

## МЕТОДИ ЗБІЛЬШЕННЯ ОБЛАСТІ ДОПУСТИМИХ ШВИДКОСТЕЙ ВИХОДУ ВІДЧЕПІВ З ГАЛЬМОВИХ ПОЗИЦІЙ

*В статті подані результати досліджень, спрямованих на удосконалення сортувального процесу на гірках. Функціонування сортувальних гірок відбувається в умовах відсутності точної інформації про ходові властивості відцепів та умови їх скокування. Розглянуто заходи, що забезпечують збільшення області допустимих швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій. Реалізація цих заходів дозволяє зменшити вимоги до точності інформації про ходові властивості відцепів і, як наслідок, спростити системи автоматизованого управління швидкістю скокування відцепів.*

*В статье представлены результаты исследований, направленных на совершенствование сортировочного процесса на горках. Функционирование сортировочных горок происходит в условиях отсутствия точной информации о ходовых качествах отцепов и условий их скатывания. Рассмотрены мероприятия, обеспечивающие увеличение области допустимых скоростей выхода отцепов из тормозных позиций. Реализация этих мероприятий позволяет уменьшить требования к точности информации о ходовых качествах отцепов и, как следствие, упростить системы автоматизированного управления скоростью их скатывания.*

*The paper presents results of researches aimed at improving the sorting process on the sorting humps. Exploitation of sorting humps occurs in the absence of full information about rolling cuts and about rolling conditions. Ways of enlarging of set of allowed speed of cars exit from breaking positions are described. The implementation of these measures will reduce the requirements for the accuracy of the information about the characteristics of the rolling cuts and conditions of rolling and, consequently, to simplify the system of automated speed control on sorting humps.*

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

Розформування-формування составів на сортувальних гірках є одним з основних елементів перевезень вантажів залізничним транспортом України. На сьогодні технічне забезпечення сортувального процесу в Україні представлено зразками техніки розробки 60-70 років 20-го сторіччя є фізично зношеним та морально застарілим і поступається закордонним аналогам по показникам безпеки сортувального процесу та його економічності [1]. Тому дослідження питань механізації та автоматизації сортувальних гірок є актуальною задачею для залізничного транспорту України в сучасних умовах.

---

Однією з основних задач комплексних автоматизованих систем управління процесом розформування составів, що залишається принципово не вирішеною на українських залізницях, є задача управління швидкістю скочування відчепів. Вирішення цієї задачі в Російській Федерації, Західноєвропейських країнах, Канаді та США досягається за рахунок комплексних заходів, що передбачають реконструкцію станцій та впровадження новітніх уповільнювачів і автоматизованих систем управління розпуском [2-6]. Разом з тим, в сучасних умовах залізниці України відчувають дефіцит інвестиційних ресурсів і перевага віддається поетапним проектам оновлення технічних засобів, що не вимагають значної концентрації коштів. Велика кількість комплексних систем та окремих технічних засобів, які забезпечують підвищення ефективності роботи гірок, вплив місцевих умов на ефективність функціонування гірок вимагає оцінки доцільності кожного з окремих заходів модернізації. Тому, метою дослідження є визначення взаємозв'язків між технічним забезпеченням сортувального процесу, режимами гальмування відчепів та експлуатаційними показниками роботи сортувальної гірки.

Поставлена мета досягається в результаті вирішення задачі дослідження впливу конструкції сортувальної гірки та її технічного забезпечення та величину області допустимих режимів гальмування відчепів.

