

Д.М. Козаченко
Дніпропетровськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ШВИДКІСТЮ СКОЧУВАННЯ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

В статті розглянуто методи підвищення ефективності управління швидкістю скочування відчепів на сортувальних гірках та виконано їх оцінку за допомогою імітаційного моделювання гірких процесів.

Ключові слова: сортувальна гірка, вагонний уповільнювач, режим гальмування, імітаційне моделювання.

Актуальність проблеми

Основним заходом, що забезпечує підвищення безпеки руху, покращення умов праці та зменшення експлуатаційних витрат на переробку вагонопотоків на сортувальних станціях є автоматизація процесу розформування-формування составів на сортувальних гірках. Вирішення цієї задачі в Росії, Західноєвропейських країнах, Канаді та США досягається за рахунок комплексних заходів, що передбачають реконструкцію станцій та впровадження новітніх уповільнювачів і систем управління розпуском [1-3]. В той же час, 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, що забезпечують підвищення ефективності роботи гірок, а також значний вплив місцевих умов на ефективність їх функціонування вимагає оцінки доцільності їх впровадження на кожному з етапів модернізації. У зв'язку з цим тема дослідження є актуальною.

Аналіз проблем автоматизації управління швидкістю скочування відчепів

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. Вказану функцію має КГМ, що встановлений на ст. Красний Лиман Донецької залізниці, але ця його функція практично не використовується. В той же час управління швидкістю скочування відчепів є процесом, для якого характерна значна кількість порушень безпеки руху і випадків виробничого травматизму, тому покращення якості управління швидкістю скочування відчепів є одним з головних завдань експлуатаційної роботи сортувальних станцій.

У загальному випадку під час розпуску составів вирішуються задачі інтервального та прицільного регулювання швидкості. При відомих характеристиках відчепів, умовах скочування та точній реалізації уповільнювачами заданої швидкості виходу відчепів рішення задачі вибору режиму гальмування можна представити у вигляді рис. 1. На цьому рисунку зображена область допустимих режимів (ОДР) гальмування відчепів на першій та другій гальмівних позиціях. Вихід за межі ОДР вправо приводить до утворення вікон, а вліво – до перевищення швидкості входу відчепів на уповільнювачі та підходу відчепів до вагонів, що знаходяться на сортувальних коліях. При розв'язанні задачі управління швидкістю скочування відчепів в ОДР необхідно знайти такий режим гальмування, що забезпечує максимальний інтервал на розділових елементах з попереднім та наступним відчепами. В ДНУЗТ розроблено алгоритми [4], які дозволяють розв'язувати задачу оптимізації взаємопов'язаних інтервалів не лише в розрахункових групах з трьох відчепів, а і при розформуванні всього состава. При цьому, аналіз результатів моделювання розпуску составів показує, що при відомих характеристиках відчепів та умовах їх скочування може бути забезпечено докочування практично всіх відчепів до

вагонів на сортувальних коліях із встановленою швидкістю, за виключенням відчепів з великим опором руху та відчепів, для яких ухил сортувальних колій є прискорюючим. Такий детермінований підхід є прийнятним на стадії проектування при перевірці умов розділення розрахункових груп відчепів та визначенні потенційних можливостей гірок. В той же час, при порівнянні варіантів конструкції гірок, їх технічного оснащення, при проектуванні систем автоматизованого управління розпуском та при реалізації автоматизованого управління роботою гальмівних позицій в оперативних умовах виникає ряд складностей через невизначеність характеристик відчепів та умов їх скочування.

