

Д. М. КОЗАЧЕНКО (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАСТІ ДОПУСТИМИХ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ

В статті представлено дослідження області допустимих режимів гальмування в умовах невизначеності інформації про відчепи, які скочуються та неточній реалізації гальмівними позиціями управляючих впливів.

В статье представлены исследования области допустимых режимов торможения в условиях неопределенности информации о скатывающихся отцепках и неточной реализации тормозными позициями управляющих воздействий.

Research in the field of admissible braking modes under conditions of uncertainty of information about rolling down cuts of cars and inaccurate realization of control action by braking positions is presented in the paper.

Сортувальні гірки являються основним технічним засобом, що забезпечує розформування-формування составів вантажних поїздів на залізничних станціях України. Ефективність їх експлуатації є одним з чинників, який впливає на собівартість вантажних перевезень, швидкість доставки вантажів та скорочення простоїв вагонів. Сучасні умови експлуатації залізничного транспорту характеризуються з одної сторони нестабільністю вантажопотоків, жорсткою конкуренцією з автомобільним транспортом, фізичним і моральним старінням інфраструктури та рухомого складу залізниць, обмеженням інвестиційних ресурсів на їх оновлення, а з іншої - суттєвим прогресом обчислювальної техніки та появою значної кількості засобів автоматизації гіркових процесів, що створює технічну базу для вирішення задачі автоматизації розформування составів на якісно новому рівні. В цих мовах досить актуальною є задача дослідження взаємозв'язків між технічним забезпеченням сортувального процесу, режимами гальмування відчепів та експлуатаційними показниками роботи сортувальної гірки.

В якості управляючих параметрів на трьохпозиційних гірках можуть бути прийняті швидкості виходу відчепів з першої (ВТП) та другої (СТП) гальмівних позицій, відповідно,  $v'$  і  $v''$ . При цьому, швидкість виходу відчепа з третьої гальмівної позиції (ПТП)  $v'''$  є залежною від  $v''$  і обирається з умови забезпечення вимог прицільного га-

льмування. Вектор значень  $v = \{v', v''\}$ , можна розглядати як точку на площині; при цьому вся множина точок  $v$  утворює область  $\Omega$  можливих швидкостей виходу відчепа з гальмівних позицій спускної частини гірки.

Рішення задачі виділення області допустимих режимів (ОДР) в детермінованій постановці наведено в [1]. При цьому ОДР утворюють режими, що відповідають точному вирішенню задачі прицільного гальмування і забезпечують заповнення сортувальної колії без вікон з підходом відчепів до вагонів на сортувальних коліях зі швидкістю не більшою, ніж встановлено ПТЕ. Дослідження процесу регульованого скочування відчепів в умовах дії випадкових факторів показує, що при технічному оснащенні, яке є характерним для сортувальних гірок України реалізувати точно вирішення задачі прицільного гальмування у більшості випадків не можливо [2]. У зв'язку з цим потрібно розробити методи побудови області допустимих режимів для вирішення задачі оптимізації режимів гальмування у стохастичній постановці.

В якості критеріїв для оцінки прицільного гальмування швидкості скочування відчепів запропоновано використовувати: імовірність перевищення встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях  $p_n$ , імовірність зупинки відчепа в уповільнювачі паркової гальмівної позиції  $p_y$ , середня величина вікна, що припадає на один розформований вагон

$\bar{l}_v$ . Всі наведені критерії є взаємопов'язаними так, як по різному характеризують енергію відчепа в момент його виходу з паркової гальмівної позиції. Для прикладу на рис. наведено взаємозв'язок між величинами  $p_n$  та  $\bar{l}_v$ . Через те, що величини  $p_n$  та  $p_y$  характеризують дотримання умов безпеки руху і економічно оцінити їх досить складно, то їх значення пропонується нормувати і оцінювати якість прицільного гальмування по величині  $\bar{l}_v$ .

