

Д. М. КОЗАЧЕНКО, Р. В. ВЕРНИГОРА, М. І. БЕРЕЗОВИЙ (ДІПТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНИХ КОЛІЙ НА ТРИВАЛІСТЬ ОПЕРАЦІЙ ПО ЇХ ПІДГОТОВЦІ ДО РОЗПУСКУ

Розроблено імітаційну модель процесу накопичення составів у сортувальному парку. Наведено результати апробації моделі при дослідженні впливу спеціалізації сортувальних колій на тривалість маневрових операцій з підготовки колій до розпуску составів.

Разработана имитационная модель процесса накопления составов в сортировочном парке. Приведены результаты апробации модели при исследовании влияния специализации сортировочных путей на продолжительность маневровых операций по подготовке путей к роспуску составов.

For modeling of the trains accumulation process on marshalling tracks the special simulation model is designed. The model is used for study of the influence of specialization of marshalling tracks on duration of the operations for liquidation of «windows» between cars on marshalling tracks.

Для нормальної роботи сортувальних гірок колії сортувальних парків перед початком розформування чергового состава повинні мати вільні ділянки з боку гірки для розміщення вагонів, які надходять на сортувальні колії в процесі розпуску. Тому одним з важливих елементів процесу розформування-формування поїздів на станціях є підготовка сортувальних колій до розпуску составів. Ліквідація «вікон» на сортувальних коліях досягається шляхом з'єднання груп або поодиноких вагонів, що зупинилися на колії на деякій відстані один від одного через різні ходові властивості, неточність гальмування відчепів під час розпуску, несприятливий профіль сортувальних колій та інші причини. На даний час підготовка для розпуску чергових составів, як правило, виконується маневровими локомотивами за рахунок осаджування з боку гірки або підтягування вагонів локомотивами з боку витяжних колій.

Відповідно до [1], тривалість операцій з осаджування та підтягування вагонів визначається за формулами:

$$t_{\text{ос}} = 0,06 \cdot \bar{m}; \quad t_{\text{під}} = 0,08 \cdot \bar{m}, \quad (1)$$

де \bar{m} – середня кількість вагонів у составі, що розформується;

0,06 та 0,08 – середні витрати часу маневрової роботи, що припадають на один вагон розформованого состава.

Слід зазначити, що нормативи часу на виконання цих операцій на конкретних станціях можуть уточнюватись за результатами хронометражних спостережень, виконаних на станції. Використання подібного статистичного підходу для нормування тривалості операцій з підготовки

сортувальних колій до розпуску є допустимим при перевірці працездатності станції, але не може використовуватись для розв'язання оптимізаційних задач, наприклад, таких, як вибір спеціалізації колій у сортувальному парку.

Для розв'язання подібних задач необхідно розробити методику, що більш детально враховує характер процесів, які відбуваються при розформуванні та накопиченні составів у сортувальних парках залізничних станцій.

Одним з факторів, що суттєво впливає на процес заповнення сортувальних колій вагонами при розформуванні составів, а також на тривалість виконання маневрових операцій з ліквідації «вікон», є поздовжній профіль сортувальних колій. В той же час, аналіз параметрів поздовжніх профілів колій у сортувальних парках станцій показує, що в межах одного сортувального парку вони можуть мати суттєві відмінності. Так, для станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці сортувальні колії непарної системи знаходяться на спуску в межах від 0,4 ‰ до 1,6 ‰, а парної системи – від спуску 1,2 ‰ до підйому 0,6 ‰. У зв'язку з цим визначення тривалості маневрів з осаджування та підтягування вагонів за виразами (1) дозволяє отримати лише досить приблизні значення, які не можуть бути використані при вирішенні практичних задач з удосконалення сортувального процесу на станціях.

