

УДК 656.212

А. В. КУДРЯШОВ^{1*}

^{1*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта andkyd@mail.ru, ORCID 0000-0002-5965-3378

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ІНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ ШВИДКОСТІ РОЗПУСКУ

Техніко-експлуатаційні показники функціонування сортувальної гірки, а також якість інтервального та прицільного регулювання швидкості відчепів, що скочуються, істотно залежать не тільки від проектних параметрів самої гірки, але і від обраних режимів гальмування окремих відчепів. Існуючий ітераційний метод оптимізації режимів гальмування відчепів, що скочуються, дозволяє максимізувати інтервали між ними на стрілках в несприятливих за умовами розділення групах за рахунок деякого зменшення інтервалів в сусідніх більш сприятливих. Даний метод оптимізації режиму розформування складу дозволяє врахувати багаторазові розділення його відчепів на стрілках і використовує модель гальмування відчепів із зоною гальмування, яку можна регулювати. При цьому пошук оптимального режиму розформування складу відбувається при постійній швидкості його розпуску. У той же час в сучасних умовах переробна спроможність сортувальних гірок використовується лише на 50-60 %, тому доцільно зменшити швидкість розпуску для груп відчепів з несприятливими умовами розділення з метою збільшення величини інтервалів. При цьому для зменшення тривалості розпуску складу можливе збільшення швидкості розпуску для груп відчепів, що мають сприятливі умови розділення на стрілках. Оптимізація режиму розформування складу виконується в два етапи. На першому етапі режими скочування відчепів складу оптимізуються при постійній швидкості розпуску, за результатами оптимізації склад розбивається на групи зі сприятливими і несприятливими умовами розділення. Далі кожна група відчепів виділяється в окремий склад і виконується повторна оптимізація режимів скочування відчепів окремо для кожної групи. При цьому для груп з несприятливими умовами розділення швидкість розпуску знижується відносно початкової, а для груп із сприятливими швидкість розпуску підвищується. Для оптимізації режимів розформування складів використовується імітаційне моделювання. Аналіз результатів оптимізації режимів інтервального регулювання з використанням змінної швидкості розпуску складів показав можливість збільшення інтервалів для груп з несприятливими умовами розділення за рахунок зменшення швидкості розпуску складу. Раціональна швидкість розпуску для кожної групи різна, що в свою чергу викликає необхідність розпуску складу з змінною швидкістю.

Ключові слова: відчеп, сортувальна гірка, швидкість розпуску, режим гальмування, ітераційний метод, оптимізація.

Технико-эксплуатационные показатели функционирования сортировочной горки, а также качество интервального и прицельного регулирования скорости скатывающихся отцепов существенно зависят не только от проектных параметров самой горки, но и от выбранных режимов торможения отдельных отцепов. Существующий итерационный метод оптимизации режимов торможения скатывающихся отцепов позволяет максимизировать интервалы между ними на стрелках в неблагоприятных по условиям разделения группах за счет некоторого уменьшения интервалов в соседних более благоприятных. Данный метод оптимизации режима расформирования состава позволяет учесть многократные разделения его отцепов на стрелках и использует модель торможения отцепов с зоной торможения, которую можно регулировать. При этом поиск оптимального режима расформирования состава происходит при постоянной скорости его роспуска. В то же время в современных условиях перерабатывающая способность сортировочных горок используется лишь на 50-60 %, поэтому целесообразно уменьшить скорость роспуска для групп отцепов с неблагоприятными условиями разделения с целью увеличения величины интервалов. При этом для уменьшения продолжительности роспуска состава возможно увеличение скорости роспуска для групп отцепов, имеющих благоприятные условия разделения на стрелках. Оптимизация режима расформирования состава выполняется в два этапа. На первом этапе режимы скатывания отцепов состава оптимизируются при постоянной скорости роспуска, по результатам оптимизации состав разбивается на группы с благоприятными и неблагоприятными условиями разделения. Далее каждая группа отцепов выделяется в отдельный состав и выполняется повторная оптимизация режимов скатывания отцепов отдельно для каждой группы. При этом для групп с неблагоприятными условиями разделения скорость роспуска снижается относительно начальной, а для групп с благоприятными скорость роспуска повышается. Для оптимизации режимов расформирования составов используется имитационное моделирование. Анализ результатов оптимизации режимов интервального регули-

рования с использованием переменной скорости роспуска составов показал возможность увеличения интервалов для групп с неблагоприятными условиями разделения за счет уменьшения скорости роспуска состава. Рациональная скорость роспуска для каждой группы разная, что в свою очередь вызывает необходимость роспуска состава с переменной скоростью.