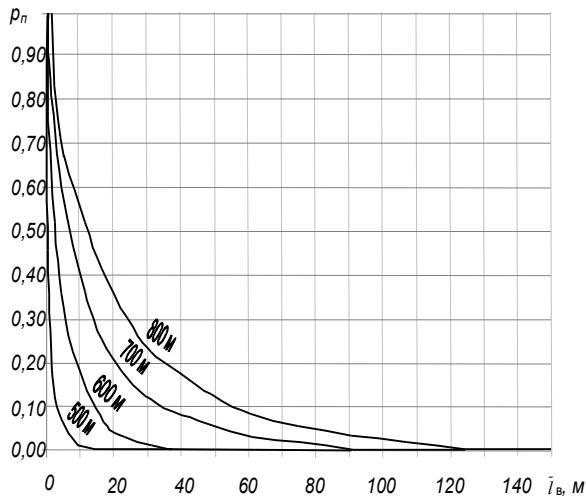


Рис. 1 Залежність між середньою величиною вікна та імовірністю перевищення відчепом встановленої ПТЕ швидкості підходу до вагонів на сортувальних коліях

Одним із суттєвих факторів, який впливає на умови прицільного гальмування є швидкість виходу відчепа з другої гальмівної позиції. На рис. 2 представлено залежності показників прицільного регулювання швидкості скочування відчепа за умови оптимального його гальмування на ПТП.

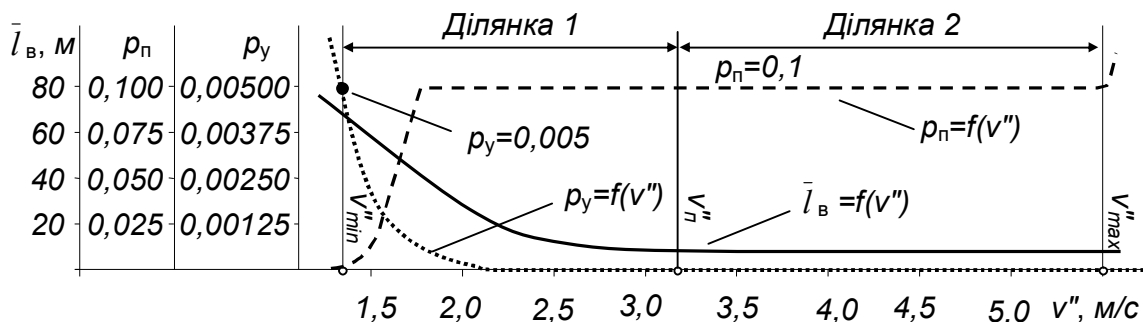


Рис. 2. Залежності показників прицільного гальмування від швидкості виходу відчепа з СТП

Допустимими є швидкості виходу відчепа з СТП в діапазоні від  $v''_{\min} = 1,35 \text{ м/с}$  до  $v''_{\max} = 5,5 \text{ м/с}$ , при цьому в межах ділянки 1 (діапазон швидкостей  $[v''_{\min}, v''_n]$ ) виникають суперечності між умовами інтервального та прицільного гальмування. Величина вікна в діапазоні швидкостей  $[v''_n, v''_{\max}]$ , що відповідають ділянці 2, визначається виключно роботою системи прицільного регулювання швидкості відчепа.

Виконані дослідження дозволяють виділити в  $\Omega$  підобласть  $\Omega_n$ , в якій виконуються умови входу відчепа на гальмівні позиції спускної частини гірки та умови прицільного гальмування. Приклад області  $\Omega_n$  представлено на рис. 3. При цьому мають місце наступні обмеження: 1 – по потужності ВТП; 2 – по потужності СТП; 3 – по потужності ПТП; 4 – по імовірності зупинки відчепа в уповільнювачі ПТП; 5 – по імовірності перевищення встановленої швидкості входу відчепа на уповільнювач СТП; 6 – по величині прискорення на ділянці між ВТП та СТП.