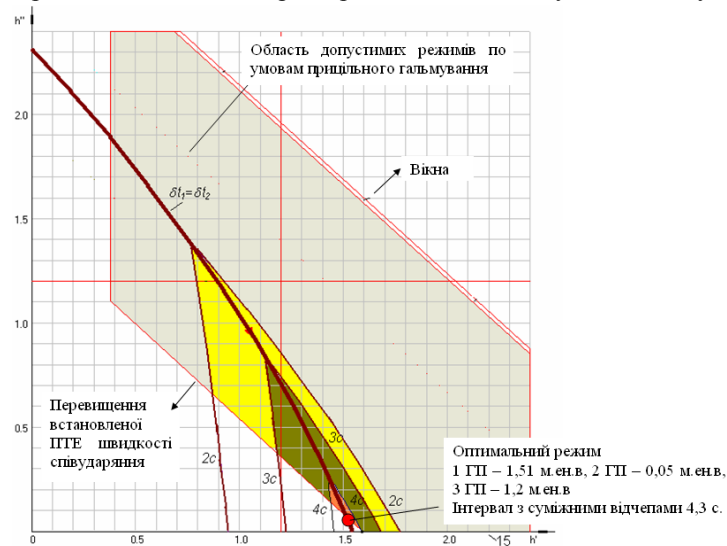


Рис. 1. Вибір режиму гальмування у детермінованій постановці

Експериментальні дослідження, що були виконані ВНИИЖТ [5] та гіркововипробувальною лабораторією ДПТУ [6] показали, що основний питомий опір руху вантажних вагонів на роликових підшипниках може змінюватись в межах 0,45 - 4,5 Н/кН, опір середовища та вітру може змінюватись в десятки разів навіть в процесі скочування одного відчепа, похибка реалізації заданих швидкостей виходу із гальмівних позицій може перевищувати 1 м/с. В результаті моменти заняття і звільнення розділових елементів та швидкість відчепа в характерних точках є випадковими величинами. В цих умовах необхідно рішення задачі управління швидкістю скочування відчепів в стохастичній постановці.

Для виконання умов інтервального регулювання швидкості відчепів потрібно, щоб запас інтервалу між ними перевищував можливу похибку визначення часу скочування. Виконаний аналіз структури вагонопотоку у розформування та результати імітаційного моделювання розпуску составів показали, що у переважній кількості випадків в сучасних умовах це не є дуже складною задачею тому, що по-перше, у значній кількості розрахункових груп (біля 80%) присутні багатовагонні відчепа, наявність яких забезпечує значний початковий інтервал на вершині гірки; по-друге при необхідності цей інтервал можна збільшити за рахунок зменшення швидкості розпуску, яка в сучасних умовах не є критичною. Через те, що основним параметром, який впливає на величину інтервалів на розділових елементах є довжина відчепа, то визначення несприятливих сполучень відчепів може бути виконано до розформування состава на підставі аналізу натурального листа поїзда і, при необхідності, можуть бути надані рекомендації по зниженню швидкості розпуску.

Більш складним є розв'язання в стохастичній постановці задачі забезпечення вимог прицільного регулювання швидкості. Для автоматизованих та механізованих гірок, що використовуються на залізницях України, розв'язання цієї задачі полягає у наступному: необхідно вибрати такі режими гальмування, щоб після виходу відчепа з пар-

кової гальмівної позиції він рухався у вільному скочуванні на відстань до кілометра і у кінцевій точці його швидкість не перевищувала встановленої ПТЕ величини у 5 км/год. Показниками якості прицільного гальмування швидкості скочування відцепів згідно з [6] можуть бути прийняті середня величина вікна L_b , що припадає на один перероблений вагон та ймовірність перевищення допустимої ПТЕ швидкості підходу відцепів до вагонів на сортувальних коліях p_n ; в [6] рекомендовано значення $L_b = 3\text{ м}$, $p_n = 0,1$.

Розрахунок параметрів ОДР показує, що через невизначеність параметрів відцепів і умов їх скочування площа ОДР або сильно зменшується (див. рис. 2, а), або взагалі відсутня (див. рис. 2, б). Практично в таких умовах розв'язати задачу управління швидкістю скочування відцепів неможливо.

