

## ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ ВИХОДУ ВІДЧЕПІВ З ГАЛЬМОВИХ ПОЗИЦІЙ

Білецька Є. С.

*Український державний університет залізничного транспорту*

*Запропоновано вдосконалену математичну модель визначення раціональних режимів регулювання швидкості скочування відцепів на спускній частині гірки.*

**Постановка проблеми.** Підвищення заощадження паливно-енергетичних, виробничих і перевізних ресурсів є однією з головних проблем залізничного транспорту України.

На даний момент сортувальні гірки є одним з основних споживачів паливно-енергетичних і виробничих ресурсів на транспорті і відповідальною ланкою за скорочення простоїв вагонів на станціях. Використання вказаних ресурсів суттєво підвищують такі фактори, як недосконалість існуючої технології регулювання швидкості скочування відцепів і технічних засобів, що забезпечують це регулювання, відсутність комплексної автоматизації процесу розформування составів на залізничних станціях України.

Найбільш складним і відповідальним гірковим технологічним процесом є процес регулювання швидкості. В цьому процесі задіяне найбільше число оперативного персоналу. В середньому кількість операторів і укладачів-регулювальників швидкості, що виконують гальмування відцепів на великих механізованих гірках при чотириохвінному графіку роботи досягає 55 осіб. На немеханізованих гірках з числом шляхів до 30 - кількість укладачів-регулювальників швидкості також становить від 45 до 60 осіб. Отже, виключення людського фактору з сортувального процесу або зведення його до мінімуму дозволить покращити існуючі експлуатаційні показники та зменшити кількість нещасних випадків. Тому питання автоматизації регулювання швидкості скочування відцепів є дуже актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням підвищення ефективності роботи сортувальної станції шляхом удосконалення сортувальних процесів, автоматизації сортувальних пристроїв займалися такі вчені як О. М. Огар, Д. О. Козаченко, Т. В. Бутько, Ю. А. Муха, В. І. Бобровський, І. В. Берестов, Ю. М. Куценко та ін.

Одним із заходів, 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.

Автоматизація сортувальних гірок спрямована на скорочення впливу "людського фактору" в регулюванні процесу розформування-формування составів та забезпечує максимально продуктивне функціонування комплексу технічних засобів сортувальних гірок (стрілок, сигналів, вагонних уповільнювачів, маневрових локомотивів та ін.).

Завдяки широкій автоматизації можна досягти

високої ефективності сортувальних операцій. Насамперед, це актуально на тих станціях, де здійснюються сортування і формування составів, наступних за головними лініями. При цьому, зменшується час розформування і формування составів, скорочується кількість персоналу, а отже і вплив людського чиннику на ефективність роботи станції, підвищується якість маневрових робіт, тобто, практично запобігають ушкодженню вагонів.

Слід зазначити, що основними причинами, що перешкоджають забезпеченню необхідного рівня якості сортувального процесу, є відсутність інформації про стан колісних пар вагонів, похибки у визначенні їх ходових характеристик, нестабільність коефіцієнту тертя між колесами вагона і шинами вагонних уповільнювачів, складність прогнозування величини додаткових питомих опорів від стрілок і кривих, середовища та вітру, які мають випадкову природу, та недосконалість технології інтервального (інтервально-прицільного) регулювання швидкості скочування відцепів на спускній частині гірки і прицільного – на підгіркових коліях.

Отже, складність вирішення завдання прицільного регулювання швидкості пов'язана з тим, що сортувальні гірки працюють в умовах невизначеності вхідної інформації про відцепи і умовах зовнішнього середовища, а також через неточність у реалізації заданих швидкостей виходу відцепів на паркової гальмівної позиції [2]. У зв'язку з цим, швидкість відчеплення в точці прицілювання є випадковою величиною; в той же час при недостатній швидкості виходу відцепів з паркової гальмівної позиції на сортувальних коліях утворюються вікна випадкової величини. Концепція інтервально-прицільного регулювання швидкості відцепів через певні недоліки повністю не виключає збої в роботі сортувальних гірок, пошкодження вагонів і вантажів, які перевозяться [3].

Однією з основних задач комплексних автоматизованих систем управління процесом розформування составів, що залишається принципово не вирішеною на українських залізницях, є задача управління швидкістю скочування відцепів.

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 [4]. 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.

**Мета статті.** Полягає у оптимізації конструктивно-технологічних параметрів сортувальної гірки, яка заключається в регулюванні швидкості розпуску составів, для впровадження системи автоматизації гіркових процесів через створення адекватної імітаційної моделі сортувального процесу на гірках, що проектується або експлуатуються.