Ключевые слова: отцеп, сортировочная горка, скорость роспуска, режим торможения, итеративный метод, оптимизация.

Technical and operational performance indicators of the sorting hump as well as quality of interval speed control of the rolling cuts depend essentially not only on the design parameters of the slides, but also on the retarding regimes of individual cut. Existing iterative method of retarding regimes optimization allows to maximize the intervals between the rolling cuts on the switches in unfavorable separation at the expense of some reduction in adjacent intervals of more favorable. This method of optimization of the breaking up regimes allows it to take into account multiple separation of the cuts on the switches and use the retarding model with a zone of inhibition, which can be adjusted. The search of an optimal breaking up regimes is being made at a constant speed. At the same time, in modern conditions the processing capacity of marshalling yards used only by 50-60%, so it is reasonable to reduce the rate of speed for groups of cuts under unfavorable conditions of separation in order to increase the value of the intervals. At the same time to reduce the duration of breaking up process the speed rate can be increased for the groups with favorable conditions for the separation at the switch points. Optimization of the breaking-up regimes is performed in two stages. On the first stage, the rolling of a cut is optimized at a constant speed of breaking-up. According to the result the train is being divided into groups with favorable and unfavorable conditions of separation. Next, each group of cuts is considered as a one train and a secondary optimization is being made separately for each group. In this case, for groups with unfavorable conditions of separation speed is reduced relative to the initial breaking-up speed, and for groups with favorable ones speed is increased. Computer-aid simulation is used for optimization of the breaking-up regimes. Analysis of the results of optimization of interval control with the use of a variable speed break-up showed the possibility of increasing intervals for groups with unfavorable conditions of breaking-up by reducing the rate of speed. Rational breaking-up rate for each group is different, which necessitates the variable breaking-up rate for a particular train.

Keywords: cut, sorting hump, speed of the breaking-up process, retarding regimes, iterative method, optimization.

Вводна частина

Техніко-експлуатаційні показники функціонування сортувальної гірки, а також якість інтервального та прицільного регулювання швидкості відцепів, що скочуються, суттєво залежать не тільки від проектних параметрів самої гірки, але і від обраних режимів гальмування окремих відцепів [1, 2].

Оптимальне управління роспуском вимагає визначення таких режимів гальмування відцепів, при яких забезпечуються найкращі умови їх розділення на стрілках. Очевидно, що найкращі умови розділення відцепів, що скочуються, на стрілках забезпечуються при максимальних інтервалах між ними.

Задачі оптимізації режимів розформування составів присвячений цілий ряд наукових праць, у яких запропоновані різні критерії оптимальності й методи її розв'язку. Ітераційний метод оптимізації режимів гальмування відцепів, що скочуються, дозволяє максимізувати інтервали між ними на стрілках в несприятливих за умовами розділення групах за рахунок деякого зменшення інтервалів в сусідніх більш сприятливих [3, 4].

При цьому запропонований в [4] метод оптимізації режиму розформування состава дозволяє врахувати багатократні розділення його

відцепів на стрілках [5] та використовує модель гальмування відцепів з зоною гальмування, що можна регулювати.

Однак слід зауважити, що пошук оптимального режиму розформування состава в [3, 4] відбувається при постійній швидкості його роспуску.

В той же час в сучасних умовах переробна спроможність сортувальних гірок використовується лише на 50-60 %, тому доцільно зменшити швидкість роспуску для груп відцепів із несприятливими умовами розділення з метою збільшення величини інтервалів. При цьому для зменшення тривалості роспуску состава можливе збільшення швидкості роспуску для груп відцепів, що мають сприятливі умови розділення на стрілках.

Основна частина

Було виконано дослідження можливості вторної оптимізації для груп відцепів із несприятливими умовами розділення з метою збільшення величини інтервалів на розділових елементах за рахунок зменшення швидкості роспуску.

