

Д. М. КОЗАЧЕНКО, М. І. БЕРЕЗОВИЙ, Т. В. БОЛВАНОВСЬКА (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАГОНОПОТОКІВ, ЩО РОЗФОРМУЮТЬСЯ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

В статті виконано дослідження параметрів вагонопотоків, що надходять в розформування на сортувальні станції. Виявлено статистичні залежності у вагонопотоках, що дозволяють спростити розв'язання задачі автоматизації регулювання швидкості скочування.

*Ключові слова:* сортувальні гірки, параметри вагонопотоків, розділення відчепів, швидкість підходу.

В статье выполнено исследование параметров вагонопотоков, поступающих в расформирование на сортировочные станции. Выявлены статистические зависимости в вагонопотоках, которые позволят упростить решение задачи автоматизации регулирования скорости скатывания.

*Ключевые слова:* сортировочные горки, параметры вагонопотоков, разделение отцепов, скорость подхода.

In this paper we have investigated the parameters of wagon traffic entering the disbanding marshalling yards. A statistically based in wagon that will simplify the automation solution variable speed rolling.

*Key words:* sorting hump, options wagon traffic, separation unhook, the speed of approach.

Основним засобом, що забезпечує підвищення безпеки руху, поліпшення умов праці та зменшення експлуатаційних витрат на переробку вагонопотоків на сортувальних станціях є автоматизація процесу розформування составів на сортувальних гірках. В сучасних умовах, в наслідок падіння обсягів перевезень, яке сталося в 90-х роках двадцятого століття, і збільшення частки маршрутизованих відправок, завантаження сортувальних гірок становить 30-50 %, тому питання проектування нових гірок для України є малоактуальним. У той же час, підвищення безпеки сортувального процесу і зниження витрат на розформування поїздів є досить гострою проблемою.

В даний час єдині комплексні вимоги до якості роботи сортувальних гірок на станціях України відсутні. Нормативними документами [1] встановлено:

- допустима швидкість підходу відчепів до вагонів у сортувальному парку 5 км/год;
- допустима ймовірність нерозділення відчепів на стрілках 0,05.

Рекомендовані значення комплексних показників для автоматизованих систем управління сортувальним процесом на станціях встановлено в [2]:

- допустима ймовірність нерозділення відчепів на стрілках 0,005;
- ймовірність перевищення встановленої швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях 0,1.

Якість роботи автоматизованих систем управління розпуском составів визначають три складові: технічні засоби реалізації керуючих впливів, технологічні принципи обчислення керуючих впливів, повнота і точність обліку факторів, які впливають на процес скочування.

Враховуючи, що показники якості функціонування сортувальних гірок носять ймовірнісний характер, то вони будуть істотно залежати від структури вагонопотоків, що переробляються. У зв'язку з цим, дослідження характеристик вагонопотоків, які переробляються на сортувальних гірках, є досить важливим завданням, бо врахування їх особливостей при розробці вимог щодо технічного забезпечення та алгоритмів автоматизованих систем управління дозволить скоротити їх вартість. У даній статті наведені дослідження, пов'язані з аналізом параметрів вагонопотоків станцій.

Дослідження вагонопотоків здійснювались на основі статистичного аналізу даних натурних листів составів поїздів, що надходили у розформування на сортувальну станцію Нижньодніпровськ-Вузол. Для порівняння також виконано дослідження вагонопотоків, що надходять у переробку, на станції Клепарів та Ясинувата.

Основними факторами, що впливають на умови скочування відчепів на сортувальних гірках є маса відчепів, кількість вагонів у них та призначення вагонів відповідно до плану формування і спеціалізації сортувальних колій.

На умови безпеки скочування відчепів також здійснює вплив тип вантажів, що у них перевозяться.

На рис. 1 наведено розподіл вагопотоків, що прибувають у розформування, по вагових категоріях для трьох сортувальних станцій – Клепарів Львівської залізниці, східної системи ст. Ясинувата Донецької залізниці, парної та непарної систем ст. Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці. Легку вагову категорію умовно розділено на дві складові – порожні вагони, частка яких в легкій ваговій категорії є переважною, та завантажені вагони, маса яких відповідає даній ваговій категорії.