При виборі режимів гальмування на сортувальній гірці вирішуються задачі забезпечення вимог прицільного та інтервального регулювання швидкості скочування відчепів, а також забезпечення допустимих швидкостей входу відчепів на уповільнювачі. Як управляючі параметри на трипозиційних гірках можуть бути прийняті швидкості виходу відчепів з першої (ВГП) та другої (СГП) гальмових позицій, відповідно,  $v'$  та  $v''$ . Швидкість виходу відчепа з третьої гальмової позиції (ПГП)  $v'''$  є залежною від  $v''$  і обирається з умови забезпечення вимог прицільного гальмування [7]. 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. Режими гальмування, які забезпечують вимоги прицільного регулювання швидкості скочування відчепів та швидкості їх входу на уповільнювачі утворює область  $\Omega_{\text{п}}$ . Режими гальмування, які забезпечують розділення відчепа з попереднім та наступним утворюють область  $\Omega_{\text{н}}$ . Перетин областей  $\Omega_{\text{п}}$  і  $\Omega_{\text{н}}$  являє собою область допустимих режимів скочування відчепів:  $\Omega_{\text{д}} = \Omega_{\text{п}} \cup \Omega_{\text{н}}$ . Як обмеження області  $\Omega_{\text{д}}$  виступають такі обмеження: 1 – по потужності ВГП; 2 – по потужності СГП; 3 – по потужності ПГП; 4 – по імовірності зупинки відчепа в уповільнювачі ПГП; 5 – по імовірності перевищення встановленої швидкості входу відчепа на уповільнювач СГП; 6 – по величині прискорення на ділянці між ВГП та СГП; 7 – по умовах розділення відчепа з попереднім; по – 8 умовах розділення відчепа з наступним (див. рис. 1).

Як критерій для оцінки прицільного регулювання швидкості скочування відчепів використовується середня величина вікна, що припадає на один розформований вагон  $\bar{l}_{\text{в}}$ , а для оцінки інтервального регулювання – ризик нерозділення на стрілках  $r_{\text{н}}$ . Дослідження залежностей  $\bar{l}_{\text{в}} = f(v', v'')$  та  $r_{\text{н}} = f(v', v'')$  виконано в [8-11]. Зокрема встановлено, що область  $\Omega_{\text{п}}$  складається з двох підобластей, що розділяються лінією  $v''_{\text{н}}$ . В підобласті  $\Omega_{\text{п1}}$  величина  $\bar{l}_{\text{в}}$  зменшується зі збільшенням швидкості виходу відчепа з СГП  $v''$ , а в підобласті  $\Omega_{\text{п2}}$  залишається постійною.

---

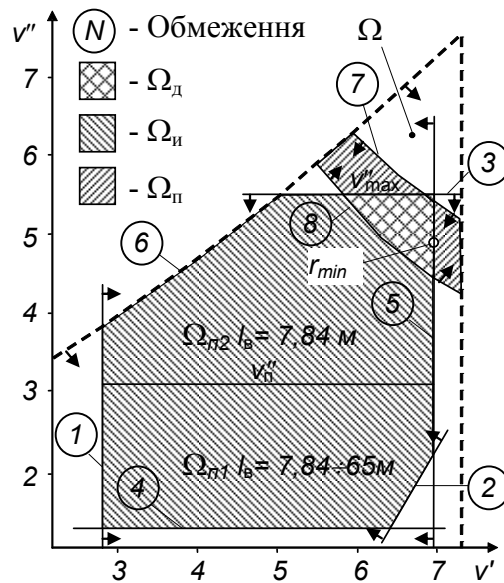


Рис. 1. Область допустимих режимів гальмування відцепів

Напрямок зменшення значень  $r_n$  однозначно визначається розташуванням розділових стрілок по маршруту скочування. При цьому, якщо точка входу на ізольовану ділянку стрілочного перевалу розділення у першій парі відцепів знаходиться далі по маршруту скочування ніж точка виходу відчепа із ізольованої ділянки стрілочного перевалу розділення у другій, то мінімальний ризик нерозділення досягається на нижній чи правій межі області  $\Omega_D$ , інакше на верхній чи лівій. При низьких швидкостях виходу відцепів з гальмових позицій (менше 3 м/с) мінімальний ризик нерозділення відцепів може досягатися і в середині області  $\Omega_D$  через збільшення відносної похибки реалізації заданих швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій при зменшенні швидкості руху відчепа. Таким чином, кожен режим гальмування  $v = \{v', v''\}$  характеризується вектором параметрів  $\mathbf{d} = \{\bar{l}_B, r_n\}$ . Прийнято, що  $\mathbf{d}_1 < \mathbf{d}_2$  якщо  $\bar{l}_{B1} < \bar{l}_{B2}$  або  $\bar{l}_{B1} = \bar{l}_{B2}$  та  $r_{n1} < r_{n2}$ .