Для цього спочатку було виконано оптимізацію режимів роспуску ряду составів з 25 відцепів. При цьому особливості методу при оптимізації режимів гальмування відцепів состава з урахуванням їх вторинних розділень розгля-

нугі на прикладі состава, характеристика якого наведена у табл. 1. Найкращими початковими режимами гальмування q_0 є режими, які знаходяться на середині відповідної ділянки границі

області допустимих швидкостей виходу вагону з гальмівних позицій [6]. Верхня трикутна матриця [7] номерів розділових стрілок прийнятого до оптимізації состава наведена на рис. 1.

Таблиця 1

Характеристика відчепів состава

№ п/п	Кількість і рід вагонів	Маса вагона, t	Координата точки прицілювання, $S_{прц}, м$	Основний опір вагонів відчепа, $w_0, H/кН$	Початковий режим гальмування, q_0
1	1цс	80,0	581	1,13	Б
2	1цс	22,0	796	3,90	0
3	3пв	71,0	827	2,10	1
4	2кр	54,0	669	2,20; 2,20	1
5	1пв	22,0	486	4,50	0
6	2кр	65,0	835	1,18; 1,02	1,5
7	3пв	90,0	750	1,15; 1,67; 1,49	1,5
8	1цс	87,0	474	1,28	1,5
9	1пв	85,0	453	0,50	1,5
10	1цс	73,0	467	1,78	1,5
11	1пв	62,0	421	2,00	1
12	1цс	77,0	417	1,71	1,5
13	1пв	38,0	509	3,50	0,5
14	2пл	79,0	407	1,41; 1,09	1,5
15	1пв	30,0	535	4,00	0
16	1пв	58,0	638	1,87	0,5
17	1кр	80,0	458	1,40	1,5
18	1пв	70,0	465	1,50	1,5
19	1пл	80,0	754	0,88	1
20	1пв	78,0	468	1,0	1,5
21	2пв	38,0	460	0,79; 0,87	1,5
22	1пв	46,0	599	3,00	0,5
23	1пв	54,0	578	2,50	0,5
24	1пв	84,0	579	1,27	1,5
25	1пл	42,0	445	3,60	М

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2		0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3			0	2	3	0	4	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4				0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5					0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6						0	2	3	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7							0	2	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8								0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9									0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10										0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11											0	2	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
12												0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13													0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14														0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15															0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
16																0	2	0	0	5	0	0	0	0	0
17																	0	3	0	0	0	0	0	0	0
18																		0	3	0	0	0	0	0	0
19																			0	2	3	0	0	0	0
20																				0	2	4	0	0	0
21																					0	2	3	0	0
22																						0	2	0	0
23																							0	4	0
24																								0	4
25																									0

Рис. 1. Верхня трикутна матриця номерів розділових стрілок состава з 25 відчепів

Як видно з рис. 1, кожен відчеп (окрім першого та останнього) мають два первинних розділення з суміжними відчепами состава та, окрім того, можлива наявність вторинних розділень. Так, наприклад, з даної матриці можливо визначити, що в кортеж 7-го відчепа входять відчепи з номерами 3, 5, 6, 8, 9 та 13; відчепи 3, 5 та 6 розташовані до 7-го відчепа та розділяються з ним, відповідно, на 4-й, 3-й стрілці та

2-й стрілці, а відчепи 8, 9 та 13 після 7-го та мають з ним розділення, відповідно, на 2-й, 3-й та 4-й стрілці.

В табл. 2 приведені значення інтервалів на розділових стрілках між керованим відчепом та іншими відчепами його кортежу до оптимізації (в табл. 2 не приведені значення вторинних інтервалів, значення яких перевищують 30 с.).