Основна частка вагонів, що розформовуються на сортувальних станціях, припадає на порожні та вагони важкої вагової категорії, частки яких складають в середньому 23 та 60 % відповідно. Частки вагонів легкої та легко-середньої вагових категорій найменші і не перевищують 3 %. Дещо більші частки вагонів середньої та важко-середньої вагових категорій – до 7 та 16 % відповідно.

Структура вагопотоків у розформуванні двосторонньої сортувальної станції Нижньодніпровськ-Вузол суттєво відрізняється від інших станцій, наведених в якості прикладу на рис. 1, за співвідношенням порожніх вагонів та вагонів важкої вагової категорії через перерозподіл вагопотоків між системами. Наявність

58 % порожніх вагонів у парній системі пояснюється тим, що ця система станції Нижньодніпровськ-Вузол формує поїзди з порожніх піввагонів під навантаження в Донецький вугільний басейн; з порожніх критих вагонів в райони навантаження кухонної кам'яної солі; з порожніх цистерн світлого та темного наливу на територію Російської Федерації та інші порожні струмені вагопотоків в райони навантаження.

Згідно з [3] величина розділових інтервалів на стрілках залежить від початкових інтервалів між відчепами на вершині гірки  $t_{1,2}$  та  $t_{2,3}$ . Враховуючи, що ці величини залежать від кількості вагонів у відчепі, то і умови розділення відчепів на розділових елементах суттєво залежать від кількості вагонів у відчепі. Зменшення кількості вагонів у відчепі призводить також і до погіршення умов прицільного регулювання скочування відчепів.

Для аналізу випадкової величини кількості вагонів у відчепі  $N$  побудовано гістограму (див. рис. 2). В результаті статистичної обробки випадкової величини  $N$  встановлено, що вона має експоненціальний закон розподілу. Це означає, що в основному відчепи складаються з малої кількості вагонів. Одновагонні відчепи складають біля половини всіх відчепів, що надходять у розформування.