Аналіз експлуатаційної роботи залізниць та наукових робіт з проблем механізації та автоматизації сортувального процесу на гірках показує, що основним напрямком вирішення задачі управління швидкістю скочування відцепів в умовах дії випадкових факторів є збільшення області  $\Omega_D$ . При цьому таке збільшення може досягатися різними способами. В сучасних умовах на станціях, де спостерігається зменшення обсягів роботи, збільшення відстані між обмеженнями 7 та 8 досягається за рахунок зменшення швидкості розпуску. Результатом чого є зниження переробної спроможності гірок. На іноземних залізницях збільшення ширини області  $\Omega_H$  досягається за рахунок підвищення точності реалізації гальмовими уповільнювачами заданих швидкостей виходу відцепів, оцінки ходових властивостей відцепів та умов навколишнього середовища. Це викликає необхідність ускладнення конструкції уповільнювачів, систем їх управління, створення системи датчиків та обробки їх інформації. Такий підхід збільшує капітальні витрати на облаштування сортувальних гірок автоматизованими системами управління розпуском та вартість їх ек-

платуації. У зв'язку з цим в роботі розглянуті альтернативні напрямки удосконалення управління швидкістю скочування відцепів.

Для визначення положення оптимальних режимів в області  $\Omega$  виконано оптимізацію режимів гальмування відцепів для вагонопотоку непарної системи станції Нижньодніпровськ-Вузол. Виконані дослідження довели, що для переважної кількості відцепів оптимальні режими знаходяться на обмеженнях 6, 3, 1 області  $\Omega_{\Pi}$  та вздовж лінії  $v''_{\Pi}$  (див. рис. 2). Збільшення області допустимих швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій в першу чергу повинно здійснюватись у напрямку саме цих обмежень, що забезпечить найбільший ефект.

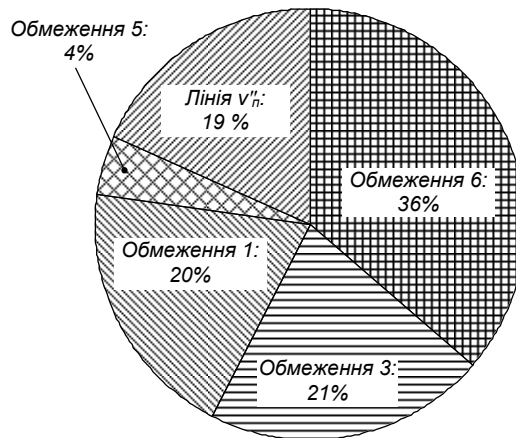


Рис. 2. Частоти потрапляння оптимальних режимів на обмеження області  $\Omega_{\Pi}$  та на лінію  $v''_{\Pi}$

Основним фактором, що впливає на величину прискорення відчепа на ділянці між ВГП та СГП, тобто на положення обмеження 6, є ухил відповідного елемента поздовжнього профілю  $i_{мп}$ . Для прикладу на рис. 3. проілюстровано вплив  $i_{мп}$  на положення обмеження 6 відчепа важкої вагової категорії.