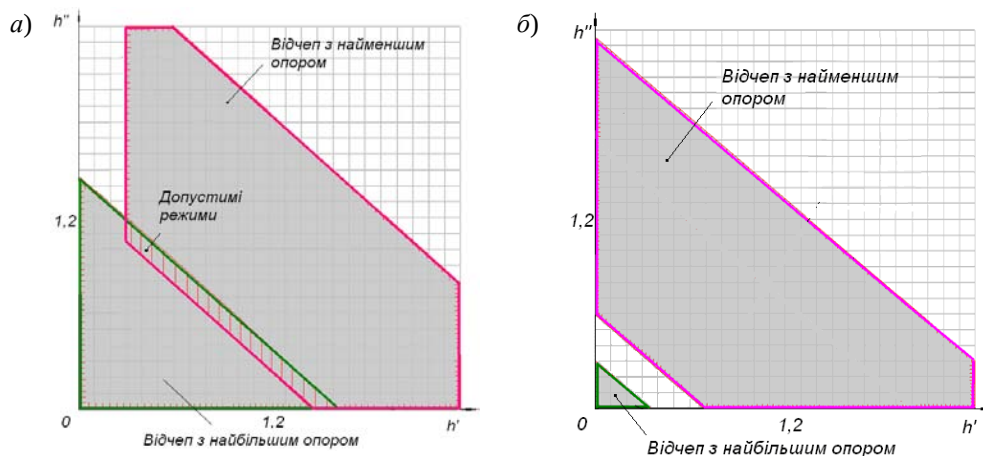


Рис. 2. Допустимі режими гальмування відцепів при невизначеності інформації про відцепи: а – відцеп важкої вагової категорії; б – відцеп легко-середньої вагової категорії

Зважаючи на те, що між величиною вікон та швидкістю підходу відцепів до розрахункової точки на сортувальній колії існує обернений зв'язок, то в сучасних умовах досягнення прийнятних показників заповнення сортувальних колій здійснюється за рахунок систематичного порушення вимог ПТЕ. При цьому швидкість підходу відцепів до вагонів на сортувальних коліях перевищується у 60-80% випадків [6].

Методи вирішення задачі прицільного гальмування відцепів

Аналіз ОДР показує, що принципово задачу управління швидкістю скочування відцепів можна вирішити за рахунок заходів чотирьох напрямків:

- 1 – збільшення допустимої швидкості підходу відцепів до вагонів, що знаходяться на сортувальних коліях (швидкості співударяння);
- 2 – збільшення ОДР за рахунок зони «вікон»
- 3 – збільшення ОДР за рахунок підвищення допустимої швидкості входу відцепів на уповільнювачі, що розташовані на спускній частині гірки та збільшення потужності паркових гальмівних позицій;
- 4 – уточнення характеристик відцепів та підвищення точності гальмування.

По першому напрямку пішли залізниці Північної Америки, для яких допустима швидкість співударяння вагонів складає 9,6 км/год. В сучасних умовах для Укрзалізниці зміна відповідної норми ПТЕ є практично неможливою через необхідність значних вкладень у модернізацію рухомого складу та через те, що на території України працює велика кількість вагонів країн СНД, вимоги до яких встановлюються міждержавними документами. В той же час, необхідно відмітити, що ПТЕ регламентує швидкість підходу відцепів до вагонів, які знаходяться на сортувальних коліях за умови відсутності інформації про вагони, що співударяються. Наявність у базі даних АСКВП УЗ та в базах даних автоматизованих систем управління роботою сортувальних станцій у електронно-

му вигляді інформації про вагони, які скочуються у складі відцепів та знаходяться на сортувальних коліях, дозволяє у автоматичному режимі встановлювати масу вагона та вантаж, що у ньому перевозиться. В цих умовах допустима швидкість підходу одиночного вагона до групи вагонів на сортувальній колії $v_{\text{прц}}$ може бути визначена з виразу

$$v_{\text{прц}} = v_{\text{ПТЕ}} \sqrt{\frac{Q_{\text{п}}}{Q_{\text{в}}}}, \quad (1)$$

де $v_{\text{ПТЕ}}$ – нормативна швидкість підходу відцепів до вагонів на коліях;
 $Q_{\text{п}}$, $Q_{\text{в}}$ – відповідно маса вагона завантаженого до вантажопідйомності та фактична маса вагона, що скочується.