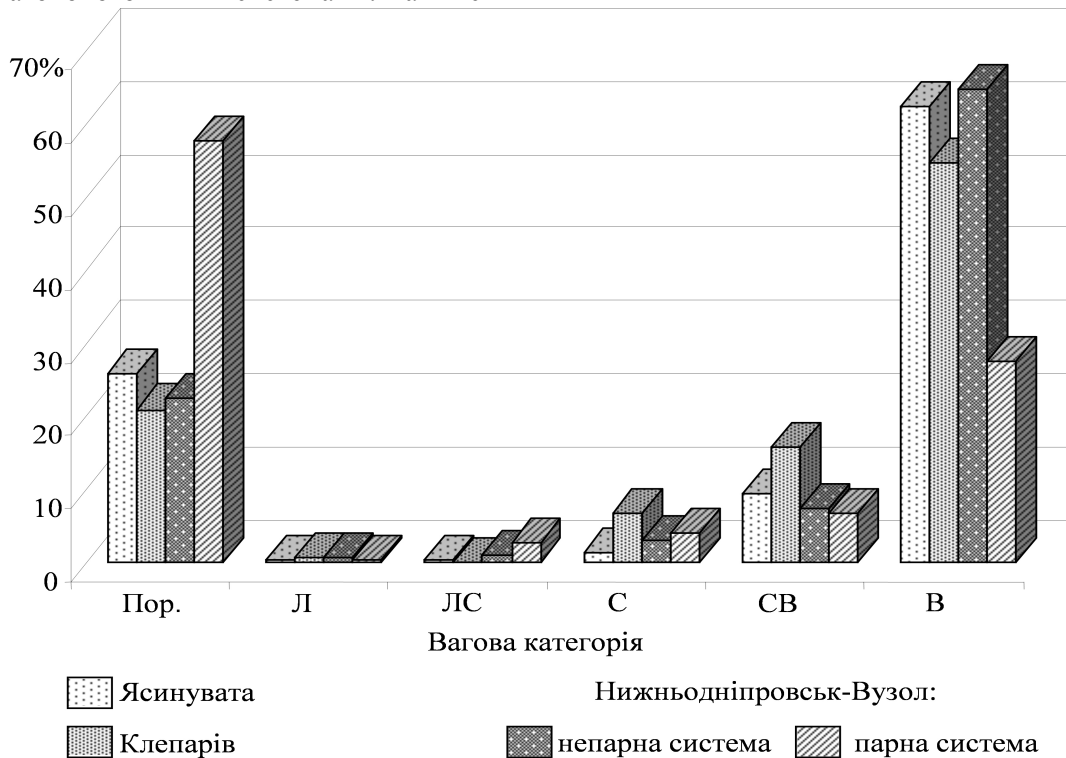


Рис. 1. Розподіл вагонів по вагових категоріях

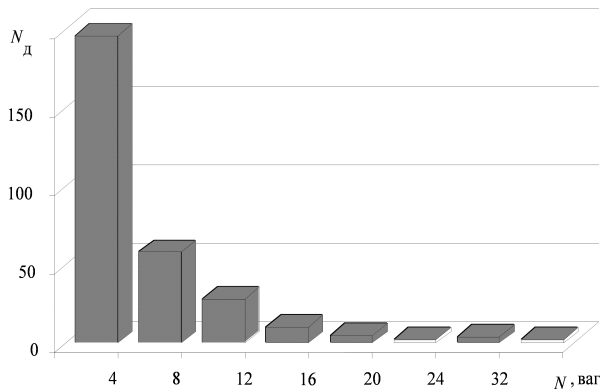


Рис. 2. Гістограма розподілу випадкової величини кількості вагонів у відчепі

В умовах невизначеності інформації про ходові властивості відчепів значний вплив на імовірність їх розділення на стрілками здійснює відстань нерегульованого скочування від уповільнювача до розділової стрілки.

В аналітичних розрахунках звичайно приймають, що розподіл відчепів по підгірковим коліям є рівномірним. В таких умовах імовірність розділення маршрутів на даній стрілочній зоні розраховується за формулою [4]:

$$B = \frac{K_1 K_2}{\sum K_1 K_2},$$

де  $K_1$  та  $K_2$  – кількість колій, що примикає до одного та до другого напрямків, що відходить від стрілочного переводу;

$\sum K_1 K_2$  – сума  $K_1$  та  $K_2$  для всіх розділових стрілок горловини. За умови, що кожна стрілка має однакову кількість колій при відхиленні вліво та вправо, ймовірність розділення може бути визначена згідно [5] за формулою:

$$P(c) = \frac{2S^2}{M(M-1)},$$

де  $S$  – кількість колій, що примикає до одного напрямку стрілочного переводу;

$M$  – кількість колій в сортувальному парку.

Обидві наведені формули дають однакове значення ймовірності розділення відчепів на стрілочних позиціях.

Фактично вагонопотоки на різні колії сортувального парку можуть суттєво відрізнитись. Для аналізу отриманих теоретичних значень було визначено ймовірність розділення відчепів на непарній сортувальній гірці станції Нижньодніпровськ-Вузол та порівняно її з величиною, розрахованою за аналітичними формулами.

Аналіз виявив суттєві розбіжності між статистичними та теоретичними значеннями (див. табл. 1).

Таблиця 1

**Ймовірність розділення відчепів на стрілочних позиціях**

№ стрілочної позиції	Кількість стрілок в позиції	Кількість колій, що примикає до одного напрямку	Кількість колій, що примикає до другого напрямку	Ймовірність розділення відчепів	
				за формулами	статистичні дані
1	1	16	16	0,516	0,466
2	2	8	8	0,258	0,273
3	4	4	4	0,129	0,169
4	8	2	2	0,065	0,048
5	16	1	1	0,032	0,044
Разом	31			1,000	1,000

Виконані в [3] дослідження показали, що значний вплив на умови розділення відчепів на стрілками здійснює сполучення розділових стрілок у парах елементарної розділової групи з трьох відчепів. Імовірності появи сполучень розділових стрілок для непарної сортувальної гірки станції Нижньодніпровськ-Вузол наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Ймовірність розділення трійки відчепів на стрілочних позиціях**

