

А. В. КУДРЯШОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ВЕЛИЧИНУ ІНТЕРВАЛІВ НА РОЗДІЛОВИХ СТІЛКАХ

Виконано дослідження впливу деяких випадкових факторів на величину інтервалів між відчепами состава, що розформовуються на сортувальній гірці.

Ключові слова: відчеп, сортувальна гірка, режим гальмування, оптимізація.

Выполнены исследования влияния некоторых случайных факторов на величину интервалов между отцепами состава, который расформируется на сортировочной горке.

Ключевые слова: отцеп, сортировочная горка, режим торможения, оптимизация.

The studies of the influence of some factors on the random interval unhook composition were made.

Key words: cut, sorting hump, braking modes, optimization

1. Проблематика дослідження

Як показав аналіз існуючих систем автоматизації процесів розформування составів на сортувальних гірках, автоматичне регулювання швидкості скочування відчепів на гальмівних позиціях є досить складною задачею [1, 2]. Для забезпечення надійного розділення відчепів, що скочуються, на стрілках і безпечної швидкості їх зіткнення з вагонами на коліях сортувального парку необхідно визначати оптимальні режими гальмування відчепів состава й забезпечувати їхню реалізацію з достатньою точністю в процесі розформування [3].

Дослідження процесу скочування відчепів із різними параметрами в умовах дії випадкових факторів [4] показали, що їх вплив значно ускладнює визначення режимів гальмування відчепів при розформуванні составів. Випадкові погрішності виміру параметрів відчепів, що використовуються для визначення оптимальних режимів гальмування, а також погрішності їх реалізації можуть суттєво збільшити ймовірність не розділення відчепів на стрілках.

2. Результати досліджень

Дослідження впливу значення основного питомого опору на величину інтервалів між відчепами на стрілках.

При скочуванні з гірки на відчеп діє сила опору руху w_0 , дійсне значення якої до початку скочування відчепу невідомо. Тому, в моделі состава, при розрахунках оптимальних параметрів режиму гальмування, використовуються середні значення основного питомого опору \bar{w}_0

, що відповідають ваговій категорії відчепу. Використання середніх значень \bar{w}_0 при розрахунках швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій дозволяє уникнути досить складної процедури виміру зазначених величин, результати якого також містять істотні випадкові помилки, викликані коливальним характером зміни опору відчепів w_0 [5].

У зв'язку із цим було виконане дослідження впливу заміни, при оптимізації режимів розформування составів, реальних значень w_0 їх середніми значеннями \bar{w}_0 на величину інтервалів між відчепами на стрілках. При цьому використання випадкових значень опору відчепів w_0 при моделюванні сортувального процесу дозволяє оцінити ступінь впливу зробленої заміни на його якість.

Для цього спочатку було виконане моделювання базової групи составів, у якій значення w_0 для кожного відчепу приймається рівним середньому значенню \bar{w}_0 для вагонів відповідної вагової категорії відповідно до нормативів [6]. Для кожного состава базової групи з використанням запропонованого в [7] методу оптимізації був виконаний розрахунок оптимальних режимів розформування й визначені значення інтервалів між відчепами.

Далі на основі кожного состава базової групи були отримані групи составів, у яких основний питомий опір відчепів w_0 являє собою випадкову величину, що має, відповідно до [6], гамма-розподіл з параметрами, що залежать від вагової категорії відчепу:

$$w_0^* = -\frac{1}{b} \ln \left(\prod_{j=1}^a R_j \right), \quad (1)$$

де a, b — параметри гамма-розподілу;

R_j — випадкові числа, рівномірно розподілені в інтервалі (0; 1).

Для кожної отриманої в такий спосіб групи составів з випадковими значеннями w_0 було виконане моделювання скочування відчепів за допомогою імітаційної моделі розформування составів. Вихідними даними для моделювання служать файли даних про состав, гірку, умови розпуску й параметрах режиму гальмування кожного відчепа. У якості режимів гальмування у кожній групі составів були задані режими, отримані для базового состава групи.

