

КРЯЧКО К. В., кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів,  
 БУРЕНІН В. А., магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів,  
 ТОВСТОНОЖЕНКО І. О., магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів,  
 АЗІЗОВ У. А., магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів  
 (Український державний університет залізничного транспорту)

## Удосконалення способу визначення швидкості розпуску составів на сортувальній станції

Розглянуто питання впливу різних видів вагонопотоків на швидкість розпуску составів при розрахунку переробної спроможності сортувальної гірки. З метою визначення інтенсивності надходження вагонів на певні призначення сортувального парку при розформуванні поїздів з переробкою система формування подана у вигляді змішаного орієнтованого графа, вершинам якого надана вага множин місцевих і транзитних вагонопотоків з переробкою, а дугам – їх організація. У результаті досліджень була визначена частка різних видів вагонопотоків з переробкою, що дало можливість раціонального використання сортувальних колій і встановлення впливу на тривалість накопичення складів окремих категорій поїздів при різних швидкостях розпуску залежно від кількості вагонів у відцепях.

**Ключові слова:** сортувальна станція, сортувальна гірка, вагонопотоки, відцепи, швидкість розпуску.

### Постановка проблеми

За останні роки суттєво змінились обсяги та структура вагонопотоків, що переробляються на сортувальних пристроях вітчизняних станцій. У зв'язку з існуючим політичним та економічним станом значно скоротились транзитні вантажні перевезення (на 19,7%), основна частина яких (понад 80%) формувалася в Росії [1]. Це вплинуло на процес поїздоутворення на сортувальних станціях та переробну спроможність сортувальних пристроїв, яка визначається залежно від розрахункової швидкості розпуску состава.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням визначення швидкості розпуску составів на сортувальних гірках присвячено ряд наукових праць вітчизняних і зарубіжних учених [2, 3], але увага насамперед приділялася способу розподілу відцепів на розділових стрілках залежно від технології їх гальмування на гальмових позиціях та спеціалізації сортувальних колій без розгляду структури вагонопотоків з переробкою.

**Метою статті** є аналіз структури вагонопотоків з переробкою; визначення частки транзитних і місцевих вагонів, що переробляються на сортувальній станції, та їх впливу на швидкість розпуску составів.

### Виклад основного матеріалу дослідження

З метою аналізу системи формування поїздів на сортувальній станції її слід розглядати як змішаний орієнтований граф (рис. 1), вершинам якого надається вага множин окремих вагонопотоків, а дугам – їх організація.

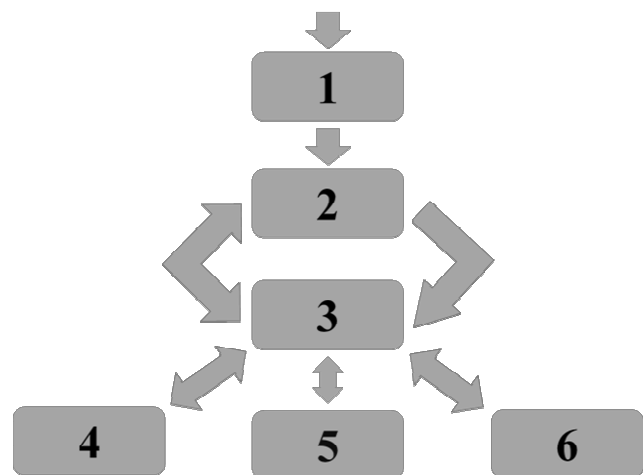


Рис. 1. Граф формування поїздів

Так, вершині 1 надається множина А вагонопотоків з переробкою, що утворюється із підмножин В і С, які визначають транзитний та місцевий вагонопотоки. При цьому слід чітко враховувати, що до підмножини В повинні включатися вагони поїздів, які пройшли через одну або декілька технічних станцій, а до підмножини С – вагони поїздів, сформованих на суміжних технічних станціях, на станціях цього залізничного вузла, а також на дільницях між цією сортувальною станцією та суміжними технічними станціями.

Отже, складові елементи  $a, b, c \in A$  містяться в бінарному транзитивному відношенні [4]

$$(aRb) \&(bRc) \Rightarrow aRc . \quad (1)$$

Окрема частина вагонів з множини А з інтенсивністю  $\lambda_1$  надходить до множини В, а з інтенсивністю  $\lambda_2$  – до множини С, з урахуванням того, що  $B \subset A, C \subset A$ , при цьому вершина 2 є перехрещенням цих множин  $(A \cap B) \cap C$ .