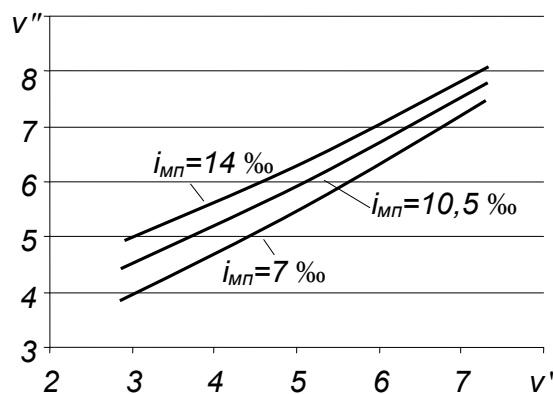


Рис. 3. Розташування обмеження 6 залежно від ухилу елементі профілю між ВГП та СГП

Разом з тим збільшення ухилу елемента поздовжнього профілю між ВГП та СГП призводить до зменшення допустимої швидкості виходу відчепа з ВГП і, відповідно, до зміни положення обмеження 5. Так, при величині допустимої швидкості входу відчепа на СГП рівній 7 м/с, збільшення ухилу  $i_{мп}$  з 7 до 14 ‰ призвело до збільшення частоти появи обмеження 5 серед активних у 4 рази.

Рішенням цієї проблеми є збільшення допустимих швидкостей входу відцепів на уповільнювачі СГП. На рис. 5. подано залежності між допустимою швидкістю входу відцепів на СГП та потрібною швидкістю виходу відцепів з ВГП при різних значеннях  $i_{мп}$  та різній точності реалізації ВГП заданої швидкості виходу відцепів. Залежності побудовані з умови забезпечення допустимої швидкості входу на СГП із ймовірністю  $p_{вх}=0,95$ . Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання уповільнювачів нових конструкцій з допустимою швидкістю входу у 8 м/с, таких як УВСК [12], дозволяє практично виключити обмеження 5 із активних.

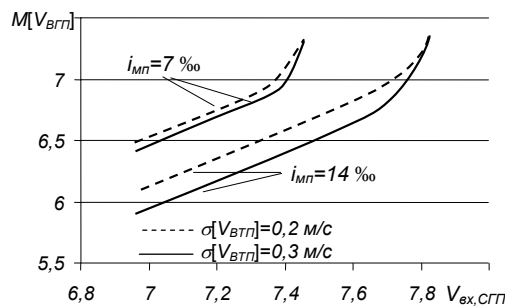


Рис. 4. Залежності між допустимою швидкістю входу відцепів на СГП та потрібною швидкістю виходу відцепів з ВГП

Збільшення величини  $v''_{max}$ , і, відповідно, зменшення частоти попадання обмеження 3 до переліку активних досягається за рахунок збільшення потужності ПГП. Так збільшення потужності ПГП до 2 м.ен.в практично забезпечує виключення обмеження 3 з переліку активних. Необхідно зазначити, що у закордонних системах механізації сортувального процесу використовуються потужні гальмові уповільнювачі на паркових гальмових позиціях, що забезпечують підхід вагонів до розрахункової точки з допустимою швидкістю навіть при вільному скочуванні вагонів до уповільнювача. Відповідно покращуються умови інтервального регулювання швидкості скочування так, як уповільнювачі спускної частини гірки використовувались виключно для вирішення цієї задачі.

Зміна положення обмеження 1 досягається за рахунок збільшення потужності ВГП. Проте, виконані дослідження довели, що збільшення потужності ВГП понад 2,7 м.ен.в не дає суттєвого ефекту, оскільки через низьку швидкість суттєво збільшується середнє квадратичне відхилення часу руху відчепа по маршруту і мінімальні ризики нерозділення знаходяться в середині області  $\Omega_d$ .

Положення лінії  $v''_n$  визначається потенціальною енергією відчепа в момент його виходу з ПГП (середнім ухилом сортувальної колії  $i_{ск}$ ). Разом з тим збільшення величини  $i_{ск}$  призводить до того, що для частини відцепів ухил стає прискорюючим і, як наслідок, до збільшення величини  $\bar{t}_в$  в межах області  $\Omega_{д2}$ . Тому зменшення величини  $v''_n$  може досягатися за рахунок комплексних заходів зі збільшення ухилу  $i_{ск}$  разом з впровадження регульованого скочування відцепів на сортувальних коліях за рахунок

---

спорудження додаткових гальмових позицій, чи реалізації квазінеперервного регулювання швидкості [13, 14]. Так, спорудження другої паркової гальмової позиції та обладнання перед нею ділянки для уточнення ходових характеристик відчепів дозволяє зменшити середню величину вікна на сортувальних коліях на 42%.