Для завантажених вагонів при визначенні допустимої швидкості співударяння необхідно також здійснювати перевірку стійкості вантажів у них, а для багатовагонних відцепів - виконувати розрахунок зусиль у автозчепях. Впровадження розрахункової швидкості співударяння дозволить суттєво покращити умови регулювання швидкості відцепів із порожніх вагонів, ходові характеристики яких є найменш прогнозованими. Для перевірки ефективності такого заходу виконано серію імітаційних експериментів по скочуванню з гірки відцепів на сортувальну колію ухилом 0,6‰. Швидкість виходу відцепів з паркової гальмівної позиції обиралась на підставі вагової категорії відцепу. В результаті обробки даних імітаційних експериментів отримано графіки залежності між середньою величиною вікна $\bar{I}_{\text{в}}$ умовах діючого нормативу та розрахованої за виразом (1) швидкості в точці прицілювання. Приклад таких графіків для одновагонних відцепів з порожніх вагонів представлено на рис. 3 а та б.

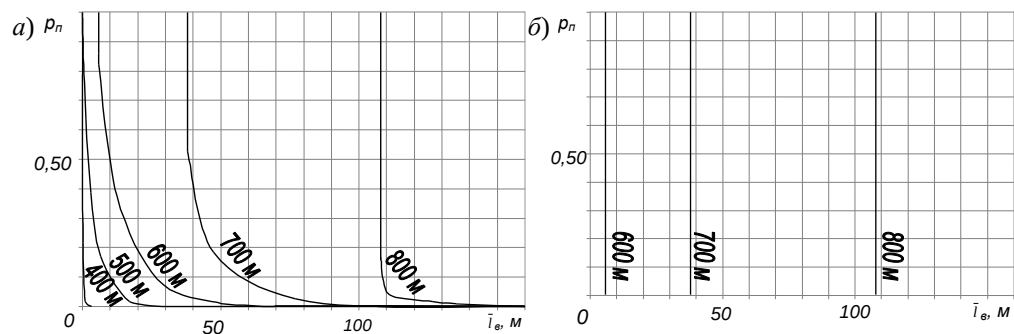


Рис 3. Залежності між середньою величиною вікна та ймовірністю перевищення допустимої ПТЕ швидкості підходу відцепів до вагонів на сортувальних коліях:
а) $v_{\text{прц}} = 5$ км/год (встановлена ПТЕ), $v_{\text{прц}} = 10$ км/год (розрахункова).

Аналіз цих залежностей показує, що за відсутності системи уточнення ходових характеристик відцепів дотримання умови $v_{\text{прц}} \leq 5$ км/год приводить до утворення значних вікон так, як через неповну інформацію про вагони гальмуванню підлягає і частина відцепів з поганими ходовими характеристиками. При умові $v_{\text{прц}} \leq 10$ км/год величина вікна не впливає на ймовірність перевищення допустимої швидкості співударяння вагонів так, як вікна утворюються лише через те, що енергії деяких відцепів недостатньо для їх докочування до точки прицілювання. Додатковим резервом збільшення допустимої швидкості співударяння є урахування енергоємності поглинаючих апаратів конкретних вагонів. З цієї метою відповідна інформація повинна бути додана в бази даних АСКВП УЗ. Ефективність наведеного методу для завантажених вагонів є значно меншою так, як для відцепів важкої вагової категорії розрахункова швидкість несуттєво перевищує встановлену ПТЕ, а у вагонах відцепів більш легких категорій перевозять вантажі, що вимагають кріплення і інерційні сили можуть загрожувати схоронності їх перевезень.