Результатами моделювання є значення інтервалів між відчепами, включаючи інтервали між несуміжними відчепами состава, а також величини енергетичної висоти, що погашається на кожній гальмівній позиції, дані про швидкості співударяння, розміри вікна. Нижче наведений фрагмент файлу результатів (дивись рисунок 1), у якому містяться відомості про його перший відчеп.

```
Відчеп 1, 1ваг
Інтервал dt(1-2)=5.055149, стрелка 2
sto=7.23687 Tdo=25.02748 Tza=27.20921
Інтервал dt(1-3)=21.054495, стрелка 4
sto=17.36617 Tdo=43.86753 Tza=40.17921
Інтервал dt(1-6)=69.295319, стрелка 5
sto=66.00082 Tdo=51.57770 Tza=48.28321
1 я-тп: hном= 2.5500 Sнт=28.6121 Lt= 6.9879
2 я-тп: hном= 2.5500 Sнт=24.6488 Lt=10.9511
3 я-тп: hном= 1.2750 Sнт= 0.0000 Lt=22.2169
Spr=581 Vпр=1.500 Лок= 0
```

Рис. 1. Фрагмент файлу результатів відомостей про перший відчеп

За результатами імітаційного моделювання була виконана статистична обробка величини різниці інтервалів $\Delta \delta t$, викликаною заміною середнього значення w_0 дійсним:

$$\Delta \delta t = \delta t_{oi} - \delta t_{mi}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

де δt_{oi} — значення інтервалу між відчепами за результатами оптимізації при середньому значенні \bar{w}_0 ;

δt_{mi} — теж за результатами імітаційного моделювання при випадковому значенні w_0 ;

n — це множина інтервалів у всіх групах составів.

Було виконано статистичну обробку значень величини різниці $\Delta \delta t_{\text{сум}}$ для суміжних відчепів состава. Враховуючи, що інтервали між несуміжними відчепами, у більшості випадків, мають досить більшу величину, статистична об-

робка значень величини різниці $\Delta \delta t_{\text{несм}}$ для них була виконана окремо. Гістограма розподілу величини різниці інтервалів $\Delta \delta t_{\text{сум}}$ для суміжних відчепів наведена на рисунку 2.

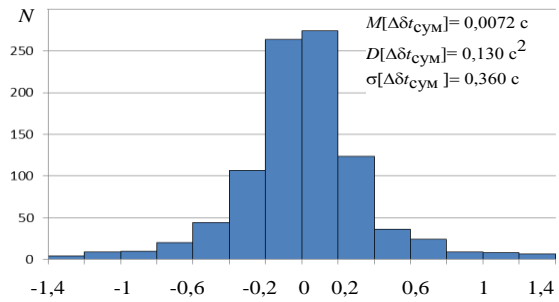


Рис. 2. Гістограма розподілу величини різниці інтервалів для суміжних інтервалів

Як показав аналіз результатів, заміна випадкового значення w_0 його середньою величиною \bar{w}_0 не значно впливає на величину інтервалу між відчепами. Більшість значень суміжних інтервалів (82 %), мають невеликі відхилення $\Delta t_{\text{см}} = \pm 0,4$ с, що становить близько 5 % від середньої величини інтервалу між відчепами. Для переважної більшості несуміжних відчепів (91 %) величина відхилення не перевищують $\pm 0,8$ с, що при досить великому середньому значенні несуміжних інтервалів становить близько 2 %.

Таким чином, виконані дослідження свідчать про можливість використання середніх значень основного питомого опору руху \bar{w}_0 для розрахунків оптимальних РГ.

Дослідження впливу точності реалізації швидкості виходу відчепа з гальмової позиції на величину інтервалів

На автоматизованих сортувальних гірках процес гальмування здійснюється по командах, що подаються на сповільнювачі від установленної системи керування розпуском; при цьому система керування виконує дві основні функції — розрахунок необхідних швидкостей виходу відчепів із гальмівних позицій і наступну їхню реалізацію.

У процесі реалізації розрахованих значень швидкостей виходу відчепів із гальмівних позицій можуть мати місце погрішності різної природи, що мають істотний негативний вплив на якість роботи сортувальної гірки. Однією з причин погрішності реалізації заданої швидкості є інерційність сповільнювачів.

У такий спосіб зазначені погрішності можуть бути причиною зменшення фактичних значень інтервалів δt у порівнянні з очікувани-

ми, отриманими при оптимізації режимів гальмування.

У роботі було виконано дослідження впливу точності реалізації заданих швидкостей виходу відчепів із гальмових позицій на величину інтервалів на розділових стрілках. При цьому був розглянутий різний рівень точності реалізації заданих швидкостей: 0,1 м/с, 0,3 м/с та 0,5 м/с.