		№ стрілки розділення				
		1	2	3	4	5
№ стрілки розділення	1	0,2698	0,1074	0,0514	0,0140	0,0168
	2	0,1046	0,1307	0,0411	0,0084	0,0056
	3	0,0551	0,0336	0,0504	0,0093	0,0121
	4	0,0121	0,0140	0,0047	0,0084	0,0019
	5	0,0159	0,0084	0,0103	0,0000	0,0140

Аналіз наведеної таблиці показує, що частота появи несприятливих умов розділення відчепів, коли розділовими стрілками є стрілки 4-4, 4-5, 5-4 та 5-5 складає 0,0243. Частота розділення на вказаних стрілках груп з трьох одновагонних відчепів складає 0,002. Виконані в [6] дослідження показали, що за рахунок оптимізації режимів гальмування розділення відчепів у інших сполученнях можуть бути досягнуті навіть без уточнення ходових характеристик від-

чепів в процесі скочування та використання існуючих моделей уповільнювачів.

Величина збитків, що можуть бути спричинені підвищеною швидкістю співударання вагонів суттєво залежить від типу вантажу, що у них перевозиться. В результаті обробки даних сортувальних листків непарної системи ст. Нижньодніпровськ-Вузол отримано розподіл вагонопотоків, по типам вантажів що перевозиться у вагонах (див. рис. 3).

Виконаний аналіз показує, що 49 % вантажів, які перевозяться у вагонах є нечутливими до підвищених швидкостей співударання, а 11 % вагонів є порожніми. Найбільш несприятливі умови гальмування виникають при гальмуванні одновагонних відчепів. На рис. 4 представлено розподіл одновагонних відчепів за типами вантажу, що перевозиться у вагонах.

Серед одновагонних відчепів нечутливими до підвищених швидкостей співударання є 48 % відчепів. Скорочення долі цих вагонів у порівнянні з загальним відбувається через те, що вугілля та руду звичайно перевозять групами, а більш цінні вантажі – по одному вагону.

Наявність у базі даних АСКВП УЗ та в базах даних автоматизованих систем управління роботою сортувальних станцій у електронному

виді інформації про вагони, які скочуються у складі відчепів 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  $v_{приц}$  може бути визначена з виразу

$$v_{приц} = v_{ПТЕ} \sqrt{\frac{Q_{п}}{Q_{в}}},$$

де  $v_{ПТЕ}$  – нормативна швидкість підходу відчепів до вагонів на коліях;

$Q_{п}$ ,  $Q_{в}$  – відповідно маса вагона завантаженого до вантажопідйомності та фактична маса вагона, що скочується.

Для завантажених вагонів при визначенні допустимої швидкості співударання необхідно також здійснювати перевірку стійкості вантажів у них, а для багатовагонних відчепів - виконувати розрахунок зусиль у автозчехах. Впровадження розрахункової швидкості співударання дозволить суттєво покращити умови регулювання швидкості відчепів із порожніх вагонів, ходові характеристики яких є найменш прогнозованими.