Другий напрямок передбачає ряд заходів, що спрямовані на збільшення ОДР за рахунок зони «вікон». До таких заходів відносяться традиційне осаджування і підтягу-

вання маневровими локомотивами, коли вагони з великим опором повинні закотитись лише за граничний стовпчик і, при необхідності, вікна ліквідуються локомотивом. В умовах невеликих обсягів розформування такий метод є прийнятним, але при значних обсягах сортувальної роботи він викликає збільшення завантаження локомотивів та суттєво зменшує переробну спроможність гірки. Для ліквідації вікон можуть використовуватись і спеціальні технічні засоби - вагоноосаджувачі (див. рис. 4, *а*). При цьому знову достатньо щоб вагони докотилися лише за граничний стовпчик, а далі вони доводяться до з'єднання з составом вагоноосаджувачем з допустимою швидкістю. Такі системи використовуються на залізницях Швеції, Італії, Японії та Німеччини [7]. Недоліком впровадження вагоноосаджувачів в Україні є значні капітальні вкладення, необхідність додаткових експлуатаційних витрат, які не залежать від обсягів переробки вагонів, та складність експлуатації в зимовий період.

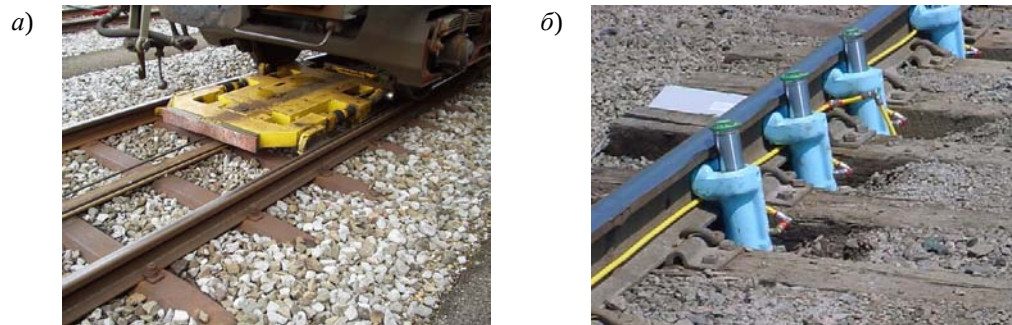


Рис. 4. Технічні засоби управління рухом вагонів у сортувальному парку:
а – вагоноосаджувач; *б* – точкові уповільнювачі.

Розширення ОДР може досягатись також за рахунок збільшення ухилу сортувальних колій та впровадження регульованого скочування відцепів у сортувальному парку, наприклад за допомогою точкових уповільнювачів [8] (див. рис. 4, *б*). Враховуючи, що колії сортувальних парків, де такі уповільнювачі використовуються в якості основних засобів гальмування, для забезпечення просування відцепів з поганими ходовими характеристиками повинні мати ухил понад 4‰, то впровадження традиційних систем навряд чи є можливим на сучасному етапі через велику вартість робіт, що пов'язані зі зміною поздовжнього профілю станцій. Більш ефективним на сортувальних станціях України може бути використання точкових уповільнювачів у якості додаткових гальмівних позицій зі збереженням існуючого профілю сортувальних колій та балочних уповільнювачів, які встановлені на паркових гальмівних позиціях. На рис. 5 *а, б* наведено залежності середньої величини вікна від дальності скочування, що утворюються при скочуванні одновагонних відцепів легкої та важкої вагової категорії в умовах нерегульованого та регульованого руху по сортувальним коліям.

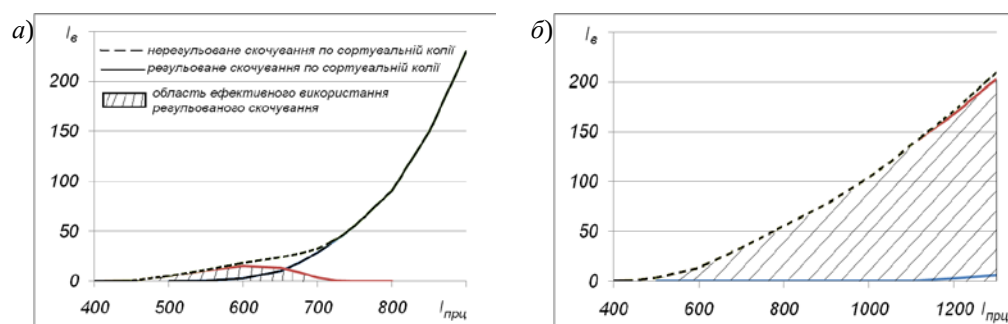


Рис. 5. Залежності середньої величини вікна від дальності скочування:
а – легка вагова категорія ; *б* – важка вагова категорія.