Спочатку для базового состава були отримані оптимальні режими гальмування всіх його відчепів. Надалі для кожного відчепа були промодельовані величини похибки реалізації швидкостей виходу з гальмових позицій і на імітаційній моделі виконане розформування базового состава з новими значеннями швидкостей. Було виконано статистичну обробку величини різниці інтервалів (2) на розділових стрілках та побудовані гістограми величини зміни інтервалів на розділових стрілках, що наведені на рис. 3, 4 та 5.

Як видно з рис. 3 - 5 збільшення погрішності реалізації заданих швидкостей виходу відчепа з гальмових позицій приводить до збільшення відхилення значень інтервалів від їхнього оптимального значення.

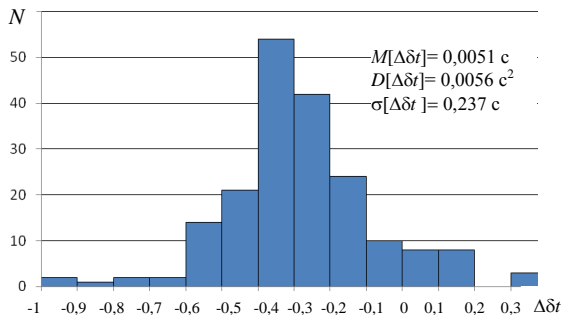


Рис. 3. Гістограма величини зміни інтервалів на розділових стрілках при погрішності 0,1 м/с

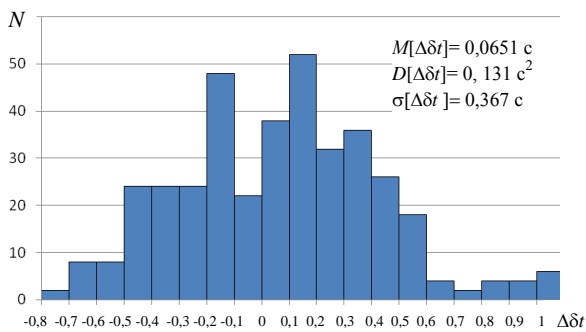


Рис. 4. Гістограма величини зміни інтервалів на розділових стрілках при погрішності 0,3 м/с

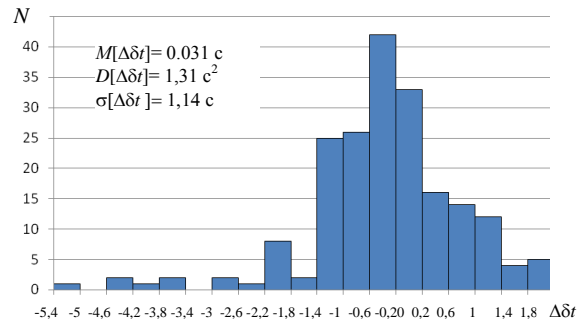


Рис. 5. Гістограма величини зміни інтервалів на розділових стрілках при погрішності 0,5 м/с

Дослідження впливу обмеження швидкості виходу з гальмової позиції на величину інтервалів між відчепами на стрілках.

Як показав аналіз результатів моделювання, при розформуванні окремих составів мали місце нагони відчепів на спускній частині гірки. Причиною появи нагонів були задані низькі швидкості виходу з середньої гальмівної позиції (СГП) окремих відчепів; в цих випадках суттєво зростають погрішності реалізації заданих швидкостей, що викликані збільшенням нелінійності швидкості при її зменшенні, а також інерційністю сповільнювачів. Враховуючи недосконалість діючої системи керування роботою сповільнювачів, було прийнято рішення обмежити область допустимих швидкостей [8] в області мінімальних швидкостей виходу зі СГП. Це дозволить поліпшити якість реалізації швидкостей виходу відчепів зі СГП за рахунок деякого можливого зменшення інтервалів між відчепами состава.

Для оцінки даного рішення було виконане дослідження впливу обмеження по мінімальній швидкості виходу відчепа з СГП ще на етапі оптимізації на величину інтервалів.

Для дослідження зазначеного впливу, для кожного состава за допомогою ітераційного методу були знайдені режими гальмування й отримані значення інтервалів при різному обмеженні по мінімальній швидкості виходу відчепів із СГП ($U''_{\min} = 2,0-3,5$ м/с).