Для дослідження процесу накопичення вагонів на сортувальних коліях розроблено спеціальну імітаційну модель. В ході попередніх досліджень, виконаних за допомогою моделі, встановлено, що характеристики колій по маршруту скочування відчепів на спускній частині

гірки (наявність стрілочних переходів та кругових кривих певного радіусу, довжина маршруту скочування від вершини сортувальної гірки до виходу з другої гальмівної позиції тощо) несуттєво впливають на процес заповнення сортувальних колій. Це пояснюється тим, що режим роботи гальмівних позицій на спускній частині гірки під час реалізації вимог інтервального гальмування справляє значно більший вплив на швидкість руху відцепів, ніж різниця в характеристиках маршрутів їх скочування. У зв'язку з цим при виконанні даного дослідження моделювання процесу накопичення вагонів на сортувальних коліях виконувалось з моменту виходу кожного відчепа з другої гальмівної позиції (СГП). При цьому швидкість виходу відчепа з цієї позиції $v_{\text{вих}}$ розглядалась як випадкова величина. Для визначення характеристик розподілу випадкової величини $v_{\text{вих}}$ виконано серію імітаційних експериментів із розформування составів з використанням моделі сортувальної гірки [2]. Характеристики вагонопотоку та умови скочування (тип, вагова категорія кожного вагона, кількість вагонів у відцепі та координата точки прицілювання) на одне з призначень у сортувальному парку встановлювались у відповідності до плану експерименту, а для інших призначень – моделювались за методикою, запропонованою в [3]. За результатами моделювання отримані вибірки значень випадкової величини $v_{\text{вих}}$ для вагонів кожної з вагових категорій. Для прикладу на рис. 1. наведено гістограму розподілу випадкової величини швидкості $v_{\text{вих}}$ виходу відцепів важкої вагової категорії з СГП.

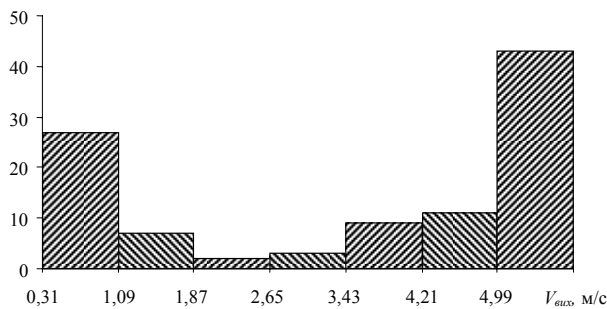


Рис. 1. Гістограма розподілу випадкової величини швидкості виходу відцепів з СГП

Аналіз отриманої вибірки показав, що її можна розділити на дві частини – відповідно до швидкого та повільного режимів скочування відцепів. При цьому повільний режим скочування передбачає максимальне гальмування відчепа на першій гальмівній позиції (ВГП) і мінімальне на СГП, швидкий – мінімальне гальмування на ВГП та максимальне на СГП. Ре-

жим скочування може бути встановлений попередньо на підставі аналізу розташування розділових стрілок по маршруту скочування та довжини відчепа [4]. В результаті статистичної обробки даних імітаційного моделювання роботи гірки встановлено, що швидкість виходу відчепа з СГП при скочуванні, відповідно, у швидкому та повільному режимах може бути визначена за допомогою виразів:

$$v_{\text{вих}}^{\text{ШВ}} = \xi_i; \quad v_{\text{вих}}^{\text{ПОВ}} = v_{\text{max}} - \xi_i,$$

де ξ_i – випадкова величина, що розподілена за показниковим законом, м/с;

v_{max} – максимальна можлива швидкість виходу відчепа з другої гальмівної позиції, м/с.

Математичне очікування випадкової величини ξ_i залежить від параметрів відчепа та умов його скочування. Для прикладу на рис. 2 наведено графіки залежності математичного очікування $v_{\text{вих}}$ від вагової категорії відчепа та кількості вагонів у відцепі при скочуванні у повільному режимі на відстань 400 м (рис. 2а) та 1000 м (рис. 2б).

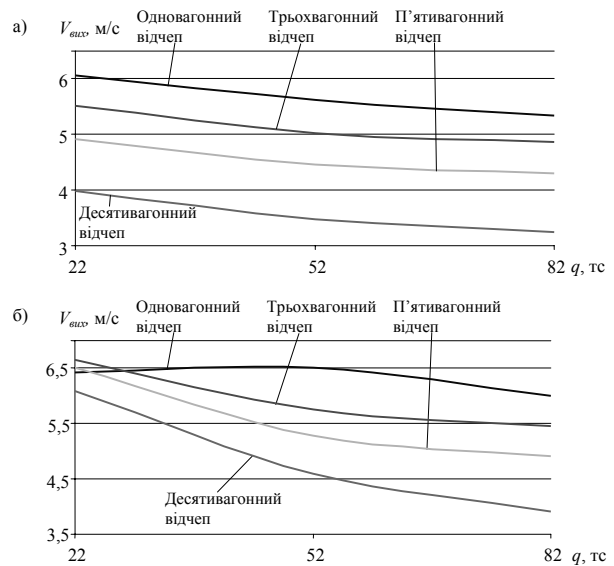


Рис. 2. Графіки залежності швидкості виходу відцепів з СГП від вагової категорії відчепа при скочуванні у повільному режимі:

а – точка прицілювання знаходиться на відстані 400 м від вершини гірки; б - точка прицілювання знаходиться на відстані 1000 м від вершини гірки

Аналогічні залежності були отримані для різних точок прицілювання з кроком 50 м при скочуванні відцепів у швидкому та повільному режимах.

Прицільне регулювання швидкості скочування відцепів на автоматизованих сортувальних гірках виконується на парковій гальмівній позиції (ПГП). Швидкість виходу відцепів з цієї

позиції приймається, виходячи з умови забезпечення швидкості зіткнення вагонів на сортувальних коліях в межах, встановлених ПТЕ [5]. У зв'язку з відсутністю достовірної інформації про ходові властивості відцепів режим їх гальмування на ППП встановлюється, виходячи з умови підходу відчепа з найменшим можливим значенням основного питомого опору руху для вагонів його вагової категорії до вагонів, що знаходяться на сортувальній колії зі швидкістю 5 км/год. Оскільки в розробленій моделі основний питомий опір вагонів у складі відчепа розглядається як випадкова величина, то при моделюванні скочування вагонів з великими значеннями основного питомого опору вибір режиму гальмування відцепів на ППП за таким методом призводить до появи «вікон» на сортувальних коліях.

Слід також зазначити, що при зіткненні вагонів на сортувальній колії з деякою швидкістю виникає процес проштовхування. При моделюванні цього процесу маса об'єднаного відчепа встановлюється як:

$$Q_3 = Q_1 + Q_2,$$

де Q_1 та Q_2 – відповідно, маса відчепа, що скочується, та маса групи вагонів, що знаходиться на сортувальній колії, т;

Початкова швидкість об'єднаного відчепа визначається з умови збереження енергії за допомогою виразу [6]:

$$v_3 = \sqrt{\frac{Q_1 v_{\text{підх}}^2 - 4Q_2 A_{\text{руш}} \cdot g' 10^{-3}}{2(Q_1 + Q_2)}},$$

де $v_{\text{підх}}$ – швидкість підходу відчепа до групи вагонів, що знаходиться на сортувальній колії, м/с;

$A_{\text{руш}}$ – робота на зрушення групи вагонів, які знаходяться на сортувальній колії, кгм;

g' – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції частин вагона, що обертаються, м/с².

Для оцінки адекватності розробленого методу моделювання процесу заповнення сортувальних колій використано параметричний критерій Уїлкоксона [7]. При цьому було виконано порівняння двох вибірок значень величини «вікна», отриманих за даними моделювання та в результаті натурних спостережень на станції Нижньодніпровськ-Вузол. У результаті перевірки встановлено, що вказані вибірки статистично не розрізняються, а отже запропонована модель є адекватною і може використовуватись для подальших досліджень сортувального процесу.

Осаджування або підтягування вагонів виконується у тому випадку, коли відстань між

вагонами, що знаходяться на сортувальній колії, і парковою гальмівною позицією не перевищує довжини наступного відчепа, який прямує на дану колію. Витрати часу на виконання маневрів з підготовки сортувальних колій до розформування чергового состава розраховуються по піврейсах за формулою:

$$t = a + bm,$$

де a і b – нормативи часу на напіврейси перестановки, визначені за умови виконання маневрів з виключеними гальмами [1], хв.;

m – кількість вагонів у маневровому составі.

При цьому також враховується тривалість піврейсів заїзду маневрового локомотива на сортувальну колію та виїзду з неї. У випадку, коли кількість вагонів на колії перевищує норму по накопиченню, моделюється перестановка состава із сортувального парку в парк відправлення.

