n]$, ваг. та ваги вагону $M[q_v]$, т. Функція відгуку – питома тривалість маневрових операцій по ліквідації «вікон» $t_{ман0}$, в розрахунку на один розформований вагон.

Після нормування значень коефіцієнтів отримана наступна модель для визначення тривалості маневрових операцій $t_{ман0}$ по підготовці s -ї колії до розформування чергового складу в розрахунку на 1 вагон:

$$\begin{aligned} \tilde{t}_{ман0,s} = & 0,338 + 0,048i_j - 0,115M[n_s] - \\ & - 0,075i_j M[n_s] + 0,025(M[n_s])^2. \end{aligned} \quad (1)$$

Середньодобові витрати локомотиво-годин на підготовку сортувальних колій накопичення певного призначення до розформування чергового складу в грошовому еквіваленті розраховуються за формулою

$$c_{пр,s} = 0,017e_{л-г} N_{доби} \tilde{t}_{ман0,s}, \quad (2)$$

де $e_{л-г}$ – розрахункова ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи.

Дослідження впливу параметрів сортувальних колій, що виділені для накопичення призначень плану формування, на обсяги повторного сортування вагонів $M_{дс}$ [8] виконувались на основі імітаційного моделювання процесу поїздоутворення у сортувальному парку. Результати експериментів показали суттєвий вплив потужності вагонопотоків на обсяги повторного сортування вагонів $n_{віді}$. В подальшому значення $n_{віді}$ встановлювалися шляхом проведення факторного експерименту з імітаційною моделлю. В якості факторів було обрано: довжину колії накопичення $l_{ск}$ в умовних вагонах та її співвідношення з довжиною складу, що накопичуються і формуються на цій колії; середньодобову потужність призначення за планом формування $N_{доб}$, ваг./добу; середню кількість вагонів даного призначення $M[n_{прі}]$, ваг. в складі поїздів, що розформовуються; завантаження маневрових локомотивів формування складу $\varphi_{лок}$ в хвості сортувального парку.

Після нормування значень коефіцієнтів отримана наступна модель для визначення кількості вагонів, що поступають у відсів:

$$\begin{aligned} \tilde{n}_{від,s} = & 66,7 - 1,5l_{ск} + 0,073N_i + \\ & + 0,867M[n_{прі}] + 22\varphi_{лок}. \end{aligned} \quad (3)$$

Середньодобові витрати локомотиво-годин на повторне сортування вагонів i -го призначення плану формування сортувальної станції з відсівної колії в грошовому еквіваленті розраховуються за формулою

$$c_{пс,s} = \frac{(E_{пс}e_{дп} + 0,017T_{пс}e'_{л-г})\tilde{n}_{від,s}}{0,25m_c}, \quad (4)$$

де $E_{пс}$ – витрати палива локомотивом ЧМЕЗ, необхідні для циклу маневрів повторного сортування;

$e_{дп}$ – вартість одного кг дизельного пального, грн.;

$e'_{л-г}$ – розрахункова ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи без урахування витрат палива, грн.;

$T_{пс}$ – тривалість циклу повторного сортування, год.

Тривалість процесу закінчення формування поїздів $T_{зф,s}$, год., залежить від кількості колій, виділених для накопичення вагонів певного призначення, та, при кількості таких колій понад одну, від їх взаємного положення в сортувальному парку.

Середньодобові витрати локомотиво-годин на закінчення формування поїздів окремого призначення з урахуванням вагонної складової у грошовому еквіваленті розраховуються за формулою

$$c_{зф,i} = \frac{0,017T_{зф,s}N_{доби}e_{л-г}}{m_c} + 0,017T_{зф,s}N_{доби}e_{в-г}, \quad (5)$$

де $e_{в-г}$ – розрахункова ставка на 1 вагоно-годину;

m_c – кількість вагонів в складі поїзда.

Дослідження, наведені у [5] показують, що характеристики колій сортувальних парків реальних станцій з боку хвостової горловини для однієї станції можуть змінюватись у широких межах (довжини піврейсів заїзду $l_{зх}$, кількість стрілочних переводів по маршруту $k_{стрх}$, сума кутів повороту в стрілочних переводах та кривих $\sum \alpha_{скх}$) Це потребує врахування наведеного вище при розрахунку витрат на маневрові операції з виставки складу свого формування.