Таблиця 2

Значення інтервалів в кортежах состава при початкових режимах

Інтервали в кортежах керованих відчепів							
Відчепи до керованого			Керований відчеп	Відчепи після керованого			
Вторинні		Суміжні		Суміжні	Вторинні		
			1	(6,54)	2		
		1 (6,54)	2	(4,03)	3		
		2 (4,03)	3	(15,28)	4		
		3 (15,28)	4	(8,18)	5		
		4 (8,18)	5	(10,04)	6	(26,46)	7
		5 (10,04)	6	(1,12)	7	(17,56)	8
	5 (26,46)	6 (1,12)	7	(8,40)	8	(18,04)	9
	6 (17,56)	7 (8,40)	8	(2,42)	9	(8,70)	10
	7 (18,04)	8 (2,42)	9	(1,52)	10	(22,05)	11
	8 (8,70)	9 (1,52)	10	(7,93)	11	(11,75)	12
	9 (22,05)	10 (7,93)	11	(-5,01)	12	(-6,92)	13
	10 (11,75)	11 (-5,01)	12	(0,90)	13	(15,13)	14
	11 (-6,92)	12 (0,90)	13	(8,58)	14	(22,65)	15
	12 (15,13)	13 (8,58)	14	(3,98)	15	(8,69)	16
	13 (22,65)	14 (3,98)	15	(3,63)	16	(15,19)	17
	14 (8,69)	15 (3,63)	16	(5,13)	17	(22,98)	20
	15 (15,19)	16 (5,13)	17	(3,24)	18		
		17 (3,24)	18	(-2,26)	19		
		18 (-2,26)	19	(5,02)	20	(16,13)	21
	16 (22,98)	19 (5,02)	20	(10,49)	21	(24,19)	22
		20 (10,49)	21	(3,61)	22	(11,06)	23
	20 (24,19)	21 (3,61)	22	(4,94)	23		
	21 (11,06)	22 (4,94)	23	(6,85)	24		
		23 (6,85)	24	(6,74)	25		
		24 (2,50)	25				

Першому та останньому відчепу встановлюються екстремальні режими, відповідно, швидкий ($q_0 = q_{\max} = 3,0$) та повільний ($q_0 = q_{\min} = 0$). Відчепи 2, 5 та 15-ть мають великий основний питомий опір та мають єдиний можливий режим скочування без гальмування; область допустимих швидкостей даних відчепів вироджена в точку.

Таким чином, відчепи з номерами 1, 2, 5, 15 та 25-й не беруть участі в ітераційному методі, тому що режими гальмування даних відчепів не можуть бути оптимізовані.

Графік інтервалів на розділових стрілках при початкових режимах скочування показані на рис. 2. Суцільною лінією позначені інтервали між суміжними відчепами, пунктирними – несуміжними. Очевидно, що не всі вторинні інтервали будуть впливати на процес оптимізації, оскільки деякі їх значення занадто великі та суттєво перевищують максимальний інтервал між суміжними відчепами, наприклад $\delta t_{5-14} = 90,8$ с. Тому на графіку не приведені вторинні інтервали, значення яких перевищують 30 с.

