

В статті представлені результати досліджень режимів гальмування відцепів на сортувальних гірках. Запропоновані критерії для оцінки якості прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відцепів в стохастичних умовах. Визначена область допустимих швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій для вирішення задачі управління швидкістю їх скочування на сортувальних гірках

Ключові слова: сортувальна станція, сортувальна гірка, режим гальмування, гальмовий уповільнювач, розформування составів

В статье представлены результаты исследования режимов торможения отцепов на сортировочных горках. Предложены критерии для оценки качества прицельного и интервального регулирования скорости скатывания отцепов в стохастических условиях. Определена область допустимых скоростей выхода отцепов из тормозных позиций для решения задачи управления скоростью их скатывания на сортировочных горках

Ключевые слова: сортировочная станция, сортировочная горка, режим торможения, тормозной замедлитель, расформирование составов

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

Д. М. Козаченко

Доктор технічних наук, доцент

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Дніпропетровський національний університет

залізничного транспорту

ім. академіка В. Лазаряна

вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, Україна,

49010

E-mail: kozachenko@upp.diit.edu.ua

1. Вступ

Сортувальні гірки є основним технічним засобом, що забезпечує розформування-формування составів вантажних поїздів на залізничних станціях України. Для створення ефективних систем управління розпуском составів необхідно розробити показники оцінки ефективності режимів гальмування та розробити методи визначення допустимих режимів, що забезпечують безпеку та економічність сортувального процесу.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

При виборі режимів гальмування відцепів на сортувальній гірці розв'язуються дві взаємопов'язані та частково суперечливі задачі прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відцепів. Традиційно задача вибору режимів гальмування вирішується як оптимізаційна у детермінованій постановці [1 – 4]. Рішенням задачі при цьому є, як правило, один з режимів при якому критерій оптимальності досягає максимального значення. В той же час процеси, які відбуваються на сортувальних гірках за своєю природою є стохастичними [1, 5 – 7]. При цьому практичний досвід експлуатації показує, що вибір режимів гальмування являє собою багатоваріантну задачу, що допускає різні рішення.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної статті є розробка методів оцінки режимів гальмування відцепів в умовах невизначеності

їх ходових характеристик та вивчення області допустимих швидкостей виходу відцепів із гальмових позицій. Поставлена мета досягається в результаті вирішення наступних задач: розробка системи критеріїв для оцінки режимів прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відцепів на сортувальних гірках; встановлення обмежень на режими регулювання швидкості скочування відцепів; побудова області допустимих швидкостей виходу відцепів із гальмових позицій та вивчення її характеристик.

4. Основний матеріал дослідження

В якості критеріїв для оцінки прицільного гальмування швидкості скочування відцепів можуть використовуватись: імовірність перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відцепів до вагонів на сортувальних коліях p_n , імовірність зупинки відчепа в уповільнювачі паркової гальмової позиції (ПГП) p_y , середня величина вікна, що припадає на один розформований вагон $\bar{l}_v$ [8]. Критерії p_n , p_y та $\bar{l}_v$ по різному характеризують енергію відчепа в момент його виходу з ПГП. При цьому величина $\bar{l}_v$ характеризує експлуатаційні витрати на маневрову роботу по осаджуванню (підтягуванню) вагонів на сортувальних коліях $E_{\text{ло}} = f(\bar{l}_v)$; величини p_n та p_y пов'язані з витратами E_6 , що виникають в результаті пошкодження вагонів та вантажів, зсуву вантажів при підвищених швидкостях співударяння.

Отримати залежність $E_6 = f(p_n, p_y)$ для конкретної гірки практично неможливо, так як на цю величину впливають не лише швидкість співударяння, а і тип та стан вагона, тип вантажу, тип та стан кріплення

вантажу у вагоні. Через те, що величини p_n та p_y характеризують дотримання умов безпеки руху і економічно оцінити їх досить складно, то значення цих критеріїв пропонується нормувати на деяких допустимих рівнях, відповідно, p_{n1} та p_{n2} і оцінювати якість прицільного гальмування по величині $\bar{I}_B$.

Одним із суттєвих факторів, який впливає як на умови прицільного, так і інтервального гальмування є швидкість виходу відчепа з другої гальмової позиції (СГП) v'' .

