

УДК 656. 212. 5

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.152.2015.65183>**ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЮ ЗАПОВНЕННЯ КОЛІЇ НАКОПИЧЕННЯ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ЙМОВІРНОСНОГО ХАРАКТЕРУ УМОВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА****К-ти техн. наук М. Ю. Куценко, О. В. Розсоха, інженери О. А. Шабатіна, С. З. Вітола****ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ПУТИ НАКОПЛЕНИЯ ВАГОНОВ С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТНОГО ХАРАКТЕРА УСЛОВИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ****К-ты техн. наук М. Ю. Куценко, О. В. Розсоха, инженеры Е. А. Шабатина, С. З. Витола****DETERMINATION OF THE DEGREE OF FILLING THE PATH OF ACCUMULATION CARS IN VIEW OF THE PROBABILISTIC NATURE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS****Cand. of techn. sciences D. M. Kutsenko, D. O. Rozsoha, engineer E. Shabatina, S. Vitola**

*На даний момент проблема забезпечення якісного заповнення сортувальних колій остаточно не вирішена. Значна кількість відцепів не докочується до вагонів, що стоять на коліях, утворюючи «вікна». В цей же час відзначається досить велика кількість випадків співудару з неприпустимо високими швидкостями.*

*За відомою методикою для станції Харків-Сортувальний була проведена статистична оцінка ступеня заповнення колій накопичення вагонів з урахуванням ймовірносного характеру умов навколишнього середовища. Дані результати дозволять кількісно оцінювати ефективність різних заходів, спрямованих на поліпшення заповнення сортувальних колій.*

**Ключові слова:** сортувальна станція, сортувальна гірка, сортувальний процес, заповнення сортувальних колій.

*На данный момент проблема обеспечения качественного заполнения сортировочных путей окончательно не решена. Значительное количество отцепов не докатывается до вагонов, стоящих на путях, образуя «окна». В это же время отмечается достаточно большое количество случаев соударения с недопустимо высокими скоростями.*

*По известной методике для станции Харьков-Сортировочный была проведена статистическая оценка степени заполнения путей накопления вагонов с учетом вероятностного характера условий окружающей среды. Данные результаты позволят количественно оценивать эффективность различных мероприятий, направленных на улучшение заполнения сортировочных путей.*

**Ключевые слова:** сортировочная станция, сортировочная горка, сортировочный процесс, заполнение сортировочных путей.

*Practical operating experience marshalling yards shows that at the moment the problem of providing high-quality filling the marshalling lines finally solved. A significant number of wagons do not reach up to the wagons, standing on the tracks, forming a „window”. At the same time there is a sufficiently large number of cases of unacceptably high impact velocities, while most of the damage occurs and freight wagons.*

*According to known methods for the station Kharkov-Sorting was performed statistical assessment of ways to fill the accumulation of wagons based on the probabilistic nature of environmental conditions. It was established that the average number of jumping per one part, for this station is 0.20 to 0.28. These results allow to quantify the effectiveness of various measures aimed at improving the filling of sorting ways.*

**Keywords:** *marshalling yard, marshalling hump, sorting process, filling the marshalling lines.*

**Вступ.** У даний час відбувається реформування залізничного транспорту, метою якого є підвищення якості надаваних послуг при безпечній та ефективній організації виробничого процесу [1]. В освоєнні перевезень на залізничному транспорті вирішальну роль відіграють сортувальні станції, що забезпечують реалізацію найбільш складної частини системи організації вагонопотоків – їх переробку і формування технічних маршрутів. Від успішної роботи сортувальних станцій залежить стійкість перевізного процесу на цілих напрямках і полігонах мережі залізниць.

**Актуальність проблеми.** Практичний досвід експлуатації сортувальних гірок показує, що в даний час проблема забезпечення якісного заповнення сортувальних колій остаточно не вирішена [2–4]. Значна кількість відчепів не докочується до вагонів, що стоять на коліях, утворюючи «вікна»[5]. В цей же час відзначається досить велика кількість випадків співудару з неприпустимо високими швидкостями, при цьому найчастіше відбувається пошкодження вагонів і вантажів.

Серед можливих причин, що обумовлюють подібну ситуацію з заповненням підгіркових колій є невідповідність реального поздовжнього профілю з проектним; недостатність гальмових засобів; помилки оператора при гальмуванні відчепів; збої в роботі системи гальмування, викликані як повною, так і частковою відмовою технічних засобів; похибки визначення характеристик відчепів у зв'язку з недостатньо адекватним урахуванням великої кількості випадкових чинників (у тому числі впливу вітрових умов), а також ряд інших причин, часом таких, які важко піддаються формалізації.