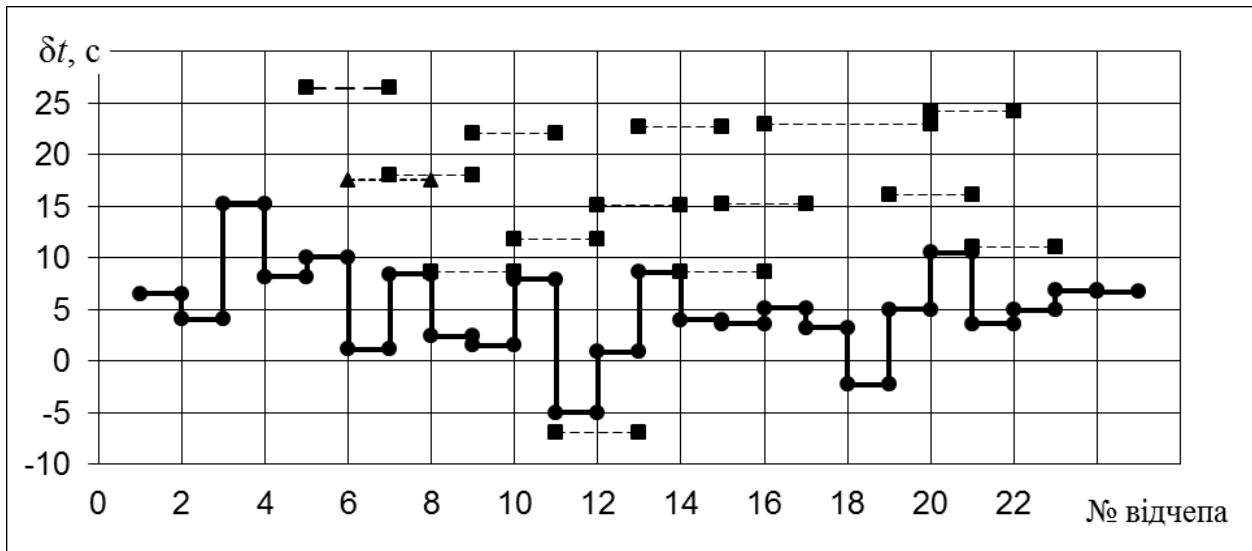


Рис. 2. Розподілення інтервалів між відчепами складу до оптимізації

Як видно з рис. 2 величини інтервалів між відчепами 11-12 та 18-19 мають від'ємне значення, відповідно, $\delta t_{11-12} = -5,01$ с та $\delta t_{18-19} = -2,26$ с, що свідчить про відсутність розділення даних відчепів. Крім того, 11-й відчеп не має розділення з 13-м ($\delta t_{11-13} = -6,92$ с).

Таким чином, приведені значення інтервалів свідчать про необхідність оптимізації початкових режимів гальмування.

Для оптимізації режимів гальмування відчепів даного складу було потрібно 75 (530 скочувань) ітерацій.

Варто звернути увагу на те, що в процесі

оптимізації склад поступово розбивається на групи, в яких відбувається вирівнювання величини суміжних інтервалів. Границями груп є відчепи з екстремальними режимами скочування (критичні відчепи).

Графік інтервалів між суміжними відчепами складу після закінчення процесу оптимізації приведено на рисунку 3. З рис. 3 видно, що склад розділений на 9 груп, з яких групи 1-2, 2-3, 3-5, 11-15, 20-22 – сприятливі по умовам розділення, а 5-8, 8-13, 15-20, 22-25 – несприятливі. Величина інтервалів між відчепами складу після оптимізації наведені в табл. 3.

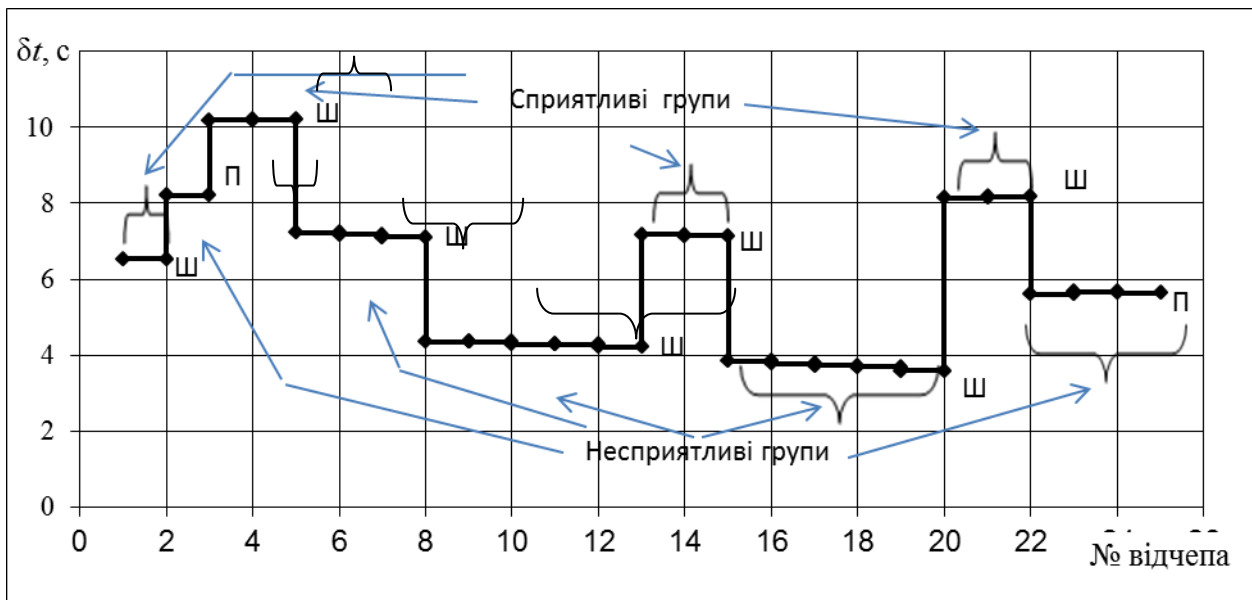


Рис. 3. Розподілення величини суміжних інтервалів по групам після закінчення оптимізації режимів гальмування