Середньодобові витрати на виставку складу свого формування в парк відправлення в частині, що відрізняються для різних сортувальних колій, з урахуванням вагонної складової у грошовому еквіваленті визначаються за формулою

$$c_{\text{вист},s} = 0,017N_i e_{\text{в-г}}(t_{3,s} + t_{\text{в},s}) + \frac{(E_{\text{в},s} e_{\text{дп}} + 0,017(t_{3,s} + t_{\text{в},s}) e'_{\text{л-г}} + C_{\text{кд},s}) N_i}{m_c}, \quad (6)$$

де t_3 та $t_{\text{в}}$ – відповідно тривалість заїзду маневрового локомотива на сортувальну колію під состав та виставки составу свого формування в парк відправлення, хв.;

$E_{\text{в},s}$ – витрати палива локомотивом ЧМЕЗ, необхідні для заїзду локомотива під состав і виставки состава з s -ї колії сортувального парку, кг;

$C_{\text{кд},s}$ – витрати, викликані збільшенням зносу рейок хвостової горловини і рухомого складу на 1 сформований состав на добу, грн., і можуть бути розраховані за формулою

$$C_{\text{кд},s} = \alpha_{\text{кд}} \sum \alpha_{x,s} - b_{\text{кд}} \sum K_{x,s}, \quad (7)$$

де $\sum \alpha_{x,s}$ та $\sum K_{x,s}$ – відповідно сума кутів повороту всіх кривих, град, що мають радіус повороту менше 1000 м та сумарна довжина відповідних кругових кривих, км по маршруту на s -ту колію в хвостовій горловині;

$\alpha_{\text{кд}}$ та $b_{\text{кд}}$ – норми додаткових витрат в кривих малих радіусів, віднесені відповідно на 1 градус кута повороту кривої та на 1 км кривої відповідного радіусу, грн.

Витрати, викликані збільшенням зносу рейок гірочної горловини і рухомого складу на 1 сформований поїзд на добу, грн., визначаються аналогічно наведеному вище для хвостової горловини за формулою

$$c_{\text{гк},s} = \frac{C_{\text{кд},s} N_i}{m_c}, \quad (8)$$

де $C_{\text{кд},s}$ – витрати, викликані збільшенням зносу рейок і рухомого складу на 1 сформований состав на добу, грн., при слідуванні вагонів на s -ту колію в процесі розпуску і можуть бути розраховані за формулою (8) з урахуванням значень $\sum \alpha_{\text{г},s}$ та $\sum K_{\text{г},s}$ – відповідно суми кутів повороту всіх кривих, град, що мають радіус повороту менше 1000 м та сумарної довжини відповідних кругових кривих, км по маршруту на s -ту колію в гірочній горловині;

4. Висновок

Таким чином, сумарні середньодобові витрати, грн., на формування поїздів певного призначення плану формування сортувальної станції визначаються за формулою

$$c_s = c_{\text{пр},s} + c_{\text{пс},s} + c_{\text{зф},s} + c_{\text{вист},s} + c_{\text{гк},s}. \quad (9)$$

Вихідними даними для побудови матриць величини експлуатаційних витрат закріплення призначень плану формування поїздів за коліями сортувального парку є: дані геодезичної зйомки сортувального парку; дані про корисні довжини колій та конструкції горловин парку; статистичні дані структури окремих вагонопотоків у розформування та план формування поїздів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Третьяк, Б. А. Совершенствование работы сортировочной станции [Текст] / Б. А. Третьяк, Н. М. Иванков // сб. тр. ДИИТа. Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: – Д., 1971. – Вып. 125/7. – С. 3-15.
2. Иванков, Н. М. Скользящая специализация сортировочных путей [Текст] / Н. М. Иванков, О. А. Олейник // Труды ДИИТ. – Д., 1968. – Вып. 90/6. – С. 20-41.
3. Пальчик, Л. В. Специализация путей подгоровочного парка путем максимальной интенсивности работы головной стрелки [Текст] / Л. В. Пальчик, Л. И. Бабкова, Г. А. Шляхина, А. А. Явна // Тр. РИИЖТа. – 1975. – Вып. 114. – С. 31-39.
4. Ратин, М. И. Преимущества скользящей специализации путей сортировочного парка [Текст] / М. И. Раткин // Вестн. ВНИИЖТ. – М., 1977. – №1. – С. 41-44.
5. Березовий, М. І. Аналіз технічного забезпечення сортувальних станцій України [Текст] / М. І. Березовий // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – Вып 6/3 (42). – С. 60-66.
6. Козаченко, Д. М. Аналіз впливу спеціалізації сортувальних колій на показники процесу розформування составів [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2006. – №6/2(24). – С. 7-10.
7. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу спеціалізації сортувальних колій на тривалість операцій по їх підготовці до розпуску [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, М. І. Березовий // Вісник Дніпр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вып. 24. – С. 34-37.
8. Козаченко, Д. М. Оптимізація розподілу сортувальних колій між призначеннями плану формування [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник Дніпр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008. – Вып. 22. – С. 52-55.

Надійшла до редколегії 01.03.2011

Прийнята до друку 01.03.2011