Для вирішення завдання забезпечення якісного заповнення сортувальних колій необхідно мати точні дані про вплив на цей процес ряду факторів. Наявність таких даних дозволить розробляти проектно-технічні рішення, спрямовані на

оптимізацію параметрів сортувальних гірок з метою, як поліпшення заповнення колій, так і забезпечення дотримання вимог Правил технічної експлуатації залізниць України про безпечні умови співудару вагонів.

Необхідно відзначити, що можливість проведення точної кількісної оцінки впливу на процес заповнення колій різних зовнішніх і внутрішніх факторів значно ускладнюється тим, що в реальних умовах роботи гірки важко, а ще частіше неможливо чітко визначити, якою мірою той чи інший фактор вплинув на якість заповнення сортувальних колій. Наявність тимчасового впливу цілого ряду взаємодіючих змінних величин, багато з яких носять випадковий характер, створює свого роду «шум», на тлі якого дослідити певний фактор практично неможливо. Відсутність достатнього обсягу достовірних даних про вплив різних факторів на процес заповнення колій накопичення вагонів перешкоджає розробці ефективних проектних, інженерно-технічних та організаційних заходів, спрямованих на кардинальне поліпшення ситуації із забезпеченням мінімального обсягу роботи по осаджування вагонів на коліях сортувального парку та збільшенням збереження вагонів і вантажів за рахунок безумовного дотримання вимог Правил технічної експлуатації залізниць України [1] про безпечні швидкості зіткнення вагонів. Така ситуація свідчить про актуальність обраного напрямку досліджень.

**Основна частина.** У роботі [6] розроблена методика статистичної оцінки ступеня заповнення колій накопичення вагонів з урахуванням ймовірного характеру умов навколишнього середовища. Згідно з цією методикою, за даними метеорологічної служби, яка має статистичні дані щодо вітрових умов у місці розташування сортувального комплексу, необхідно визначити ймовірності появи у даній місцевості вітрів певної швидкості і напрямку. При цьому слід враховувати той факт, що при різній температурі повітря ймовірності появи різних вітрових умов

неоднакові (наприклад, при низьких температурах зазвичай не спостерігається сильних вітрів). Враховуючи наявність кореляції між вітровими і температурними характеристиками, середньомісячну величину кількості осаджувань, що приходяться на один состав, можна визначити за формулою

$$\bar{K}^n = \sum_i \sum_j \sum_l P_{i,j,l}^{(n)} K_{i,j,l}, \quad (1)$$

де  $P_{i,j,l}^{(n)}$  – ймовірність появи у  $n$ -му місяці вітру напрямку  $i$  і швидкості  $j$  при температурі  $l$ ;

$K_{i,j,l}$  – середня кількість осаджувань, що приходяться на один состав, при відповідних умовах зовнішнього середовища.

У якості значень  $i, j, l$  використовуються фіксовані варіанти напрямку, швидкості вітру та температури.

Слід відзначити, що отримання інформації щодо корельованих ймовірностей появи різних температурних і вітрових умов на завжди можливе. У цьому випадку розрахунок величини середньої кількості осаджувань, згідно з методикою викладеною у [6] може проводитися наступним чином.

За даними метеорологічної служби або спеціальних довідників [64,65] визначається середньомісячна температура  $n$ -го місяця  $t_{\text{ср}}^{(n)}$ . Далі визначаються ймовірності появи у  $n$ -му місяці вітру  $i$ -го напрямку і  $j$ -ої швидкості  $P_{i,j}^{(n)}$ . Оскільки, внаслідок особливостей проведення та обробки результатів метеорологічних спостережень, напрямки вітру зазвичай фіксуються по румбам, а швидкості вітру об'єднуються у градації, то у якості параметра  $i$  слід прийняти умовний номер румба (від першого

до восьмого з урахуванням проміжних румбів), а у якості параметра  $j$  – номер градації швидкості вітру (зазвичай таких градацій сім). Середня кількість осаджувань, що приходяться на один состав у цьому випадку можна розрахувати за формулою

$$\bar{K}^n = \sum_i \sum_j P_{i,j}^{(n)} K_{i,j}, \quad (2)$$

де  $P_{i,j}^{(n)}$  – ймовірність появи у  $n$ -му місяці вітру напрямку  $i$  та швидкості  $j$ ;

$K_{i,j}$  – середня кількість осаджувань, що приходяться на один состав, при вітрі  $i$ -го напрямку та  $j$ -й швидкості при температурі  $t_{\text{ср}}^{(n)}$ .