Величина інтервалів в кортежах состава після закінчення оптимізації

Інтервали в кортежах керованих відчепів							
Відчепи до керованого			Керований відчеп	Відчепи після керованого			
вторинні		суміжні		суміжні	вторинні		
			1	(6,53)	2		
		1 (6,53)	2	(8,21)	3		
		2 (8,21)	3	(10,20)	4	(27,11)	5
		3 (10,20)	4	(10,21)	5	(27,60)	6
	3 (27,11)	4 (10,21)	5	(7,22)	6	(24,04)	7
	4 (27,60)	5 (7,22)	6	(7,17)	7	(20,02)	8
	5 (24,04)	6 (7,17)	7	(7,11)	8	(14,01)	9
	6 (20,02)	7 (7,11)	8	(4,36)	9	(11,26)	10
	7 (14,01)	8 (4,36)	9	(4,35)	10	(10,99)	11
	8 (11,26)	9 (4,35)	10	(4,28)	11	(13,34)	12
	9 (10,99)	10 (4,28)	11	(4,28)	12	(12,99)	13
	10 (13,34)	11 (4,28)	12	(4,21)	13	(17,29)	14
	11 (12,99)	12 (4,21)	13	(7,18)	14	(22,65)	15
	12 (17,29)	13 (7,18)	14	(7,15)	15	(16,17)	16
	13 (22,65)	14 (7,15)	15	(3,85)	16	(12,70)	17
	14 (16,17)	15 (3,85)	16	(3,78)	17	(22,13)	20
	15 (12,70)	16 (3,78)	17	(3,73)	18		
		17 (3,73)	18	(3,70)	19		
		18 (3,70)	19	(3,60)	20	(8,24)	21
	16 (22,13)	19 (3,60)	20	(8,15)	21	(24,06)	22
	19 (8,24)	20 (8,15)	21	(8,18)	22	(10,38)	23
	20 (24,06)	21 (8,18)	22	(5,61)	23		
	21 (10,38)	22 (5,61)	23	(5,68)	24		
		23 (5,68)	24	(5,65)	25		
		24 (5,65)	25				

Дослідження можливості збільшення величини інтервалів між відчепами за рахунок зміни швидкості розпуску состава

Таблиця 4

Номера відчепів, що входять до складу кожної групи

За результатами оптимізації кожний состав було розділено на групи зі сприятливими та несприятливими умовами розділення. Далі кожна група відчепів була виділена в окремий состав.

Окремо для кожної групи була виконана повторна оптимізація режимів скочування відчепів. При цьому для груп з несприятливими умовами розділення швидкість розпуску знижувалась відносно початкової ($V_{\text{поч}} = 1,7 \text{ м/с}$), а для груп із сприятливими – підвищувалась. Максимальне значення швидкості розпуску обмежувалось величиною $2,5 \text{ м/с}$, а мінімальне значення – $1,2 \text{ м/с}$.

Так, наприклад состав, параметри якого наведено в табл. 1 по результатам оптимізації було розділено на 9 груп (дивись рис. 3). Номера відчепів, що входять в кожену групу, та умови їх розділення наведено в табл. 4.

№ групи	Відчепи групи	Умови розділення відчепів на стрілках
1	1, 2	Сприятливі
2	2, 3	Несприятливі
3	3, 4, 5	Сприятливі
4	5, 6, 7, 8	Несприятливі
5	8, 9, 10, 11, 13	Несприятливі
6	13, 14, 15	Сприятливі
7	15, 16, 17, 18, 19, 20	Несприятливі
8	20, 21, 22	Сприятливі
9	22, 23, 24, 25	Несприятливі

Повторну оптимізацію режимів скочування відчепів показано на прикладі груп № 5 (відчепи з 8 по 13-й) та № 8 (відчепи з 20 по 22-й). Значення інтервалів між відчепами вказаних груп при різних значеннях швидкості розпуску наведено в табл. 5 (група № 5) та табл. 6 (група № 8).