При цьому, для кожного значення величини v'' може бути знайдено таке значення швидкості виходу відчепа з ПГП v''' , що забезпечує досягнення найкращих показників прицільного гальмування. На рис. 1. представлено залежності показників прицільного регулювання швидкості скочування відчепа від v'' .

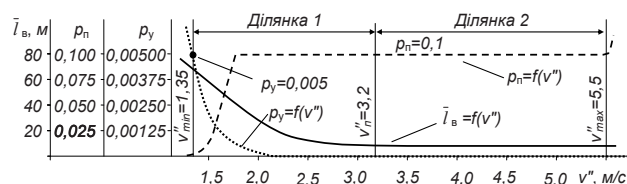


Рис. 1. Залежності середньої величини вікна ($\bar{I}_B$), імовірності перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях (p_n) та імовірності зупинки відчепа в уповільнювачі паркової гальмової позиції (p_y) від швидкості виходу відчепа з другої гальмової позиції (v'')

У представленому прикладі допустимими по умовам безпеки сортувального процесу є швидкості виходу відчепа з СГП в діапазоні від 1,35 до 5,5 м/с, при цьому в межах ділянки 1 частину роботи по прицільному гальмуванню виконує друга гальмова позиція, що може призводити до суперечностей між умовами інтервального та прицільного регулювання швидкості скочування відчепів. Величина вікна в діапазоні швидкостей, що відповідають ділянці 2, визначається виключно роботою системи прицільного регулювання швидкості відчепа.

Таким чином, в якості управляючих параметрів на трьохпозиційних гірках можуть бути прийняті швидкості виходу відчепів з першої (ВГП) та другої гальмових позицій, відповідно, v' і v'' . При цьому, швидкість виходу відчепа з третьої гальмової позиції v''' є залежною від v'' і обирається з умови забезпечення найкращих показників прицільного гальмування. Вектор значень $v = \{v', v''\}$ може розглядатися як точка на площині. Вся множина точок v утворює область Ω можливих швидкостей виходу відчепа з гальмових позицій спускної частини гірки. Режими гальмування відчепів, при яких виконуються умови прицільного регулювання швидкості їх скочування та умови забезпечення допустимої швидкості входу на уповільнювачі, утворюють в Ω підобласть Ω_n .

Приклад області Ω_n представлено на рис. 2.

При цьому на вибір режимів прицільного гальмування накладаються наступні обмеження: 1, 2 та 3 – відповідно, по потужності ВГП, СГП і ПГП; 4 – по імовірності зупинки відчепа в уповільнювачі

ПГП; 5 – по імовірності перевищення встановленої швидкості входу підчепа на уповільнювач СГП; 6 – по величині прискорення на ділянці між ВГП та СГП.

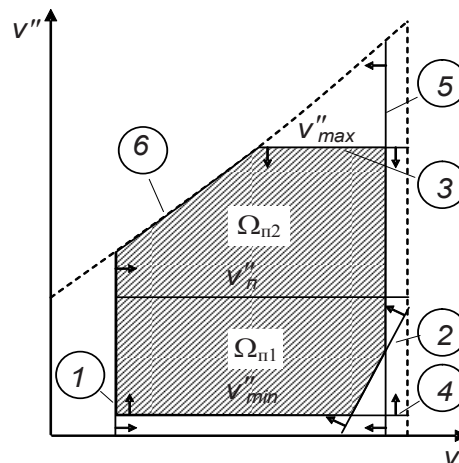


Рис. 2. Конфігурація області Ω_n допустимих швидкостей виходу відчепа з першої (v') та другої (v'') гальмових позицій, в якій виконуються вимоги прицільного регулювання швидкості скочування відчепів та безпечного їх входу на уповільнювачі

Область Ω_n складається з двох підобластей, які відповідають ділянкам прицільного регулювання швидкості скочування відчепа Ω_{n1} та Ω_{n2} . При цьому в межах області Ω_{n1} величина $\bar{I}_B$ змінюється в залежності від v'' так що

$$\bar{I}_B(v'_1) > \bar{I}_B(v'_2) \text{ при } v''_1 < v''_2, \text{ де } v \in \Omega_{n1}.$$

В області Ω_{n2} математичне очікування величини вікна на сортувальній колії не залежить від режимів гальмування відчепів на гальмових позиціях спускної частини гірки і має постійне значення, що визначається якістю роботи паркової гальмівної позиції.