При виконанні експериментів швидкість виходу відчепів з паркової гальмівної позиції обиралась із умови забезпечення ймовірності перевищення нормативної швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальній колії $p_n=0,1$. Аналіз рис. 5, а показує, що основною причиною утворення вікон при скочуванні вагонів легкої вагової категорії є їх погані ходові характеристики. При цьому укладання додаткових гальмівних позицій є ефективним лише на відстані до 200 м від граничного стовпчика. Навпаки, основною причиною утворення вікон між вагонами важкої вагової категорії (див. рис. 5, б) є похибки у визначенні швидкості виходу вагонів з гальмівної позиції через невизначеність їх характеристик. У цьому випадку впровадження регульованого скочування відчепів на сортувальних коліях, виділених для накопичення составів переважно з вагонів важкої вагової категорії, є ефективним навіть при існуючих ухилах сортувальних колій. Особливо ефективним такі заходи можуть бути в сортувальних парках, що були запроектовані для вагонів на підшипниках ковзання і мають більший ухил колій.

Для оцінки ефективності заходів третього напрямку виконано моделювання скочування відчепів з типових гірок при різній допустимій швидкості входу на уповільнювачі спускної частини гірки. Аналіз результатів імітаційних експериментів показав несуттєвий вплив цього параметру на показники прицільного гальмування швидкості скочування відчепів так, як відчепи легкої, легко-середньої та середньої вагових категорій на другій гальмівній позиції не перевищують допустиму швидкість, а відчепи середньо-важкої та важкої вагових категорій мають достатній запас енергії для прокочування вглибину парку. Підвищення потужності паркових гальмівних позицій також дозволяє збільшити ОДР. Виконані в дослідження [4] дозволили встановити, що максимальні інтервали на розділових елементах досягаються в верхній, чи нижній точках перетину лінії рівних інтервалів з ОДР, які відповідають швидкому та повільному режимам скочування відчепів. Аналіз ОДР показує, що підвищення потужності паркових гальмівних позицій дозволяє покращити показники прицільного гальмування переважно лише при оптимізації режимів гальмування у групах, у яких присутні багатовагонні відчепи де існують суттєві запаси інтервалів на розділових стрілках. При виборі режимів гальмування у групах одновагонних відчепів лінії інтервалів, що забезпечують розділення відчепів на стрілках, лежать, як правило, поза межами ОДР відчепа з найгіршими ходовими характеристиками, що приводить до утворення вікон.

Четвертий напрямок, що пов'язаний з уточненням ходових характеристик відчепів та підвищенням точності гальмування, широко застосовується в комплексних системах автоматизації управління швидкістю скочування відчепів. Прикладами таких систем є КГМ (НИИАС, Росія), PROYARD II та III (General Electric, США), MSR 32 (SIEMENS, ЄС). До складу цих систем входять колійні датчики, рейкові кола, вагонні ваги чи вагомири, метеостанції, радіолокаційні швидкостеміри та ін. Через велику вартість таких систем і кожного з її елементів необхідно визначення впливу кожного такого елемента на загальні показники розформування составів.

