

В. І. БОБРОВСЬКИЙ, А. С. ДОРОШ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ УПОВІЛЬНЮВАЧАМИ НА ТОЧНІСТЬ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ

В статті виконано дослідження впливу режимів керування вагонними уповільнювачами на точність гальмування відчепів на спускній частині гірки. Встановлено залежність точності реалізації заданої швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій від параметрів керування уповільнювачами.

Ключові слова: керування уповільнювачами, гальмівна позиція, точність гальмування

В статье выполнены исследования влияния режимов управления вагонными замедлителями на точность торможения отцепов на спускной части горки. Установлена зависимость точности реализации заданной скорости выхода отцепов из тормозных позиций от параметров управления замедлителями.

Ключевые слова: управление замедлителями, тормозная позиция, точность торможения

In the article conducted research the influence of the wagon retarder mode control to the braking precision of cuts on the hill. Dependence of precision realization of the set output speed of the cuts from brake positions from control parameters of retarders was established.

Keywords: control of retarders, brake position, braking precision

Показники функціонування автоматизованої сортувальної гірки в значній мірі визначаються якістю регулювання швидкості скочування відчепів. Задача визначення та реалізації необхідних швидкостей виходу відчепів з гальмівних позицій (ГП) є однією з найскладніших в системах автоматизації гірок, що пояснюється наявністю багатьох впливаючих факторів та випадкових процесів.

Режим регулювання швидкості відчепів, що скочуються, визначає умови їх розділення на стрілочних переводах, швидкості їх зіткнення в сортувальному парку, кількість і величину вікон на коліях накопичення, а також витрати повітря та електроенергії на гальмування.

Основним технічним засобом регулювання швидкості скочування відчепів на гірці є вагонні уповільнювачі. Проблемам керування уповільнювачами присвячено достатньо велику кількість наукових робіт, в яких розглянуто можливі шляхи удосконалення процесу регулювання швидкості відчепів [1-6]. Як показує аналіз наукових робіт, складність керування уповільнювачами обумовлена стохастичністю параметрів їх гальмівної характеристики, а також наявністю перехідних процесів. З метою врахування вказаних особливостей в деяких алгоритмах керування уповільнювачами розраховують швидкість виходу U_p відчепів з гальмівної позиції штучно збільшують на деяку величину δV (упередження).

Одним із відомих підходів [1] до керування

роботою уповільнювачів є принцип гальмування відчепів по різниці між його фактичною U_ϕ та заданою U_3 швидкістю виходу з ГП. Згідно такого підходу моменти подачі команд на гальмування відчепів уповільнювачем встановлюються шляхом порівняння U_ϕ та U_3 за умовою

$$U_\phi > U_3, \text{ де } U_3 = U_p + \delta V$$

Визначення величини δV є окремою задачею і потребує детального дослідження. Так в роботі [1] встановлено, що точність регулювання швидкості відчепів істотно залежить від обраної величини упередження δV . У зв'язку з цим, в роботі [2] величину δV запропоновано визначати в залежності від уповільнення a_y відчепів в процесі гальмування. Встановлення величини a_y потребує визначення швидкості відчепів в процесі його гальмування уповільнювачем. Згідно з [2] величина упередження в процесі гальмування визначається на кожному кроці, як $\delta V = a_y t_p$ (де t_p – час, необхідний на розгальмування уповільнювача).

Аналогічний підхід до визначення величини упередження δV використовується і в роботах [3, 4]. Визначення δV за таким принципом дозволяє врахувати параметри відчепів, а також адаптуватись до реальної динаміки його руху в межах ГП. В той же час в роботі [5] відмічено, що необхідність отримання інформації про ве-

личину a_y є причиною небажаного ускладнення системи керування швидкістю скочування відчепів.