За результатами статистичної обробки різниці між інтервалами, отриманими при мінімально можливій швидкості виходу відчепа із ГП, і інтервалами, отриманими при обмеженні швидкості виходу на рівні 3,5 м/с побудована гістограма величини різниці зазначених інтервалів, що наведена на рис. 6.

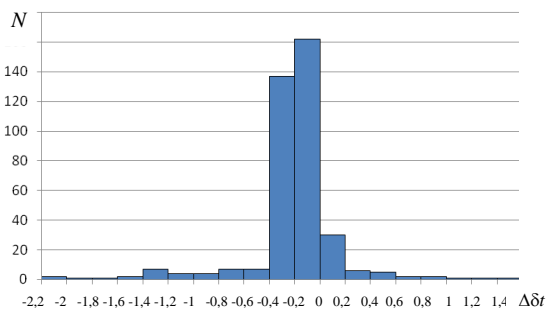


Рис. 6. Гістограма розподілу різниці величини інтервалів при обмеженні швидкості виходу до 3,5 м/с

Як показав аналіз результатів, близько 8-12 % відчепів мають після оптимізації режимів гальмування мінімальну швидкість виходу зі СГП. Введення додаткового обмеження по мінімальній швидкості виходу спричиняє зміну величини інтервалів. При цьому для інтервалів між суміжними відчепами ця зміна стосується до 25 % їх загального числа, а з урахуванням вторинних розділень зміна величини інтервалів становить близько 40 % від загальної кількості всіх інтервалів. Однак, незважаючи на досить велику частку інтервалів, що змінилися, їх величина за рахунок перерозподілу між сприятливими й несприятливими групами змінюється неістотно.

У цілому зміна величини інтервалів між суміжними відчепами становить близько 10 % від величини при мінімально припустимій швидкості виходу й практично не знижує якості інтервального регулювання швидкості відчепів, що скочуються.

Виконане моделювання розформування составів при різному обмеженні мінімальної швидкості U''_{\min} виходу зі СГП показало, що її збільшення до 3,5 м/с забезпечує для всіх розформованих составів необхідну якість сортувального процесу за рахунок ліквідації всіх нерозділень, відчепів, що скочуються.

3. Висновки

Таким чином, виконані дослідження показали, що навіть при комплексному впливі ряду випадкових факторів (випадкове значення основного опору, погрішність реалізації заданих швидкостей) отримані в результаті оптимізації режими гальмування можуть забезпечити до-

сити високу якість інтервального регулювання, а також можливість реалізації безпечної швидкості співударяння вагонів на сортувальних коліях автоматизованих гірок.

Для подальшого підвищення якості інтервального регулювання необхідне вдосконалювання автоматизованої системи керування рухом відчепів на сповільнювачах для забезпечення досить високої точності реалізації швидкостей виходу з гальмових позицій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нагорный, Е. В. К вопросу автоматизации процесса расформирования-формирования составов на сортировочных горках [Текст] / Е. В. Нагорный, И. В. Берестов // Информ.- управл. системы на ж.-д. трансп. – 1996. – № 1, 2. – С. 12-15.
2. Савицкий, А.Г. Управление движением составов и отцепов на автоматизированных сортировочных горках [Текст] / А. Г. Савицкий, В. И. Шелухин, В. Н. Соколов // Автоматика, связь, информатика – 2004. – № 7. – С. 15-19.
3. Шелухин, В. И. Универсальный модуль управления тормозными позициями [Текст] / В. И. Шелухин, И. Н. Малышев // Автоматика, связь, информатика. – 2000. – № 5. – с. 12-14.
4. Козаченко, Д. М. Моделирование работы сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 16. – с. 73-76.
5. Муха, Ю. А. Динамика скатывания отцепов с горки и проблема оценки их ходовых свойств [Текст] / Ю. А. Муха, А. И. Павловский // Тр. ДИИ-Та, вып. 216/14. Днепропетровск, 1981, с. 37-47.
6. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. [Текст]: ВСН 207-89. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
7. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов расформирования составов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов // Вісник ДІПТу, Вип. 32 – Д.: ДІПТ, 2010. – С. 224-229.
8. Бобровский, В. И. Ограничения режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, А. В. Кудряшов, Л. О. Ельникова // Вісник ДІПТу, Вип. 27 – Д.: ДІПТ, 2009. – С. 30-35.

Надійшла до редколегії. 27.09.2013.

Прийнята до друку 28.09.2013.