Таблиця 5

Величина інтервалів для групи № 5 при різних значеннях швидкості розпуску

Відчепа групи	$\delta t, \text{с}$			
	1,7 м/с	1,6 м/с	1,5 м/с	1,4 м/с
8-9	4,37	4,86	5,42	5,97
9-10	4,31	4,77	5,33	5,89
10-11	4,31	4,76	5,23	5,91
11-12	4,25	4,67	5,14	5,88
12-13	4,31	4,74	5,22	5,85

Таблиця 6

Величина інтервалів для групи № 8 при різних значеннях швидкості розпуску

Відчепа групи	$\delta t, \text{с}$			
	1,7 м/с	1,8 м/с	1,9 м/с	2,1 м/с
20-21	8,73	8,07	7,47	6,43
21-22	8,79	8,08	7,46	6,41

На підставі даних табл. 5 та табл. 6 побудовано графіки залежності величини рівних інтервалів між відчепами від швидкості розпуску: для групи № 5 (дивись рис. 4) та групи № 8 (дивись рис. 5).

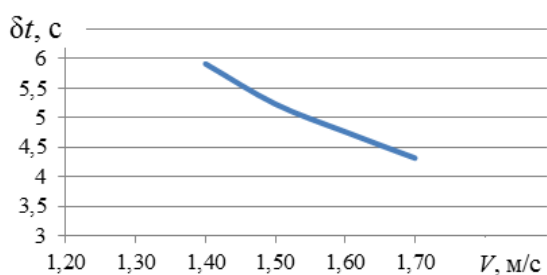


Рис. 4. Залежність величини рівних інтервалів між відчепами від швидкості розпуску для групи № 5

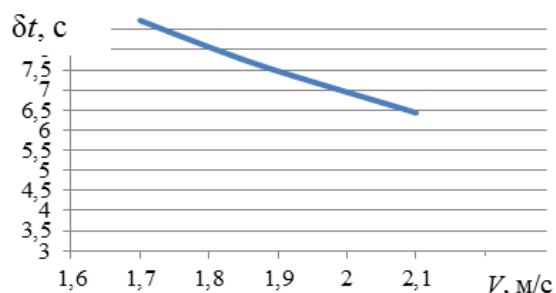


Рис. 5. Залежність величини рівних інтервалів між відчепами від швидкості розпуску для групи № 8

Таблиця 7

Порівняння інтервалів для груп состава при постійній та змінній швидкостях розпуску

№ групи	Відчепа групи	$\delta t, \text{с}$		$V_{\text{мін}}, \text{м/с}$
		при $V = 1,7 \text{ м/с}$	при $V_{\text{мін}}$	
1	1-2	6,54	6,54	1,7
2	2-3	8,21	6,05	2,2
3	3-5	10,20	5,95	2,1
4	5-8	7,17	6,30	1,9
5	8-13	4,30	5,90	1,4
6	13-15	7,17	6,51	1,8
7	15-20	3,73	6,14	1,3
8	20-22	8,16	6,42	2,1
9	22-25	5,64	6,14	1,6

Як видно з табл. 7 за рахунок зміни величини швидкості розпуску составу, вдається досягти збільшення величини інтервалу на всіх розділових елементах для груп із несприятливими умовами розділення та відповідно зменшити величини інтервалу для груп із сприятливими умовами розділення.

На підставі даних табл. 7 побудовано графік розподілення суміжних інтервалів по групам після повторної оптимізації режимів розпуску, який наведено на рис. 6.