Авторами в [5] запропоновано введення упередження δV до розрахункової швидкості виходу відчепа з ГП; при цьому величина δV для різних категорій відчепів розраховується завчасно на цифровій моделі процесу гальмування. Процедура вибору величини δV виконується в залежності від швидкостей входу та виходу відчепа з ГП, його довжини та маси. Однак позасистемний спосіб визначення упередження до U_p має ряд недоліків, оскільки модель, на якій отримано δV , не дозволяє врахувати дію всіх випадкових факторів, величину яких неможливо виміряти. У зв'язку з цим автором у роботі [6] запропоновано застосовувати механізм самоналаштування, що дозволяє коригувати величину упередження δV до розрахункової швидкості виходу відчепа з ГП з урахуванням фактичних результатів гальмування попередніх відчепів. Запропонований метод коригування швидкості U_3 дозволяє адаптуватись до реальних умов гальмування, а також врахувати стан уповільнювача та його керуючої апаратури.

Таким чином, незважаючи на застосування сучасної обчислювальної техніки та складних алгоритмів проблема керування роботою уповільнювачів в умовах автоматизації сортувального процесу залишається не остаточно вирішеною і достатньо актуальною. Тому в даній статті виконані дослідження впливу величини упередження δV на точність реалізації заданої швидкості виходу відчепів з ГП. Реалізація результатів досліджень дозволить підвищити якість регулювання швидкості скочування відчепів на автоматизованих сортувальних гірках.

Задача регулювання швидкості полягає в реалізації розрахункових швидкостей виходу відчепа U_p з гальмівних позицій. При цьому керування роботою уповільнювачів повинно забезпечити найменше відхилення ΔU фактичної швидкості виходу U_ϕ з ГП від розрахункової U_p

$$\Delta U = U_\phi - U_p \rightarrow \min$$

Очевидно, що на похибку реалізації швидкості виходу відчепів з верхньої (ВГП) впливає упередження до U_p для даної ГП ($\delta V_{ВГП}$), тоді як на похибку швидкості виходу із середньої (СГП) впливають упередження $\delta V_{ВГП}$ і $\delta V_{СГП}$

$$\Delta U_{ВГП} = f(\delta V_{ВГП}), \Delta U_{СГП} = f(\delta V_{ВГП}, \delta V_{СГП})$$

Для дослідження впливу величини $\delta V_{ВГП}$ та $\delta V_{СГП}$ на точність гальмування відчепів на гальмівних позиціях спускної частини було використано імітаційну модель роботи автоматизованої сортувальної гірки [7]. В даній моделі імітація процесу скочування відчепів з гірки виконується на основі взаємодії модуля розпуску, що імітує рух всіх відчепів складу на спускній частині гірки на кожному кроці Δt , та модуля керування уповільнювачами. Модуль керування перетворює вхідні сигнали від блоку імітації розпуску за встановленим алгоритмом і подає відповідні команди на уповільнювачі гальмівних позицій. Модуль керування розпуском дозволяє адаптувати імітаційну модель до будь-якої системи регулювання швидкості відчепів, що дає можливість оцінити ефективність її функціонування.

З метою вирішення поставленої в статті задачі було розроблено автономний блок, який взаємодіє з модулем керування розпуском і дозволяє керувати роботою уповільнювачів в автоматичному режимі. Задачею цього блоку є визначення та реалізація розрахункових швидкостей виходу відчепів U_p з гальмівних позицій, що забезпечують необхідний режим розформування. Цей режим для кожного складу представляється списком розрахункових швидкостей виходу відчепів U_p з ВГП та СГП та визначається з використанням ітераційного методу [8]. Розроблений блок керування містить сукупність необхідних даних про уповільнювачі гірки: статистичні параметри гальмівної характеристики, а також тривалість перехідних процесів при загальмуванні (розгальмуванні) уповільнювача. Інформація про уповільнювачі необхідна для розрахунку їх питомого гальмівного опору w_t , а також для моделювання керування процесом гальмування. Наявність такої інформації про уповільнювачі і можливість її варіювання дає можливість досліджувати вплив характеристик вагонних уповільнювачів на показники сортувального процесу. Імітація роботи блока керування уповільнювачами гальмівних позицій здійснюється за допомогою керуючих параметрів $\delta V_{ВГП}$ і $\delta V_{СГП}$, які задаються до початку розформування окремого складу.