Область  $\Omega_n$  складається з двох підобластей:  $\Omega_{n1}$  – де є суперечності між умовами інтервального та прицільного гальмування, та  $\Omega_{n2}$  – де величина вікон визначається роботою паркової гальмівної позиції.

При вирішенні задачі оптимізації режимів гальмування відчепів досить актуальною є проблема збільшення області  $\Omega_{n1}$ , що дозволяє виконувати управління швидкістю скочування відчепів навіть в умовах відсутності точної інформації про їх ходові характеристики.

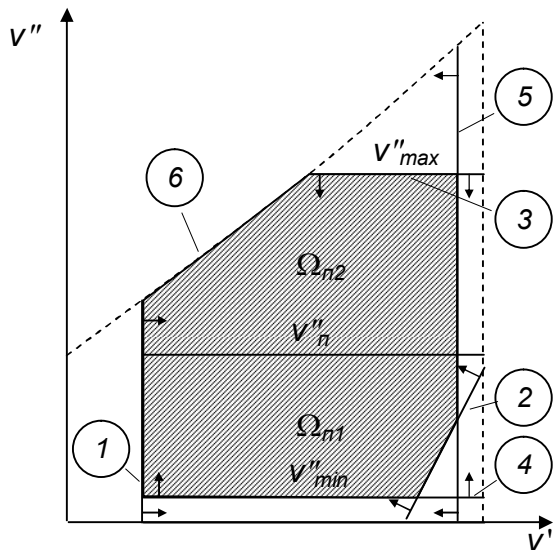


Рис. 3. Конфігурація області  $\Omega_p$ .

Кожен режим гальмування  $\mathbf{v}=\{v', v''\}$  характеризується вектором параметрів  $\mathbf{d}=\{\bar{l}_B, r_3\}$  (тут  $r_3$  – ризик не розділення відчепів на розділових елементах [3]). При цьому прийнято, що  $\mathbf{d}_1 < \mathbf{d}_2$  якщо  $\bar{l}_{B1} < \bar{l}_{B2}$  або  $\bar{l}_{B1} = \bar{l}_{B2}$  та  $r_{31} < r_{32}$ . Оптимізація режимів гальмування за запропонованим критерієм показала, що для переважної кількості відчепів оптимальні режими знаходяться на обмеженнях 6 та 3 і вздовж лінії  $v''_{II}$ .

Основним фактором, що впливає на величину прискорення відчепа на ділянці між ВТП та СТП є ухил відповідного елемента поздовжнього профілю  $i_{мп}$ . Для прикладу на рис. 4. представлено вплив  $i_{мп}$  на положення обмеження 6 відчепа важкої вагової категорії.

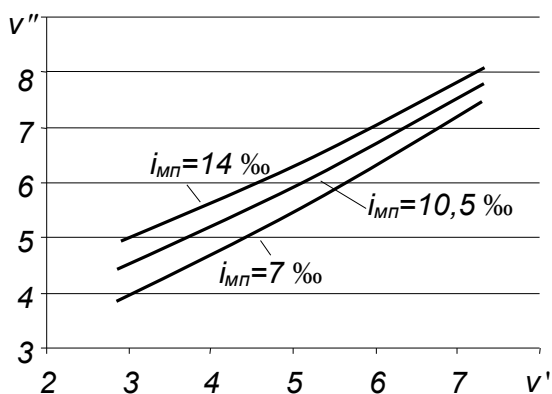


Рис. 4. Розташування обмеження 6 в залежності від ухилу елементу профілю між ВТП та СТП

В той же час збільшення ухилу елемента поздовжнього профілю між ВТП та СТП призводить до зменшення допустимої

швидкості виходу відчепа з ВТП і, відповідно, до зміни положення обмеження 5. Так, при допустимій швидкості входу відчепа на СТП у 7 м/с, збільшення ухилу  $i_{мп}$  призвело до збільшення частоти появи обмеження 5 серед активних у 4 рази.