**Основні матеріали дослідження.** Однією з основних задач комплексних автоматизованих систем управління процесом розформування составів, що залишається принципово не вирішеною на українських залізницях, є задача управління швидкістю скочування відцепів. Система автоматичного регулювання швидкості призначена для розрахунку і наступного завдання у реальному масштабі часу значень швидкостей виходу відцепів з гальмових позицій. Вказані швидкості мають забезпечувати виконання умов розділення маршрутів скочування відцепів на розділових стрілочних переводах (інтервальне регулювання) і безпечно з'єднання вагонів на сортувальних коліях (прицільне регулювання). Визначення раціональних режимів розформування составів і їх подальша реалізація дозволить забезпечити максимальні інтервали на стрілках між усіма парами відцепів і, таким чином, мінімізувати ймовірність їх нерозділень при умові виконання вимог прицільного регулювання. Існує декілька методологічних підходів до гальмування відцепів на гальмових позиціях гірки [1]. Швидкість виходу з I гальмової позиції (ГП) може задаватися постійною для всіх відцепів. Наприклад, за швидкістю виходу дуже поганого бігуна (ДП) або для вагової категорії відцепу. Метою є забезпечення приблизно однакової швидкості входу відцепів на II ГП. Отже, для отримання об'єктивної оцінки ефективності тієї чи іншої швидкості виходу відцепів з I і II ГП пропонується розглянути наступну оптимізаційну модель

$$E = E_{ушк}(V_{вих1}, V_{вих2}) + E_{ел}^p(V_{вих1}, V_{вих2}) + \Delta E_{пт}(V_{вих1}, V_{вих2}) \rightarrow E_{min}, \quad (1)$$

де  $V_{вих1}, V_{вих2}$  – допустима швидкість виходу відцепів відповідно з I і II ГП, м/с;

$E_{ушк}(V_{вих1}, V_{вих2})$  – експлуатаційні витрати на відшкодування втрат від ушкодження вагонів і вантажів, тис. грн;

$E_{ел}^p(V_{вих1}, V_{вих2})$  – експлуатаційні витрати на електроенергію, необхідну для регулювання швидкості скочування відцепів, тис. грн;

$\Delta E_{пт}(V_{вих1}, V_{вих2})$  – додаткові експлуатаційні витрати, пов'язані з простоем составів у парку приймання в очікуванні розформування, тис. грн.

Задача вирішується при наступних обмеженнях

$$V_{вих1}^{PB} \leq V_{вих1} \leq V_{вих1}^{XB}; \quad (2)$$

$$V_{вих2} \leq V_{вих2}^{XB}, \quad (3)$$

де  $V_{вих1}^{PB}, V_{вих1}^{XB}$  – швидкість виходу з I ГП відповідно розрахункового бігуна (РБ) і хорошого бігуна (ХБ) при вільному скочуванні, м/с;

$V_{вих2}^{XB}$  – швидкість виходу ХБ з II ГП при вільному скочуванні, м/с.

Оскільки вказані експлуатаційні витрати в явному виді не залежать від швидкості виходу відцепів з I і II ГП, маємо екстремальну задачу, яка може бути вирішена тільки прямими методами. Результати моделювання наведено у таблицях 1-2.

Таблиця 1 - Результати моделювання розформування потоку составів при гальмуванні відцепів на I ГП за умовою  $V_{вих1} \leq 6,6$  м/с

Швидкість виходу відцепів з II ГП, м/с	Швидкість співударяння вагонів на підгіркових	Довжина "вікна" з розрахунку на один вагон,	Число включень			число ушкоджених вагонів	Експлуатаційні витрати, тис. грн
			I ГП	II ГП	ППП		
5,1	0,85	4,01	1,20	1,2 1	0,17	1	918,1 3
5,4	0,99	3,65	1,20	1,1 8	0,19	1	727,8 4
5,7	1,06	3,49	1,20	1,1 2	0,24	2	650,5 2
6,0	1,13	3,37	1,20	1,0 8	0,28	2	587,4 5
6,3	1,21	3,20	1,20	1,0 1	0,31	2	497,1 0
6,6	1,35	2,80	1,20	0,7 1	0,34	3	287,8 4
6,9	1,48	2,60	1,20	0,0 0	0,37	4	176,7 6

Оптимізаційні розрахунки показали, що мінімальні експлуатаційні витрати для прийнятих вихідних даних забезпечуються при випусканні відцепів з I ГП без гальмування, а з II ГП – зі швидкостями, що не перевищують 6,7 м/с з урахуванням вимоги щодо швидкості співударяння вагонів (1,4 м/с). Швидкість 6,7 м/с відповідає швидкості виходу з даних позицій бігунів легко-середньої вагової категорії при їх вільному скочуванні. Недоліком застосування отриманого режиму випуску відцепів з гальмових позицій спускної частини є збільшення ймовірності ушкодження вагонів.