Для аналізу точності регулювання швидкості на гальмівних позиціях було виконано моделювання процесу розформування 25 складів з 57 вагонів при різних комбінаціях δV на гальмівних позиціях. Значення δV на ВГП варію-

валось в межах від 0,0 до 0,5 м/с, а на СГП – від 0,0 до 1,0 м/с з кроком 0,1 м/с.

Параметри кожного відчепа составу були отримані методом статистичного моделювання з використанням відповідних законів розподілу та параметрів випадкових величин. Значення питомого опору руху w_0 кожного відчепа було прийнято відповідно до його вагової категорії згідно з [9, табл. 4.1]. Моделювання процесу розформування виконувалось при несприятливих метеорологічних умовах – температура повітря зовнішнього середовища $t = -10^\circ \text{C}$, швидкість вітру $v_b = 5 \text{ м/с}$, азимут напрямку вітру – 20° .

За результатами моделювання було виконано аналіз фактичних швидкостей виходу відчепів з ВГП U'_ϕ та СГП U''_ϕ і визначено їх відхилення ΔU від розрахункових U_p . В табл.1 наведено середні значення відхилення U'_ϕ від U_p при різних значеннях параметра $\delta V_{\text{ВГП}}$.

Таблиця 1

Аналіз похибки реалізації заданої швидкості виходу відчепів на ВГП

$\delta V_{\text{ВГП}}, \text{ м/с}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$M[\Delta U_{\text{ВГП}}], \text{ м/с}$	-0,237	-0,162	-0,087	-0,015	0,059	0,149

На рис. 1 наведено залежність точності гальмування відчепів на ВГП від величини упередження на даній ГП.

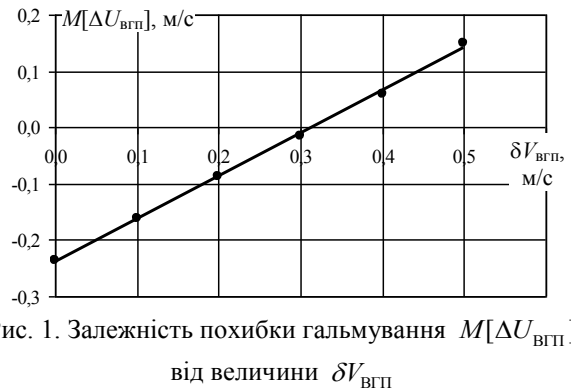


Рис. 1. Залежність похибки гальмування $M[\Delta U_{\text{ВГП}}]$ від величини $\delta V_{\text{ВГП}}$

Як видно з рис. 1, значення похибки реалізації заданої швидкості виходу відчепів з ВГП лінійно залежить від величини $\delta V_{\text{ВГП}}$. Найбільша точність гальмування відчепів досягається при значенні $\delta V_{\text{ВГП}} = 0,32 \text{ м/с}$; при цьому $M[\Delta U_{\text{ВГП}}] = 0,0 \text{ м/с}$. Подальше збільшення величини $\delta V_{\text{ВГП}}$ призводить до підвищення заданої швидкості виходу відчепів з ГП, і, як наслідок, зменшує їх гальмування. Це, в свою чергу, призводить до систематичного виходу відчепів з ВГП зі швидкістю U_ϕ , яка перевищує розрахункову U_p .

Для аналізу впливу величини упередження $\delta V_{\text{СГП}}$ на точність гальмування відчепів на СГП в табл. 2 наведено середні значення відхилення фактичної швидкості виходу U''_ϕ від розрахункової U_p при різних комбінаціях значень $\delta V_{\text{ВГП}}$ та $\delta V_{\text{СГП}}$.