Середньорічна величина кількості осаджувань, що приходяться на один состав, в обох випадках може визначатися за формулою

$$\bar{K}_{\text{річ}} = \sum_{k=1}^{12} \bar{K}^{(k)} / 12. \quad (3)$$

Для визначення значень середньомісячної та середньорічної кількості осаджувань згідно з методикою [6] були виконані подібні розрахунки для прийнятих умов моделювання. Розраховувалися середні значення кількості осаджувань, що приходяться на один состав, по всім місяцям ( $\bar{K}^{(n)}, n = \overline{1,12}$ ), а також величина середньорічної кількості осаджувань  $\bar{K}_{\text{річ}}$ . Розрахунок проводився у табличній формі.

Температурні умови були представлені декількома групами у відповідності до середньомісячної температури того чи іншого місяця [64]. Результати зведені у таблицю 1.

Таблиця 1

Середньомісячна температура повітря для м. Харкова, °С

Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
+1,5	-4,2	+4,9	+9,5	+18,4	+20,8	+22,8	+24,2	+16,3	+11,3	+2,2	-2,3

## Експлуатація залізниць

Для зменшення обсягів розрахунку місяці були об'єднані у декілька температурних груп. Так, у першу групу увійшли лютий та грудень ( $t_{306}^{(n)} \approx -3,3^{\circ}C$ ), у другу – березень та листопад ( $t_{306}^{(n)} \approx +3,6^{\circ}C$ ), у третю – квітень та жовтень ( $t_{306}^{(n)} \approx +10,4^{\circ}C$ ), у четверту – травень та вересень ( $t_{306}^{(n)} \approx +17,4^{\circ}C$ ), у п'яту – червень та серпень ( $t_{306}^{(n)} \approx +22,5^{\circ}C$ ),

у шосту – липень ( $t_{306}^{(n)} \approx +22,8^{\circ}C$ ) і в сьому – січень ( $t_{306}^{(n)} \approx +1,5^{\circ}C$ ).

Приклад розрахунку  $\bar{K}^{(7)}$  (для липня) наведений у таблицях 2–4. Дані щодо ймовірності появи того чи іншого вітру для липня [65] наведені у таблиці 2, розраховані у ході постановки імітаційних експериментів значення  $\bar{K}_{i,j}$  зведені у таблиці 3. У таблиці 4 внесені розраховані значення ( $P_{i,j}^{(n)} K_{i,j}$ ).

Таблиця 2

Ймовірності появи вітру різної швидкості і напрямку для липня на станції Харків-Сортувальний (у долях від одиниці)

Швидкість вітру м/с	Напрямок вітру, °							
	0	45	90	135	180	225	270	315
0 – 1	0,0640	0,0702	0,0550	0,0540	0,0430	0,0440	0,0420	0,0470
2 – 5	0,0700	0,0822	0,0470	0,0630	0,0500	0,0630	0,0690	0,0520
6 – 9	0,0110	0,0140	0,0020	0,0040	0,0140	0,0180	0,0080	0,0050
10 – 13	0,0010	0,0010	0,0000	0,0002	0,0020	0,0030	0,0002	0,0000
14 – 17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0004	0,0002	0,0000
18 – 20	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Таблиця 3

Середня кількість осаджувань, що приходяться на один состав, при температурних умовах липня (станція Харків-Сортувальний)

Швидкість вітру м/с	Напрямок вітру, °							
	0	45	90	135	180	225	270	315
0 – 1	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
2 – 5	0,37	0,25	0,15	0,15	0,14	0,26	0,32	0,38
6 – 9	0,83	0,28	0,14	0,14	0,12	0,29	0,66	0,85
10 – 13	1,28	0,33	0,12	0,13	0,12	0,40	1,31	1,28
14 – 17	2,05	0,42	0,11	0,10	0,08	0,47	2,17	2,38
18 – 20	3,37	0,45	0,11	0,09	0,08	0,72	2,84	3,47

Таблиця 4

Значення  $P_{i,j}^{(n)} K_{i,j}$

Швидкість вітру м/с	Напрямок вітру, °							
	0	45	90	135	180	225	270	315
0 – 1	0,0096	0,0105	0,0083	0,0081	0,0065	0,0066	0,0063	0,0071
2 – 5	0,0259	0,0206	0,0071	0,0095	0,0070	0,0164	0,0221	0,0198
6 – 9	0,0091	0,0039	0,0003	0,0006	0,0017	0,0052	0,0053	0,0043
10 – 13	0,0013	0,0003	0,0000	0,0000	0,0002	0,0012	0,0003	0,0000
14 – 17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0004	0,0000
18 – 20	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

За результатами розрахунків состав. Для інших місяці у результаті величина  $\bar{K}^{(7)}$  склала 0,23 осаджувань на аналогічних розрахунків були отримані

наступні значення:  $\bar{K}^{(1)} = 0,21$ ;  $\bar{K}^{(2)} = 0,20$ ;  
 $\bar{K}^{(3)} = 0,23$ ;  $\bar{K}^{(4)} = 0,26$ ;  $\bar{K}^{(5)} = 0,28$ ;  
 $\bar{K}^{(6)} = 0,25$ ;  $\bar{K}^{(8)} = 0,23$ ;  $\bar{K}^{(9)} = 0,23$ ;  
 $\bar{K}^{(10)} = 0,24$ ;  $\bar{K}^{(11)} = 0,24$ ;  $\bar{K}^{(12)} = 0,21$ ;  
 $\bar{K}_{pч} = 0,23$ .