Згідно з виконаними дослідженнями розподіл інтервалів у загальному поїздопотокі, що надходить до сортувальної станції (за об’єкт дослідження була прийнята сортувальна станція Основа Південної залізниці), описується узагальненим законом Ерланга із загальною інтенсивністю  $\lambda$ . Було визначено, що вагони з підмножини В, які при розформуванні надходять на колії і-го призначення сортувального парку з імовірністю  $P(m_{ki})$ , становлять 16 %, а з підмножини С – 84 %, при цьому кількість вагонів за годину на і-те призначення може визначатися таким чином:

$$m_{ki} = P(m_{ki}) \left( \lambda_1 m_{i1} \alpha_1 + \lambda_2 m_{i2} \alpha_2 \right) , \quad (2)$$

де  $m_{i1}, m_{i2}$  – середня кількість вагонів у складі транзитного поїзда з переробкою та місцевого;

$\alpha_1, \alpha_2$  – частка вагонів, що надходять на і-те призначення при розформуванні складів транзитних поїздів з переробкою та місцевих;

$P(m_{ki})$  – імовірність надходження вагонів на і-те призначення при потужності  $N_{ki}$ .

$$P(m_{ki}) = N_{ki} \left( \sum m_{зп} \right)^{-1} , \quad (3)$$

де  $\sum m_{зп}$  – сумарний вагонопотік з переробкою на даній станції.

У результаті досліджень встановлено, що загальна інтенсивність вхідного поїздопотоків на сортувальну станцію становить від 0,4 до 0,9 поїзд/год, при цьому коефіцієнт варіації V становить 0,78. Середньогодинна інтенсивність складових потоків згідно з [3] може визначатися за формулою

$$\lambda_{1,2} = \lambda [1 \pm \sqrt{1 - 2(1 - 2\theta^2)}] / (1 - 2\theta^2) \quad (4)$$

і при  $\lambda=0,4$  становить  $\lambda_1=1,67, \lambda_2=0,55$ , а при  $\lambda=0,9$  відповідно  $\lambda_1=3,37, \lambda_2=1,23$ . Середній інтервал надходження транзитних поїздів з переробкою становить 4,82 год, а місцевих – 2,65 год.

При середній кількості вагонів у складі транзитного поїзда з переробкою 51, а місцевого – 46 загальна кількість вагонів на добу буде становити 670.

Визначення середньогодинної інтенсивності надходження вагонів на і-те призначення при розформуванні транзитних поїздів з переробкою можна визначити за формулами

$$m_{тп,i} = 51 * 0,16 * P(m_{ki}) , \quad (5)$$

$$m_{м,i} = 46 * 0,84 * P(m_{ki}) . \quad (6)$$

Хронометражними дослідженнями було встановлено, що середній склад поїздів на призначення потужністю до 200 ваг/доб становить 49 ваг, тобто накопичення поїздів закінчується через 8,3 год, а з урахуванням операцій по закінченні формування, тривалості перестановки на колії відправлення – 10 год (без очікування подачі поїзного локомотива)

На сортувальних станціях, розташованих на транзитних напрямках, при розформуванні складів, з невеликою часткою місцевого вагонопотоку, відцепи для накопичення вагонів на і-ті призначення надходять з трьох і більше вагонів, що розформовуються на наступній технічній станції, а при розформуванні складів з транзитних вагонів з переробкою – невеликі відцепи з одного або двох вагонів конкретного призначення.

Якщо частина місцевого вагонопотоку становить дві третини або більше, то відцепи складаються з трьох та більше вагонів, з наступним попутним розформуванням, але надходять вони частіше і темп їх накопичення зростає, особливо перед запланованими періодами звітності станції на залізниці [5]. Як правило, кількість груп вагонів на різні призначення в цей час значно збільшується і розподіл їх по стрілках підгіркової горловини переходить з головних пучкових на передостанні та останні розділові стрілки, що різко зменшує швидкість розпуску складів.

Згідно з хронометражними спостереженнями (табл. 1), середня кількість вагонів у відцепях становить не більше двох.

Таблиця 1

## Розподіл кількості вагонів у відчепках при розформуванні составів на сортувальних гірках

Кількість вагонів у відчепках $n$	Кількість відчепків $m$	Частість появи відчепків $p^*$	$np^*$	$(\bar{n} - n)^2 p^*$
1	1277	0,608	0,608	0,152
2	664	0,316	0,632	0,079
3	88	0,042	0,126	0,094
$\geq 4$	71	0,034	0,136	0,213
	$\sum m = 2100$		$\bar{n} = 1,502$	$D = 0,538$

Для визначення розрахункової швидкості розпуску состава необхідно виконувати складні технологічні розрахунки, які на реальних сортувальних станціях виконати практично неможливо [6, 7], тому пропонується емпірична формула при розрахунку переробної спроможності гірки

$$U_{op} = 2nl_g[nl_g + (6 - n)]^{-1}, \quad (7)$$

де  $l_g$  – фізична довжина розрахункових вагонів, м.