Таблиця 2

Похибки реалізації швидкості виходу відчепів з СГП

$\delta V_{\text{ВГП}} \backslash \delta V_{\text{СГП}}$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,0	-0,465	-0,399	-0,348	-0,303	-0,254	-0,207	-0,167	-0,127	-0,095	-0,058	-0,033
0,1	-0,423	-0,347	-0,295	-0,251	-0,202	-0,153	-0,112	-0,074	-0,030	-0,007	0,023
0,2	-0,408	-0,318	-0,248	-0,201	-0,156	-0,107	-0,060	-0,023	0,013	0,046	0,076
0,3	-0,396	-0,309	-0,220	-0,166	-0,122	-0,073	-0,026	0,019	0,051	0,075	0,117
0,4	-0,371	-0,283	-0,200	-0,125	-0,080	-0,021	0,024	0,068	0,103	0,134	0,165
0,5	-0,368	-0,265	-0,183	-0,096	-0,014	0,021	0,065	0,111	0,149	0,186	0,215

Як видно з табл. 2, майже при всіх розглянутих комбінаціях δV швидкість виходу відчепів з СГП U''_ϕ менша за розрахункову U_p . Характер залежності похибки $M[\Delta U_{\text{СГП}}]$ від $\delta V_{\text{СГП}}$ при різних величинах $\delta V_{\text{ВГП}}$ наведено на рис. 2.

Як видно з рис. 2, середні значення похибки гальмування відчепів на СГП

$M[\Delta U_{\text{СГП}}] = 0,0 \text{ м/с}$ спостерігається при різних комбінаціях $\delta V_{\text{ВГП}}$ та $\delta V_{\text{СГП}}$. Таким чином, вибір величини упередження на СГП залежить від обраної величини δV на ВГП. На рис. 3 наведено графіки залежностей $\delta V_{\text{СГП}} = f(\delta V_{\text{ВГП}})$ при різній точності реалізації розрахункової швидкості виходу відчепів з СГП.

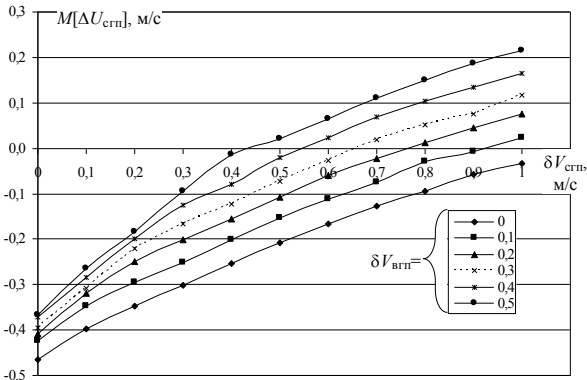


Рис. 2. Залежності середньої похибки гальмування $M[\Delta U_{\text{сгп}}]$ від величини $\Delta V_{\text{вгп}}$ при різних значеннях $\Delta V_{\text{вгп}}$

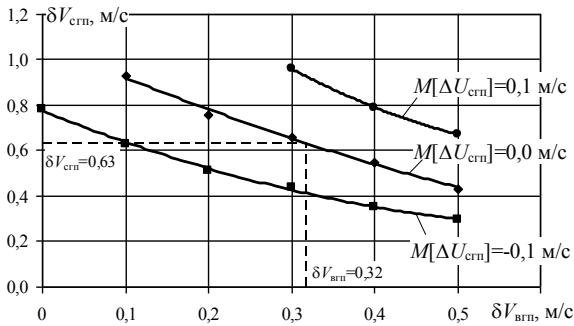


Рис. 3. Графіки залежності $\Delta V_{\text{сгп}} = f(\Delta V_{\text{вгп}})$ при різних похибці гальмування на СГП