Таблиця 2 - Результати моделювання розформування потоку составів при гальмуванні відчепів на І ГП за умовою  $V_{вих1} \leq 6,9$  м/с

Швидкість виходу відчепів з ГП, м/с	Швидкість співударяння вагонів на підгіркових коліях,	Довжина "вікна" з розрахунку на один вагон, м	Число включень			Число ушкоджених вагонів	Експлуатаційні витрати, тис. грн
			І ГП	ІІ ГП	ІІІ ГП		
5,1	0,68	3,94	0,67	1,18	0,18	1	871,06
5,4	0,96	3,67	0,67	1,16	0,20	1	728,53
5,7	1,06	3,37	0,67	1,11	0,25	2	577,38
6,0	1,12	3,29	0,67	1,08	0,28	2	535,36
6,3	1,18	3,18	0,67	1,01	0,31	2	476,73
6,6	1,35	2,86	0,67	0,87	0,34	3	312,74
6,9	1,51	2,53	0,67	0,48	0,36	5	145,52

При використанні запропонованої математичної моделі для визначення раціональних конструктивно-технологічних параметрів і стратегії експлуатації сортувальних гірок слід враховувати закономірності зміни температури повітря протягом доби, закони і параметри розподілу швидкості і напрямку вітру, що найбільш імовірні для місяця, який обрано для імітаційного моделювання сортувального процесу.

**Висновки.** Аналіз розвитку технічних засобів та автоматизованих систем управління сортувальним процесом показав, що усі вони достатньо затратні в будівельному та експлуатаційному відношеннях. Попередня оцінка ефективності проекту автоматизації конкретної сортувальної гірки – це необхідний захід, який передуює розробці. В сучасних умовах конкуруючі варіанти конструкції та технічного оснащення сортувальних гірок доцільно порівнювати, базуючись на результатах імітаційного моделювання. Такий підхід дає можливість на підставі імітаційних експериментів обрати оптимальний варіант автоматизованої системи управління, який покращить існуючі експлуатаційні показники сортувальної гірки, а саме: підвищить швидкості розпуску, забезпечить необхідні дальність та точність прицільного гальмування вагонів з гірки і за умови забезпечення безпеки та надійності роботи гірки.

В результаті проведених досліджень сформовано модель визначення раціональних режимів регулювання швидкості скочування відчепів на спускній частині. Достовірність результатів моделювання процесу скочування відчепів з гірки склала не менше 93,8% при найгір-

ших метеорологічних умовах і гальмуванні відчепів на гальмових позиціях спускної частини і підгіркових колій. Причинами виникнення похибки моделювання є наявність випадкових гальмових характеристик вагонних уповільнювачів та стохастичний характер основного і додаткових питомих опорів від стрілок і кривих, сировища і вітру, які в реальному масштабі часу точно розрахувати майже неможливо.

#### Список використаних джерел.

1. Огар, О. М. Дослідження впливу режимів гальмування розрахункових бігунів на потужність паркової гальмової позиції / О. М. Огар, М. Ю. Куценко, В. М. Грицай // Зб. наук. праць. – Х. : УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 103. – С. 256–260.

2. Огар, О. М. Інтелектуальна підтримка процесів прийняття рішень при регулюванні швидкості скочування відчепів з гірки / О. М. Огар // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 5–6. – С. 39–44.

3. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних гірок / І. В. Берестов, О. М. Огар, О. Б. Ахієзер, М. Ю. Куценко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 2/3 (38). – С. 56–60.

4. Технічні засоби регулювання швидкості скочування відчепів на сортувальних гірках: посіб. до курсів "Залізничні станції та вузли", "Концепції удосконалення технічного оснащення та технологічного забезпечення залізничних станцій" / Є. В. Нагорний, І. В. Берестов, В. О. Крючков. – Х. : ХарДАЗТ, 1998. – 70 с.

#### Аннотация

### О ФОРМИРОВАНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ВЫХОДА ОТЦЕПОВ ИЗ ТОРМОЗНЫХ ПОЗИЦИЙ

Белецкая Е. С.

*Предложена усовершенствованная математическая модель для определения рациональных режимов регулирования скорости скатывания отцепов на спускной части горки, которая позволяет повысить эффективность управления процессом расформирования составов.*

#### Abstract

### ON FORMATION OF THE MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE RATE OF THE OUTPUT FROM THE BRAKE POSITIONS

Y. Beletskaya

*An improved mathematical model is proposed for determining rational regimes for the rate of roll-off of the hooks on the downstream part of the slide, which makes it possible to improve the efficiency of controlling the process of disintegrating the compositions.*