З метою оцінки впливу точності інформації про характеристики відчепів та показники процесу розформування составів виконано серію імітаційних експериментів по скочуванню одновагонних та багатовагонних відчепів з гірки. В якості відгуків обрано середню величину вікна, що припадає на один розформований відчеп (y_1) та на один розформований вагон (y_2) за умови дотримання встановленої ПТЕ швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях із ймовірністю 0,9. В якості факторів прийнято $l_{прц}$ (x_1) – відстань до точки прицілювання від вершини гірки, м; q_v (x_2) – середня маса вагона у відчепі, т; σ_r (x_3) – середнє квадратичне відхилення швидкості виходу відчепів з гальмівної позиції, м/с; δ_q (x_4) – середнє квадратичне відхилення маси вагона у відчепі, т; σ_o (x_5) – середнє квадратичне відхилення питомого опору руху відчепа, Н/кН; n (x_6) – кількість вагонів у відчепі. Фактори та рівні їх варіювання наведені у табл. 1. На підставі результатів імітаційних експериментів розраховано коефіцієнти статистичних моделей

$$y_1 = 45,0 + 16,9x_1 + 27,9x_3 + 5,0x_5 - 8,4x_6 - 5,6x_1x_2 + 6,3x_1x_3 - 5,2x_1x_6 + 7,2x_2x_3 + 6,0x_2x_6 - 5,5x_4x_5;$$

$$y_2 = 32,8 + 13,0x_1 + 17,3x_3 + 4,1x_5 - 20,6x_6 - 6,1x_1x_2 - 9,1x_1x_6 + 6,5x_2x_3 + 4,9x_2x_6 - 6,6x_3x_6 - 5,7x_4x_5.$$

Таблиця 1.

Фактори та рівні їх варіювання для дослідження впливу точності інформації про характеристики відчепів та показники процесу розформування

Фактори	$x_i = -1$ (нижній рівень)	$x_i = 0$ (основний рівень)	$x_i = 1$ (верхній рівень)
Відстань до точки прицілювання (x_1), $l_{\text{при}}$	550	625	700
Середня маса вагона у відчепі (x_2), q_v	26	57	88
Середнє квадратичне відхилення швидкості виходу відчепів з гальмівної позиції (x_3), σ_r	0,1	0,35	0,6
Середнє квадратичне відхилення маси вагона у відчепі (x_4) δ_q	0,1	1,05	2
Середнє квадратичне відхилення питомого опору руху відчепа (x_5), $\sigma_{\text{оп}}$	0,05	0,325	0,6
Кількість вагонів у відчепі (x_6), n	1	2	3

Аналіз коефіцієнтів отриманих моделей показує, що основними факторами, які впливають на величину вікна, є відстань до точки прицілювання, точність реалізації заданої швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій та кількість вагонів у відчепі. Зважаючи на те, що середнє квадратичне відхилення швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій на сортувальних гірках України складає 0,6, то реалізувати автоматизований режим регулювання швидкості відчепів з рекомендованими у [6] показниками якості сортувального процесу неможливо навіть при точно відомих характеристиках відчепів та умовах зовнішнього середовища. Основною причиною цього є те, що на залізницях України для гальмування відчепів використовуються пневматичні, відносно короткі уповільнювачі з невеликою кількістю ступенів гальмування (1 ступінь – для вагових та 4 ступеня для натискних). Для цих уповільнювачів значною є тривалість перехідних процесів, таких як зміна тиску шин на колесо і зміна кількості осей в уповільнювачі, що ускладнює визначення залежностей між управляючими командами та швидкістю виходу відчепа з уповільнювача. Тому в автоматизованих системах регулювання швидкості скочування відчепів необхідно використовувати гідравлічні багатоступеневі уповільнювачі великої довжини. Наприклад, кількість ступенів гальмування гідравлічних уповільнювачів, які використовуються в автоматизованій системі управління розформуванням составів PROYARD, досягає 32. Суттєве значення коефіцієнта при x_1 вказує на те, що досягнення необхідних показників прицільного гальмування можливе лише на відстані до 250 м від гальмівної позиції. Для підвищення ступеню заповнення сортувальний колій в глибині сортувального парку необхідно здійснювати регульоване скочування відчепів по коліям.