З рисунку видно, що упередження на СГП нелінійно залежить від величини $\Delta V_{\text{вгп}}$. Отримані залежності дозволяють визначити значення $\Delta V_{\text{сгп}}$ в залежності від встановленої величини упередження на ВГП та необхідної точності реалізації розрахункової швидкості виходу відцепів U_p'' з СГП. Так, для даної гірки, умов

розпуску та параметрів потоку відцепів найкраща точність гальмування, при якій математичне очікування похибок реалізації $M[\Delta U] = 0$, забезпечується при $\Delta V_{\text{вгп}} = 0,32$ м/с та $\Delta V_{\text{сгп}} = 0,63$ м/с.

Як показав аналіз, для деяких відцепів составу взагалі відсутнє гальмування на ГП спускної частини гірки. До цієї групи, як правило, відносяться одновагонні відцепи легкої вагової категорії, кількість яких у кожному составі становить від до 3 до 4. Аналіз динаміки руху таких відцепів показав, що фактична швидкість їх виходу з ВГП та СГП менша за розрахункову U_p . Як видно з рис. 4, це пояснюється відмінністю фактичної величини основного питомого опору відчепа w_0^ϕ від розрахункового значення w_0^p . Слід відмітити, що при визначенні режиму розпуску составу фактичні значення величини питомого опору w_0^ϕ кожного відчепа невідомі і оцінюються середніми значеннями w_0^p по його ваговій категорії [9, табл. 4.1]. Але, в реальних умовах, при скочуванні відцепів з гірки, значення питомого опору w_0^ϕ окремих відцепів, особливо порожніх, істотно відрізняється від w_0^p , при цьому, як правило, $w_0^\phi > w_0^p$, що пояснюється характером розподілу випадкової величини w_0 . Це, в свою чергу, призводить до відхилення фактичної швидкості виходу відчепа U_ϕ з ГП від розрахункової U_p , і, як наслідок, ускладнює процес регулювання швидкості скочування відцепів составу.

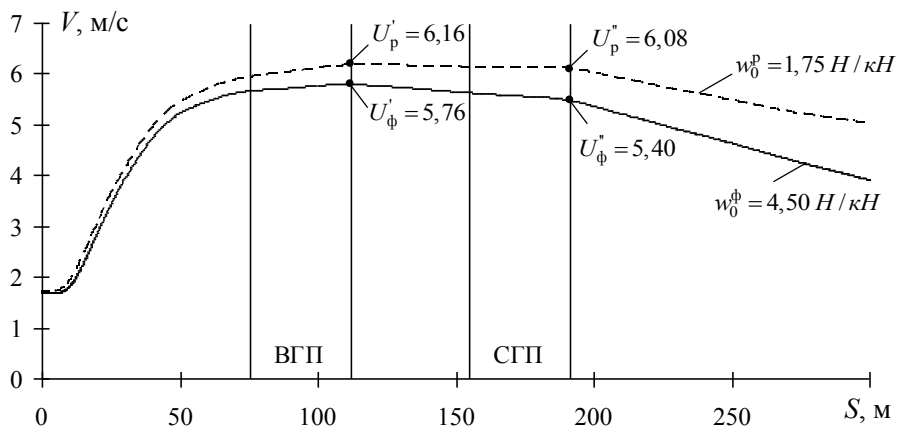


Рис. 4. Динаміка скочування відчепа легкої вагової категорії при різних w_0

Аналіз результатів скочування відцепів без гальмування на спускній частині гірки показав, що середня похибка реалізації розрахункової швидкості виходу з ВГП та СГП становить $M[\Delta U_{\text{вгп}}] = -0,20$ м/с та $M[\Delta U_{\text{сгп}}] = -0,26$ м/с

відповідно; при цьому значення середньої величини похибки не змінюється при варіюванні параметрів $\Delta V_{\text{вгп}}$ та $\Delta V_{\text{сгп}}$.