В результаті виконаних експериментів з моделлю для кожного сформованого состава отримано значення тривалості маневрових операцій з підготовки відповідної сортувальної колії до розформування наступного состава осаджуванням та підтягуванням. В залежності від фактичного розташування груп вагонів на колії перед початком маневрів, тривалість виконання маневрових операцій одним з цих двох способів є мінімальною. Тому загальний час на підготовку сортувальних колій до розформування потоку составів на протязі досліджуваного періоду визначається за формулою:

$$T_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^n \min(t_{\text{ос},j}; t_{\text{підт},j}),$$

де $t_{\text{ос}}$, $t_{\text{підт}}$ – відповідно тривалість осаджування та підтягування;

n – загальна кількість виконаних маневрових операцій по ліквідації «вікон» на сортувальних коліях за досліджуваний період;

Для аналізу впливу параметрів сортувальних колій та характеристик вагонопотоків на процес накопичення составів виконано моделювання скочування потоку відцепів трьох призначень на колії сортувального парку. Характеристики відповідних вагонопотоків наведено у табл. 1.

На основі статистичної обробки результатів моделювання для кожного призначення отримано залежність тривалості маневрових операцій по підготовці сортувальних колій до розпуску від параметрів поздовжнього профілю відповідних колій (рис. 3).

Таблиця 1

Характеристики вагонопотоків на окремі призначення

№ призначення	Математичне очікування кількості вагонів у відцепі, ваг.	Математичне очікування маси бруutto вагона, т	Потужність призначення, ваг.
1	4,4	55,0	42
2	2,5	60,3	231
3	3,5	63,7	157

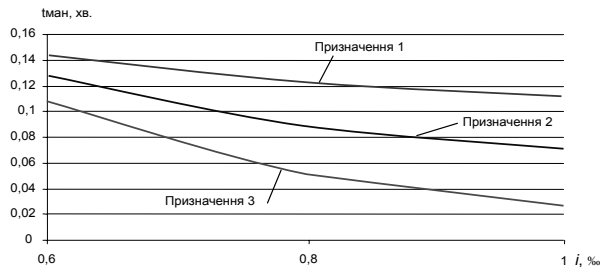


Рис. 3 Питома тривалість маневрових операцій з ліквідації «вікон» в розрахунку на один вагон в залежності від уклону сортувальних колій

Розрахунок витрат часу на маневрові операції, що пов'язані з підготовкою сортувальних колій до розпуску, в залежності від прийнятої спеціалізації сортувальних колій, наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Витрати часу на підготовку колій до розпуску при різних їх спеціалізації

№ призначення	Розподіл призначень по сортувальним коліям			T _{пр} , хв
	колія № 11	колія № 12	колія № 13	
1	1	2	3	31,1
2	1	3	2	30,8
3	2	1	3	39,2
4	2	3	1	42,2
5	3	1	2	38,7
6	3	2	1	42,0

Таким чином, виконані дослідження дають підстави зробити висновок, що зміна спеціалізації сортувальних колій суттєво (до 27 %) впливає на тривалість їх підготовки до розфор-

мування. На великих сортувальних станціях зі значною кількістю колій у сортувальних парках перерозподіл колій між призначеннями плану формування призводить до зміни тривалості маневрових операцій близько 1,0...1,5 год. на добу та суттєвої зміни у завантаженні маневрових локомотивів. Тому витрати, що пов'язані з підготовкою сортувальних колій до розформування, повинні враховуватись при оптимізації розподілу сортувальних колій під призначення плану формування. При цьому техніко-економічна оцінка можливих варіантів спеціалізації сортувальних колій може бути виконана за допомогою запропонованої імітаційної моделі накопичення составів у сортувальному парку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Руководство по технологическому нормированию маневровой работы [Текст]. – М.: Транспорт, 1978. – 56 с.
2. Бобровский, В. И. Математическая модель для оптимизации интервального регулирования скорости отцепов на горках [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. – № 3. – С. 3-8.
3. Козаченко Д. М. Дослідження впливу параметрів відцепів та умов їх скочування на величину інтервалів на розділових стрілках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – С. 78-82.
4. Рогов, Н. В. Исследование условий разделения отцепов на стрелках [Текст] / Н. В. Рогов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 15. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 114-119.
5. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]. – К.: МТУ, 2003. – 133 с.
6. Кузьмин, А. Н. Регулирование скорости движения отцепов на подгорочных путях [Текст] / А. Н. Кузьмин // Вопросы проектирования и организации работы железнодорожных станций. – Новосибирск: НИИЖТ, 1965. – С. 131-138.
7. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

Надійшла до редколегії 25.08.2008.