В якості критерію оцінки режимів інтервального регулювання швидкості скочування відчепів у стохастичних умовах може застосовуватись ризик нерозділення відчепів на розділових елементах [9, 10]. Оцінка ризику нерозділення для состава з n відчепів може бути виконана за допомогою виразу

$$r_n = \sum_{j=1}^{n-1} r_{j,j+1} = \sum_{j=1}^{n-1} p_j m_{j+1} \rightarrow \min,$$

де $r_{j,j+1}$ – ризик нерозділення відчепів у j -й парі; p_j – імовірність нерозділення відчепів у j -й парі; m_{j+1} – кількість вагонів у $j+1$ відчепі.

Для аналізу впливу режимів гальмування на умови розділення відчепів на стрілках виконано експерименти з імітаційного моделювання роботи гірки в яких розглядалась група з трьох одновагонних відчепів, відповідно, легкої, важкої та легкої вагової категорії.

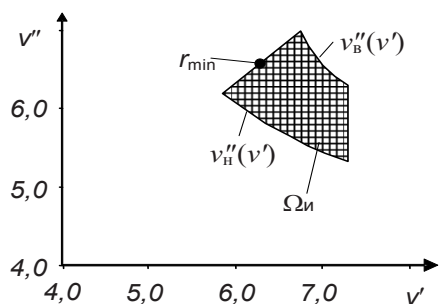
Другий відчеп розрахункової групи був керованим, а режими гальмування першого та третього відчепів були постійними. Фактична швидкість виходу відчепів групи з уповільнювачів розглядалась як

нормально-розподілена випадкова величина з середнім квадратичним відхиленням 0,2 м/с. Параметри відчепів моделювались як випадкові величини, що залежать від вагової категорії [10]. Під час експериментів варіювались задані швидкості виходу керованого відчепа з ВГП та СГП з кроком 0,1 м/с у межах [4-7,5] м/с.

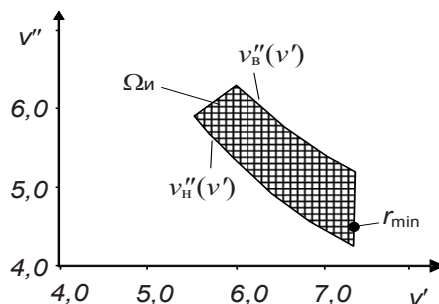
Величина t_{pe} прийнята рівною 1 с, а максимально допустимий ризик нерозділення - $r_d = 0,005$. За результатами експериментів для кожного значення v' визначено два значення $v''_n(v')$ та $v''_b(v')$, при яких ризики нерозділення досягають гранично допустимих значень r_d .

Отримані дані дозволяють виділити в Ω область Ω_n , яка складається з множини режимів, що задовольняють умові $r_n(v) \leq r_d$, $v \in \Omega_n$.

У якості прикладу на рис. 3, а представлено область Ω_n при розділових стрілках $v_1 = 5$ в першій парі та $v_2 = 4$ у другій, на рис. 3, б – при розділових стрілках $v_1 = 4$ і $v_2 = 5$. Мінімальні ризики досягаються на межі області Ω_n .



а



б

Рис. 3. Конфігурація областей Ω_n допустимих швидкостей виходу відчепа з першої (v') та другої (v'') гальмових позицій, в якій виконуються вимоги інтервального регулювання швидкості скочування відчепів: а – розділові стрілки 4-5; б – розділові стрілки 5-4

При вирішенні задачі управління швидкістю скочування відчепів допустимими є такі режими гальмування, що із заданою імовірністю забезпечують вимоги прицільного та інтервального регулювання швидкості їх руху. Вказані режими утворюють область допустимих швидкостей виходу відчепів із гальмових позицій Ω_d яка являє собою перетин областей Ω_n і Ω_b : $\Omega_d = \Omega_n \cap \Omega_b$.

Приклад поділу області Ω на підобласті наведено на рис. 4.