Крім цього необхідно відзначити, що режим скочування деяких відцепів составу при певних

комбінаціях стрілок розділення з суміжними відчепами не передбачає їх гальмування на СГП. Як показав аналіз результатів гальмування, доля таких відчепів складає 40-50 % в кожному составі; при цьому швидкість виходу цих відчепів з СГП менша за розрахункову U_p'' (рис. 5).

З рисунку видно, що похибка гальмування відчепа на ВГП не дозволила досягти йому розрахункової швидкості виходу $U_p'' = 6,01$ м/с в межах СГП, що, як наслідок, призвело до виходу відчепа з СГП зі швидкістю $U_\phi'' = 5,73$ м/с, меншою за розрахункову. Встановлено, що при

низькому значенні $\delta V_{ВГП}$ спостерігається вихід відчепів з ВГП зі швидкістю $U_\phi' < U_p'$ (див. рис. 1), що, в свою чергу, у випадку відсутності гальмування на СГП, призводить до відхилення U_ϕ'' від U_p'' , причому $U_\phi'' < U_p''$. Аналіз показав, що така ситуація характерна майже для всіх відчепів, що скочуються без гальмування на СГП. В той же час, по мірі збільшення $\delta V_{ВГП}$ підвищується точність реалізації U_p' , що, тим самим, дозволяє покращити якість регулювання швидкості відчепів на СГП і зменшити похибку реалізації $M[\Delta U_{СГП}]$.

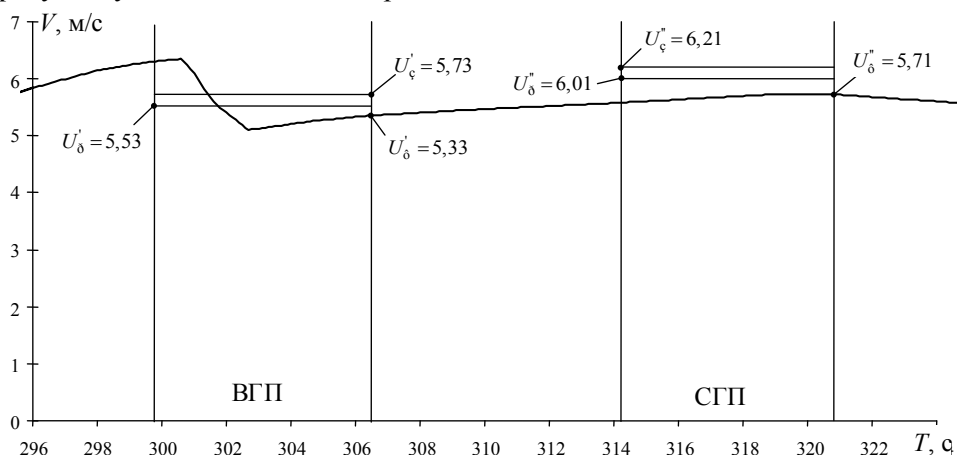


Рис. 5. Схема регулювання швидкості скочування відчепа

Очевидно, що на точність гальмування впливає кількість вагонів у відчепі m . У зв'язку з цим, в роботі було виконано аналіз похибки гальмування окремих відчепів составу при різних значеннях упередження δV на ВГП та СГП (див. табл. 3-4). При цьому в табл. 4 наведено середні значення похибки гальмування на СГП при варіюванні $\delta V_{ВГП}$ в межах 0,0-0,5 м/с.

Характер зміни похибки гальмування відчепів з різною кількістю вагонів m в залежності від параметрів керування уповільнювачами ВГП та СГП наведено на рис. 6.