Рішенням цієї проблеми є збільшення допустимих швидкостей входу відчепів на уповільнювачі СТП. На рис. 5. представлено залежності між допустимою швидкістю входу відчепів на СТП та потрібною швидкістю виходу відчепів з ВТП при різних значеннях  $i_{мп}$  та різній точності реалізації ВТП заданої швидкості виходу відчепів. Залежності побудовані з умови забезпечення допустимої швидкості входу на СТП із ймовірністю  $p_{вх}=0,95$ . Аналіз отриманих результатів показує, що використання уповільнювачів нових конструкцій з допустимою швидкістю входу у 8 м/с, таких як УВСК [4], дозволяє практично виключити обмеження 5 із активних.

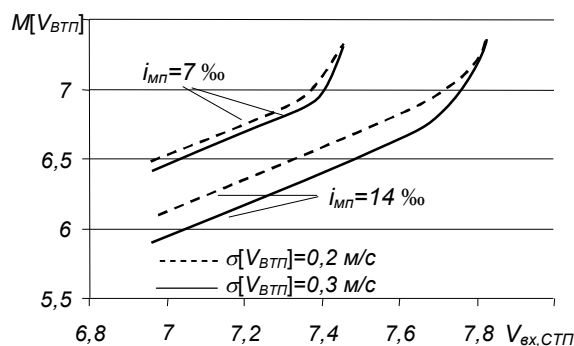


Рис. 5. Залежності між допустимою швидкістю входу відчепів на СТП та потрібною швидкістю виходу відчепів з ВТП

Збільшення величини  $v''_{max}$ , і відповідно зменшення частоти попадання обмеження 3 до переліку активних досягається за рахунок збільшення потужності ПТП. Так збільшення потужності ПТП до 2 м.ен.в. практично забезпечує виключення обмеження 3 з переліку активних.

Положення лінії  $v''_{II}$  визначається потенціальною енергією відчепа в момент його виходу з ПТП (середнім ухилом сортувальної колії  $i_{ск}$ ). В той же час збільшення величини  $i_{ск}$  призводить до того, що для частини відчепів ухил стає прискорюючим і, як наслідок в умовах функціонування трьохпо-

зиційних сортувальних гірок, до збільшення величини  $\bar{l}_в$  в межах області  $\Omega_{п1}$ .

Тому зменшення величини  $v''_п$  може досягатися за рахунок комплексних заходів зі збільшення ухилу  $i_{ск}$  разом з впровадження регульованого скочування відцепів на сортувальних коліях за рахунок спорудження додаткових гальмівних позицій, чи реалізації квазінеперервного регулювання швидкості [5, 6].

Таким чином, виконані дослідження дозволяють встановити взаємозв'язки між параметрами технічного забезпечення сортувального процесу та конфігурацією області допустимих режимів гальмування, що необхідно для розв'язання задачі техніко-економічної оцінки варіантів конструкції гірок.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко, Н. В. Рогов, Н. И. Березовый, А. В. Кудряшов // Монография. – Д.: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.

2. Козаченко, Д. М. Исследование требований к системам прицельного регулирования скорости скатывания отцепов при автоматизации расформирования составов [Текст] / Д. М. Козаченко // 36. наук. пр. ДонІЗТ.– 2010. – Вип. 22. – С. 5-13.

3. Козаченко, Д. Н. Исследование условий интервального регулирования скорости скатывания отцепов на автоматизированных Горках [Текст] / Д. Н. Козаченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 34. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 46-50.

4. Козаченко, Д. М. Новый вагонный уповільнювач УВСК українського виробництва [Текст] / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, М. І. Березовий, А. А. Гарбузов // Заліз. трансп. України – 2010. – № 2. – С. 34-38.

5. 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.

6. Козаченко, Д.М. Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відцепів на сортувальних гірках [Текст] / Д. М. Козаченко // Вісник Східноукраїнського Національного Університету Імені Володимира Даля. – 2010. – № 5(147), ч. 2. – С. 276-284.

Надійшла до редколегії 14.02.2011.

Прийнята до друку 18.02.2011.