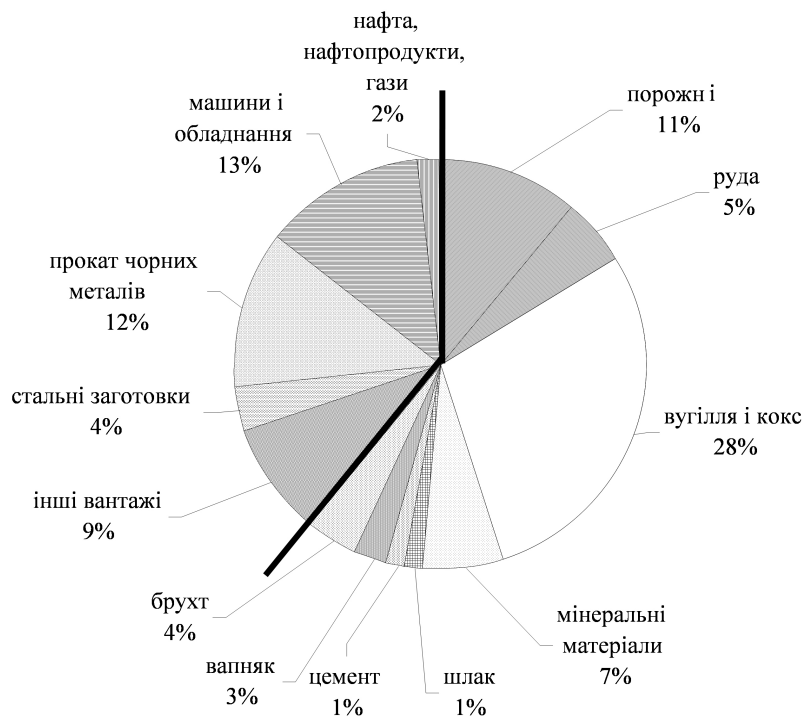


Рис. 3. Розподіл вагонопотоку за типами вантажу, що перевозиться

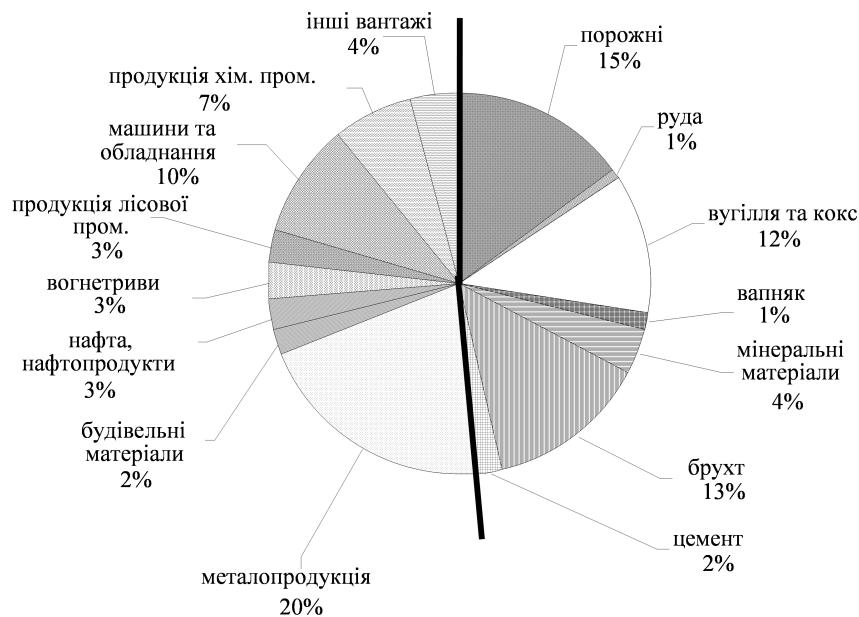


Рис. 4. Розподіл вагонопотоку за типами вантажу, що перевозиться

Таким чином, виконані дослідження показали, що місцеві умови можуть суттєво впливати на вимоги до автоматизованих систем управління сортувальним процесом на гірках. Так аналіз вагонопотоків станції Нижньодніпровськ-Вузол показує, що задача автоматизації інтервального управління швидкістю скочування відчепів може бути вирішена без уточнення ходових характеристик відчепів за рахунок удосконалення алгоритмів вибору режимів гальмування, а вирішення задачі прицільного гальмування може бути суттєво спрощено за рахунок впровадження розрахункової швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на федеральном железнодорожном транспорте. НТП СЦБ/МПС-99 [Текст]: Утв.: указание МПС РФ от 24.06.1999 г. № А-1113 / Министерство путей сообщения РФ. – Санкт-Петербург, 1999. – 75 с.

2. Муха, Ю. А. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / под ред. Ю. А. Мухи – М.: Транспорт, 1985. – 248 с.

3. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст]: монография // под ред. В. И. Бобровского – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.

4. Пособие по применению Правил и норм проектирования сортировочных устройств [Текст] / под ред. Ю. А. Мухи. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.

5. Бобровский, В. И. Определение вероятностей разделения отцепов на стрелках сортировочной горки [Текст] / В. И. Бобровский // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: Труды ДИИТа. – Днепропетровск, 1976. – Вып. 181/10. – С. 56-63.

6. Бобровский, В. И. Исследование влияния режимов торможения отцепов на условия их разделения на стрелках [Текст] / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Т. В. Болвановская // Залізн. транспорт України. – 2011. – №3. – С. 3-6.

Надійшла до редколегії 17.11.2012.

Прийнята до друку 24.11.2012.