Таблиця 3

Середні значення похибки гальмування відчепів на ВГП

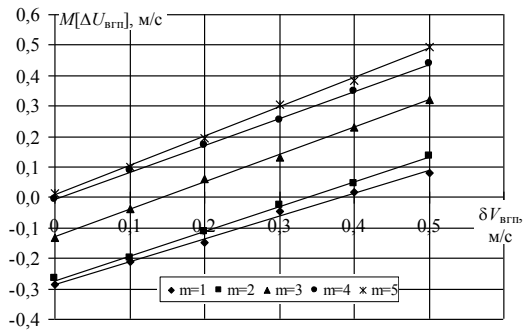
Вагонів у відчепі, m	$\delta V_{ВГП}$, м/с					
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1	-0,27	-0,20	-0,13	-0,06	0,01	0,09
2	-0,26	-0,18	-0,10	-0,01	0,08	0,17
3	-0,10	-0,02	0,06	0,13	0,21	0,31
4	0,02	0,11	0,19	0,27	0,36	0,45
5	0,03	0,11	0,20	0,29	0,39	0,48

Таблиця 4

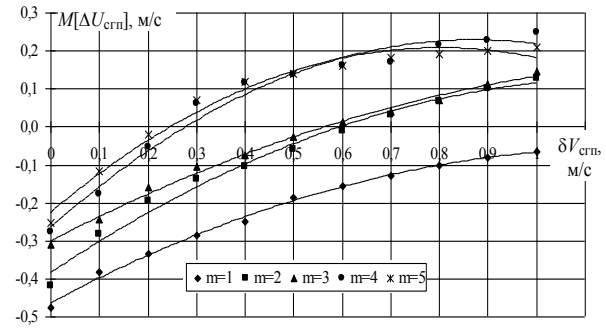
Середні значення похибки гальмування відчепів на СГП

Вагонів у відчепі, m	$\delta V_{ВГП}$, м/с											
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1	-0,475	-0,381	-0,335	-0,285	-0,250	-0,185	-0,157	-0,127	-0,102	-0,080	-0,065	
2	-0,420	-0,282	-0,194	-0,139	-0,104	-0,058	-0,012	0,032	0,068	0,101	0,128	
3	-0,311	-0,242	-0,160	-0,105	-0,076	-0,026	0,015	0,039	0,069	0,112	0,146	
4	-0,277	-0,176	-0,054	0,062	0,117	0,138	0,160	0,170	0,214	0,226	0,249	
5	-0,254	-0,116	-0,020	0,071	0,118	0,139	0,162	0,181	0,192	0,200	0,209	

а) ВГП



б) СГП

Рис. 6. Графіки залежності середньої похибки гальмування $M[\Delta U]$ від величини δV

Як видно з рис. 6, а похибка гальмування відцепів на ВГП лінійно залежить від величини $\delta V_{\text{ВГП}}$, при чому характер залежності зберігається при будь-якій кількості вагонів у відцепі. Слід відмітити, що при одному і тому ж значенні параметра $\delta V_{\text{ВГП}}$ точність гальмування відцепів з $m = 1-2$ та $m = 4-5$ вагонів практично однакова. Так, для багатовагонних відцепів ($m = 4-5$ ваг.) найменша похибка гальмування спостерігається при $\delta V_{\text{ВГП}} = 0$, в той час, як висока точність гальмування трьохвагонного відчепа досягається при $\delta V_{\text{ВГП}} = 0,14$, а для відцепів з кількістю вагонів $m = 1$ та $m = 2$ при $\delta V_{\text{ВГП}} = 0,38$ та $\delta V_{\text{ВГП}} = 0,33$ відповідно.