Таким чином, виконані дослідження дозволяють встановити взаємозв'язки між параметрами технічного забезпечення сортувального процесу та конфігурацією області допустимих режимів гальмування. Встановлено, що суттєве збільшення області допустимих швидкостей виходу відчепів з гальмівних позицій може бути досягнуто за рахунок збільшення потужності паркових гальмових позицій, збільшення ухилу ділянки між першою та другою гальмовими позиціями, підвищення допустимої швидкості входу відчепів на уповільнювачі другої гальмової позиції. В результаті можуть бути зменшені вимоги до точності інформації про ходові властивості відчепів та умови їх скочування і, як наслідок, спрощені системи автоматизованого управління швидкістю скочування відчепів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Шиш В. О.* Автоматизація та механізація технологічних процесів на сортувальних станціях / В.О. Шиш // Залізничний транспорт України. – № 3. – 2011. – с. 44-47
2. Комплекс горочный микропроцессорный на базе промышленных компьютеров // Наши работы: «КГМ» – ВНИИ Автоматизации и связи МПС [електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.rfnias.ru/rfnias\\_rus/kgm1.htm](http://www.rfnias.ru/rfnias_rus/kgm1.htm)
3. *Peschel M.* Modernization of Marshalling Yard Antwerp-North / M. Peschel // Rail Engineering International, 1988. № 1, p.6-9.
4. *Kube K.* Modernization of Marshalling Yards in North America / K. Kube // Progressive Railroading, 2002, № 7, p. 50 – 52.
5. Модернизация завершена // Литовский курьер on-line №18 (740) 30 Апреля [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kurier.lt>
6. *Шабельников А. Н.* Системы автоматизации сортировочных горок на основе современных компьютерных технологий: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. / А. Н. Шабельников, В. Н. Иванченко, С. М. Ковалев и др.; Под общей редакцией А. Н. Шабельникова. – Ростов-на-Дону: НИИАС. Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 436 с.
7. *Бобровский В. И.* Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках.: Монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко, Н. В. Рогов, Н. И. Березовый, А. В. Кудряшов. – Днепропетровск.: Изд-во Маковецкой, 2010. –260 с.
8. *Козаченко Д. Н.* Исследование прицельного регулирования скорости скатывания отцепов в условиях неопределенности информации об их ходовых свойствах. / Козаченко Д. Н., Коробйова Р. Г., Таранець О. І. // Восточно-европейский журнал передовых технологий.– №6/2(42) – 2009.– с 45 – 50.
9. *Козаченко Д. Н.* Исследование условий интервального регулирования скорости скатывания отцепов на автоматизированных горках./ Козаченко Д. Н. // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Вип. 34. – Дніпропетровськ.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010.– с 46-50.
10. *Бобровский В. И.* Исследование влияния режимов торможения отцепов на условия их разделения на стрелках. / Бобровский В. И., Козаченко Д. Н., Болвановская Т. В. // Залізничний транспорт України. – № 3.– 2011. – с 3-6.
11. *Козаченко Д. М.* Ефективні режими гальмування відчепів на сортувальних гірках. // Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи і технології перевезень».– 2011. – вип. 2. – с. 55-59
12. *Козаченко Д. М.* Новий вагонний уповільнювач УВСК українського виробництва. / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, М. І. Березовий, А. А. Гарбузов // Залізн. трансп. України – 2010. – № 2. – С. 34-38.
13. *Липинин С.* Принцип действия точечной системы автоматического регулирования скорости отцепов. / С. Липинин // Вагонный парк. – 2010. – № 9. – с 34-35.
14. *Козаченко Д.М.* Дослідження ефективності заходів автоматизації управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках. / Д. М. Козаченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – № 5(147). – ч. 2. – С. 276-284.