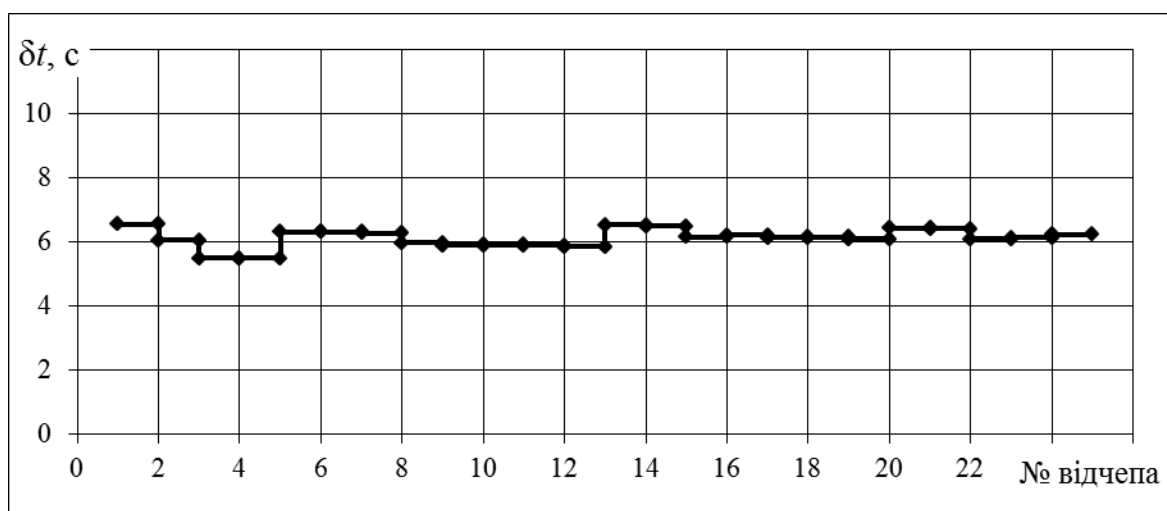


Рис. 6. Розподілення суміжних інтервалів по групам після повторної оптимізації режимів розпуску

Висновки

Аналіз результатів оптимізації режимів розформування составів з використанням змінної швидкості розпуску показав можливість збільшення інтервалів для груп із несприятливими умовами розділення за рахунок зменшення швидкості розпуску состава.

Величина інтервалу, до якої необхідно збільшити інтервали в несприятливих групах, може бути вибрана в залежності від системи автоматичного регулювання швидкості, якою обладнана гірка, так як точність реалізації заданих швидкостей виходу відчепів з гальмівних позицій напряму впливає на величину відхилення реальних інтервалів від отриманих по результатам оптимізації [8].

Раціональна швидкість розпуску для кожної групи різна, що в свою чергу викликає необхідність розпуску состава зі змінною швидкістю. При цьому перехідні процеси, при переході від однієї швидкості до іншої, будуть мати деякий вплив на величину інтервалів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу параметрів відчепів та умов їх скочування на величину інтервалів на розділових стрілках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 12. – С. 79-82.

2. Бобровский, В. И. Оценка влияния режимов торможения на качество процесса расформирования составов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, А. И. Колесник // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 113. – С. 121-127.

3. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов регулирования скорости отцепов при распуске составов на горках [Текст] / В. И. Бобровский, Н. В. Рогов // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ : ДПТ, 2004. – Вип. 4. – С. 174-182.

4. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов расформирования составов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ : ДПТ, 2010. – Вип. 32. – С. 224-229.

5. Бобровский, В. И. Вероятностные характеристики разделений отцепов состава на стрелках [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, Ю. В. Чибисов // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ : ДПТ, 2007. – Вип. 18. – С. 146-150.

6. Бобровский, В. И. Ограничения режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора, А. В. Кудряшов, Л. О. Ельникова // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ : ДПТ, 2009. – Вип. 27. – С. 30-35.

7. Бобровский, В. И. Статистический анализ числа разделений отцепов на стрелках при расформировании составов [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, Л. О. Ефимова // Вісник ДПТУ. – Дніпропетровськ : ДПТ, 2008. – Вип. 20. – С. 13-19.

8. Кудряшов, А. В. Дослідження впливу різних факторів на величину інтервалів на розділових стрілках [Текст] / А. В. Кудряшов // Транспортні системи та технології перевезень: зб. наук. праць Дніпроп. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 5. – С. 37-40.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., доц. Тараном І. О. (Україна)

Надійшла до редколегії 18.11.2014.

Прийнята до друку 19.1.2014.