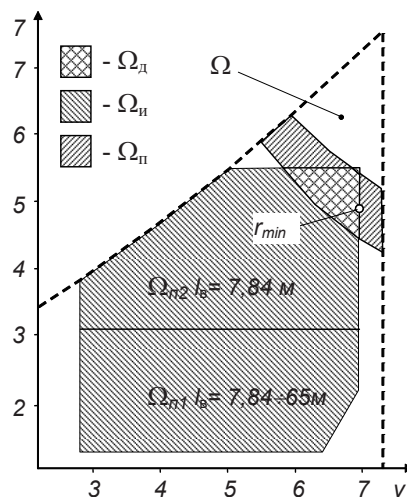


Рис. 4. Виділення області Ω_d допустимих швидкостей виходу відчепа з першої (v') та другої (v'') гальмових позицій, в якій виконуються вимоги прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відчепів

При цьому, мінімальний ризик нерозділення серед допустимих режимів гальмування досягається на межі області Ω_d .

Характеристикою області Ω_d може виступати її площа S_{Ω_d} .

В рамках дослідження на підставі імітаційних експериментів виконано оцінку впливу розташування розділових стрілочних переводів по маршруту скочування на площу області Ω_d . Імітаційні експерименти показали, що положення розділових стрілок по маршруту скочування суттєво впливає на площу області допустимих режимів гальмування відчепів. Так, у випадку, коли розділення відчепів у обох парах відбувається на першій стрілці по маршруту скочування, площа області Ω_d складає 100% від площі області Ω_n , на другій стрілці – 75%, на п'ятій стрілці – 2%. З урахуванням імовірності появи сполучень відчепів з різними розділовими стрілками визначено, що математичне очікування площі області Ω_d складає 76,7% від площі Ω_n , що створює умови для вирішення задачі вибору режимів гальмування при відсутності точної інформації про ходові характеристики відчепів та умови їх скочування.

5. Висновки

Оцінка якості прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відчепів повинна здійснюватись на підставі комплексу імовірнісних показників: імовірність перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях, імовірність зупинки відчепів у гальмових уповільнювачах паркової гальмової позиції, середня величина вікна, що припадає на один розформований вагон, ризик нерозділення відчепів на розділових елементах. При цьому перші два показники характеризують безпеку руху і їх значення повинні бути нормовані.

Область допустимих швидкостей виходу відчепів з гальмових позицій являє собою частину області можливих значень їх швидкостей, в якій додатково враховуються обмеження по забезпеченню безпеки руху та обмеження ризику нерозділення відчепів із

суміжними.

Виконані дослідження дозволяють спростити рішення задачі вибору режимів гальмування відчепів в системах автоматизованого управління швидкістю їх скочування.

Література

1. Муха, Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
2. Божко, Н. П. Методика определения режимов торможения отцепов при анализе конструкций сортировочных горок [Текст] / Н. П. Божко // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. научн. тр. – 1983. – Вып. 229/15. – С. 30-36.
3. Бобровский, В. И. Ограничение режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, А. В. Кудряшов, Л. О. Ельникова // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 27. – С. 30-35.
4. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках: Монография [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко и др. – Днепропетровск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
5. Бобровский, В. И. Поиск оптимальных режимов торможения на проектируемых сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. – №5. – С. 50-54.
6. Тишков, Л. Б. Скорости отцепов в точках „прицеливания” и „окна” на путях автоматизированных горок [Текст] / Л. Б. Тишков // Вестник ВНИИЖТ. – 1963. – № 5. – С. 12-17.
7. Безсоненко, С. А. Расчет скорости отцепов и мощности тормозных позиций с использованием вероятностных показателей [Текст] / С. А. Безсоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2006. – №5. – С. 11-16.
8. Козаченко, Д. Н. Исследование прицельного регулирования скорости скатывания отцепов в условиях неопределенности информации об их ходовых свойствах [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. Г. Коробйова, О. И. Таранец // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №6/2(42). – С. 45-50.
9. Козаченко, Д. Н. Критерий оптимизации режимов торможения отцепов расчетной группы в условиях действия случайных факторов [Текст] / Д. Н. Козаченко // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту української державної академії залізничного транспорту. – 2010. – Вип. 23. – С. 14-21.
10. Козаченко, Д. М. Моделювання роботи сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відчепів та характеристик навколишнього середовища [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І Березовий, О. І. Таранець // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 16. – С. 73-76.