## Висновки

Залежно від зміни обсягів переробки вагонів на сортувальних станціях їх технологічні процеси підлягають коригуванню, але докладний розрахунок переробної спроможності сортувальних гірок є доволі складним і потребує певних навичок, особливо зважаючи на різну структуру вагонопотоків в окремих регіонах країни, тому результати виконаних досліджень можуть бути застосовані як при складанні нових, так і при коригуванні існуючих технологічних процесів роботи станції.

## Список використаних джерел

1. Пояснювальна записка до проекту консолідованого фінансового плану АТ «Українська залізниця» на 2019 рік. Розпорядження КМУ № 139-р від 06.03.2019 р.
2. Бобровський В. И., Колесник А. И. Исследование и оценка влияния скорости роспуска составов на показатели работы сортировочного комплекса. *Транспортные системы и технологии перевозок*. 2011. № 2. С. 5–9.
3. Сотников Е. А. Интенсификация работы сортировочных станций. Москва: Транспорт. 1979. 239 с.

4. Донской В. И. Дискретная математика. Симферополь: Сонат, 2000. 360 с.
5. Шабалин Н. Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях. Москва: Транспорт, 1973. 184 с.
6. Panchenko S., Ohar O., Kutsenko M., Smachilo J. A method of complex calculation of rational structural parameters of railway humps. *Acta polytechnica*. 2018. Vol. 58. № 6. P. 370-377.
7. Bobrovskiy V., Kozachenko D., Dorosh A., Demchenko E., Bolvanovska T., Kolesnik A. (2016). Probabilistic Approach for the Determination of Cuts Permissible Braking Modes on the Gravity Humps. *Transport Problems*, 11 (1), 147–155. doi: 10.20858/tp.2016.11.1.14

**Kryachko K. V., Burenin V. A., Tovstonogenko I. O., Azizov U. A. Improvement of the method of determining the decomposition rate of compositions at the sorting station.**

**Abstract.** The questions of the influence of different types of carriages on the rate of decomposition of compositions are considered in calculating the processing capacity of a sorting roller. In order to determine the intensity of the arrival of cars for certain purposes of the sorting park in the dismantling of trains with processing, the formation system is presented in the form of a mixed oriented graph, the vertices of which are given the weight of the sets of local and transit carriages with recycling, and arcs - their organization. As a result of the research, the share of different types of carriage streams with processing was determined, which made it possible to rational use of sorting tracks and to determine the duration of accumulation of warehouses of certain categories of trains at different speeds of dissolution, depending on the number of cars in the trailers.

A number of scientific papers by domestic and foreign scientists are devoted to the definition of the rate of decomposition of compositions on the sorting, but the focus was primarily on the method of distributing the tracks on the split arrows, depending on the technology of their braking on brake positions and the specialization of sorting tracks without consideration of the structure Recycle carriages. Therefore, depending on the change in the volumes of processing of wagons at the sorting stations, their technological processes are subject to adjustment, but a detailed calculation of the processing capacity of the sorting slides is quite complex and requires certain skills, especially given the different structure of car traffic in certain regions of the country, therefore the results of the performed studies may be applied, both during the compilation of new ones and in adjusting the existing technological processes of the station's work.

**Keywords:** sorting station, sorting roller, carriages, trailers, speed of dissolution.

**Крячко Е. В., Буренин В. А., Товстоноженко И. А., Азизов У. А.** Совершенствование метода определения скорости роспуска составов на сортировочной станции.

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы влияния различных видов вагонопотоков на скорость роспуска составов при расчете перерабатывающей способности сортировочной горки. С целью определения интенсивности поступления вагонов на определенные назначения сортировочного парка при расформировании поездов с переработкой система формирования представлена в виде смешанного ориентированного графа, вершинам которого дано вес множеств местных и транзитных вагонопотоков с переработкой, а дугам - их организацию. В результате исследований была определена доля различных видов вагонопотоков с переработкой, что дало возможность рационального использования сортировочных путей и установления влияния на продолжительность накопления составов отдельных категорий поездов при различных скоростях роспуска в зависимости от количества вагонов в отцепе.

**Ключевые слова:** сортировочная станция, сортировочная горка, вагонопотоки, отцепы, скорость роспуска.

**Kryachko Katerina Vitaliyivna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Stations and Junctions, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3087-1272>

**Burenin Vitaliy Andreevich**, Master's degree of the Department of Railway Stations and Junctions, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua)

**Tovstonogenko Igor Aleksandrovich**, Master's degree of the Department of Railway Stations and Junctions, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua)

**Azizov Umid Avulfoz.**, Master's degree of the Department of Railway Stations and Junctions, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua)

Надійшла 23.04.2019 р.

**Крячко Катерина Віталіївна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua) ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3087-1272>

**Буренін Віталій Андрійович**, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua)

**Товстоноженко Ігор Олександрович**, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua)

**Азизов Умід Авульфоз**, магістрант кафедри залізничних станцій та вузлів, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна. E-mail: [kryachko@kart.edu.ua](mailto:kryachko@kart.edu.ua)