**Висновок.** Запропонована у [6] методика може використовуватися при визначення середньої кількості осаджувань за тривалий період часу (рік, місяць), для будь-яких місцевих умов роботи сортувальних комплексів.

### Список використаних джерел

1. Правила технічної експлуатації залізниць України [Текст]: затверджені міністерством транспорту України N 411 від 20.12.1996. – К.: Мінтранс України, 1996. – 153 с.
2. Модин Н. К. Безопасность функционирования горочных устройств [Текст] / Н.К. Модин. – М.: Транспорт, 1994. – 153 с.
3. Тишков Л. Б. Теоретические и методологические основы корректировки алгоритмов расчета высоты, продольного профиля сортировочных горок и систем управления расформированием составов [Текст] / Л. Б. Тишков // Вестник ВНИИЖТа. – М., 1996. – Вып. 6. – С. 22–26.
4. Тишков Л. Б., Рудановский В. М., Шейкин В. П. Повышение сохранности вагонов на сортировочных станциях [Текст] / Л. Б. Тишков, В. М. Рудановский, В. П. Шейкин // Железнодорожный транспорт. – М., 1983. – Вып. 12. – С. 7–13.
5. Медведева Н. Л. Совершенствование методов расчета горок малой мощности, обеспечивающих функционирование местных сортировочных систем [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Медведева Наталья Леонидовна. – М., 2001. – 26 с.
6. Карасёв С. В. Влияние конструкции горки, структуры вагонопотока и внешней среды на качество заполнения путей сортировочного парка [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.08 / Карасёв Сергей Владимирович. – Новосибирск, 2003. – 201 с.
7. Hansmann, R. S., Zimmermann, U. T. Optimal sorting of rolling stock at hump yards [Текст] / R. S. Hansmann, U. T. Zimmermann // Mathematics - key technology for the future. – 2007. – № 8. – pp. 189-203.
8. Meuters, G. Modern car-retardants [Текст] / Meuters G. // Eisenbahningenieur. – 1997. – №2. – P.17-22.
9. Gopner, M. Simulation of rolling unhook with hump [Текст] / Gopner M. // Rangiertechnik und Gleisanschlubtechnik. – 1987/1988. – P.25-29.
10. Siddiquee, M. W. Investigation of sorting and train formation schemes for a railroad hump yard [Текст] / M. W. Siddiquee // Proc. of the 5th Int. Symposium on the theory of trac flow and transportation. – 1972. – pp. 377-387.
11. Lower G.R. Moderne Prozesssteuermg fur Rangierbahnhöfe [Текст] / G. R. Lower // Der Eisenbahningenieur. – 1982. – № 12. – pp. 527 - 531.

Рецензент д-р техн. наук, професор Є.С.Альошинський

---

Куценко Максим Юрійович канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42 E-mail: [maksimus84@meta.ua](mailto:maksimus84@meta.ua).

Розсоха Олександр Володимирович канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українська державна академія залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-42 E-mail: [s4749@yandex.ru](mailto:s4749@yandex.ru).

Шабатіна Олена Анатоліївна студентка магістратури НН ІППК Українська державна академія залізничного транспорту Тел.: (057) 730-10-42.

Вітола Соломія Зіноївна студентка магістратури НН ІППК Українська державна академія залізничного транспорту Тел.: (057) 730-10-42.

Shabatina Elena Anatoliyivna graduate student NN IPPK Ukrainian State Academy of Railway Transport Tel.: (057) 730-10-42.

## Експлуатація залізниць

---

*Rozsoha Alexander Volodymyrovych Ph. D., associate professor department of train stations and nodes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42 E-mail: [s4749@yandex.ru](mailto:s4749@yandex.ru) .*

*Kutsenko Maxim Yriyovich Ph. D., associate professor department of train stations and nodes Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel.: (057) 730-10-42 E-mail: [maksimus84@meta.ua](mailto:maksimus84@meta.ua).*

*Vitola Solomiya Zinoyivna graduate student NN IPPK Ukrainian State Academy of Railway Transport Tel.: (057) 730-10-42.*