З рис. 6, б видно, що похибка реалізації розрахункової швидкості виходу відцепів U_p'' з СГП нелінійно залежить від параметра керування уповільнювачами $\delta V_{\text{СГП}}$; при цьому ступінь нелінійності збільшується по мірі підвищення довжини відчепа (див. рис. 6, б). Як і на ВГП, висока точність гальмування відцепів з 4-5 вагонів забезпечується при низькому значенні $\delta V_{\text{СГП}}$, а саме при 0,24 та 0,28 м/с відповідно. Для трьохвагонних відцепів значення параметра $\delta V_{\text{СГП}}$, при якому забезпечується $M[\Delta U_{\text{СГП}}] = 0,0$, становить 0,56 м/с, а для відцепів з двох вагонів висока точність гальмування досягається при $\delta V_{\text{СГП}} = 0,6$ м/с. В той же час, збільшення $\delta V_{\text{СГП}}$ до 1,0 м/с не дозволяє забезпечити високу точність реалізації U_p'' для одновагонних відцепів, що може бути пов'язано з похибкою гальмування на ВГП і неможливістю при подальшому скочуванні в межах СГП розвинути розрахункову швидкість виходу U_p'' .

Виконаний аналіз точності гальмування потоку відцепів показав, що висока точність регулювання їх швидкості скочування в межах ВГП та СГП забезпечується при різних значеннях

$\delta V_{\text{ВГП}}$ та $\delta V_{\text{СГП}}$; при чому значення цих параметрів суттєво змінюються в залежності від кількості вагонів у відцепі. Таким чином, можна стверджувати, що величина упередження δV на гальмівних позиціях повинна встановлюватись окремо для кожного відчепа в залежності від його параметрів, що дасть змогу підвищити якість регулювання швидкості скочування всіх відцепів складу. Але такий підхід може значно ускладнити побудову систем автоматичного регулювання швидкості скочування відцепів (АРШ) на автоматизованих сортувальних гірках. В той же час, з метою виключення необхідності визначення величини δV для кожного відчепа та спрощення побудови системи АРШ, значення параметрів керування уповільнювачами $\delta V_{\text{ВГП}}$ та $\delta V_{\text{СГП}}$ можуть бути встановлені в цілому для потоку складів. Для остаточного вибору принципу встановлення величини δV на гальмівних позиціях необхідно оцінити її вплив на умови розділення відцепів на стрілочних переводах гіркової горловини, а також на енергетичні витрати при гальмуванні відцепів складу.

БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Зиброва, Т. М. Повышение точности регулирования скоростей отцепов на тормозных позициях [Текст] / Т. М. Зиброва // Автоматическое управление и вопросы применения вычислительной техники на железнодорожном транспорте. Труды ДИИТа – Д.: ДИИТ, 1975. – Вып. 172/7. – С. 25-31.
2. Божко, Н. П. Моделирование работы тормозных позиций на сортировочной горке [Текст] / Н. П. Божко // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на станциях: Межвуз. сб. научн. тр. – Д.: ДИИТ, 1978. – Вып. 197/12. – С. 73–87.
3. Шелухин, В. И. Универсальный модуль управления тормозными позициями [Текст] /

В. И. Шелухин, И. Н. Малышев // Автоматика, связь, информатика. – 2000. – № 5. – С. 12-14.

4. Шелухин, В. И. Алгоритмы вытормаживания отцепов в горочных замедлителях [Текст] / В. И. Шелухин // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 10. – С. 2-4.

5. Сафрис, Л. В. Коррекция задания для регуляторов замедлителей [Текст] / Л. В. Сафрис, Т. И. Скабалланович // Автоматическое управление и вопросы применения вычислительной техники на железнодорожном транспорте. Труды ДИИТа – Д.: ДИИТ, 1976. – Вып. 184/8. – С. 29-32.

6. Жуковицкий, И. В. Адаптивная коррекция задания регулятору тормозной позиции [Текст] / И. В. Жуковицкий // Информ.-керуючі системи на залізн. тр-ті. – 2010. – № 4. – С. 93-95.

7. Бобровский, В. И. Эргатические модели сортировочных горок [Текст] / В. И. Бобровский

// Информ.-керуючі системи на залізн. тр-ті. – 2001. – № 5. – С. 7-11.

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

9. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207 – 89. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Т. В. Бутько (Україна)

Надійшла до редколегії 11.12.2013.

Прийнята до друку 12.12.2013.