Висновки

В умовах відсутності інвестиційних ресурсів для реконструкції сортувальних станцій та при наявності резерву їх переробної спроможності залізницям України доцільно виконувати поетапну модернізацію сортувальних гірок. В той же час, для ефективного здійснення цих заходів уже на початковому етапі повинен бути розроблений загальний план такої модернізації, порядок виведення із дії старих та введення нових систем та пристроїв. Виконані дослідження процесів скочування відчепів показують, що параметри технічних засобів, зокрема вагонних уповільнювачів, які використовуються на сортувальних гірках України в сучасних умовах та випускаються українською промисловістю, не дозволяють побудувати автоматизовані системи управління розпуском составів, що можуть забезпечити одночасно виконання умов безпеки сортувального процесу та його економічності. У зв'язку з цим необхідно доповнення ПТЕ, що забезпечить

впровадження розрахункових швидкостей підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях в умовах функціонування автоматизованих систем управління розпуском составів, комплексна переробка «Правил та норм проектування сортувальних пристроїв» [9], спрямована на модернізацію сортувальних гірок для забезпечення автоматичного режиму управління та розробка, по аналогії з Російською Федерацією, «Програми оновлення та розвитку технічних засобів сортувальних станцій та гірок» [10, 11], що дозволить скоординувати роботу як залізниць, так і вітчизняної промисловості.

Л і т е р а т у р а

1. Комплекс горочный микропроцессорный на базе промышленных компьютеров // Наши работы: "КГМ" - ВНИИ Автоматизации и Связи МПС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rfnias.ru/rfnias_rus/kgm1.htm
2. M. Peschel Modernization of Marshalling Yard Antwerp-North // Rail Engineering International, 1988. № 1, p.6-9.
3. K. Kube. Modernization of Marshalling Yards in North America // Progressive Railroading, 2002, № 7, p. 50 – 52.
4. 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 – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260с.
5. Сопротивление движению грузовых вагонов при скатывании с горок. - Труды ВНИИЖТа. - Вып. 545. - М.:Транспорт,1975. - 151 с
6. Муха Ю.А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях // Ю.А. Муха, И.В. Харланович, В.П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.
7. Г. Миклер, Ф. Лекенвальтер, К. Рам Децентрализованная система управления роспуском вагонов на сортировочной станции Бремерхафен-Шпекенбюттель // Железные дороги мира, № 8, 1988, с. 2-12
8. Joule Speed Control Systems for Marshalling Yards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.argent.co.za
9. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 - 89. - М.: Транспорт, 1992. - 104 с.
10. Р.Ш. Ягудин. Программа обновления и развития средств автоматизации и механизации сортировочных станций и горок на период 2000 – 2005 гг. // Автоматика, связь, информатика, 2000. №8 с. 47 – 48.
11. В.М. Кайнов. Программа обновления и развития технических средств сортировочных станций и горок // Автоматика, связь, информатика, 2001. №1 с. 2–5.

Д.Н. Козаченко. Исследование эффективности мероприятий по автоматизации управления скоростью скатывания отцепов на сортировочных горках. В статье рассмотрены методы повышения эффективности управления скоростью скатывания отцепов на сортировочных горках и выполнено их оценку с помощью имитационного моделирования станционных процессов.

Ключевые слова: сортировочная горка, вагонный замедлитель, режим торможения, имитационное моделирование.

Dmytro Kozachenko. Researches of efficiency measures on autoimmunization of speed's control of cuts rolling on hump. There are method of increasing efficiency speed's control of cut rolling on humps and estimated by means of computer simulation of humping process are viewed at this article .

Keywords: sorting hump, car retarder, breaking regime, simulation modeling.

Сведения об авторе: Козаченко Дмитрий Николаевич, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, начальник научно-исследовательской части, доцент кафедры УЕР, к.т.н., доцент, тел/факс (056) 794-35-98, E-mail: kozachenko@upp.diit.edu.ua

Рецензент: Бобровский В.И., профессор, д.т.н.