

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЇ ВАГОНО-ГОДИН НАКОПИЧЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ ОБМІНУ ГРУП ВАГОНІВ У ДВОГРУПНОМУ ПОЇЗДІ

Запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при застосуванні можливих варіантів технології роботи з двогрупним поїздом на станції обміну груп. Отримано формули для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням при застосуванні кожного з варіантів виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді.

*Ключові слова:* двогрупний поїзд, сортувальний парк, економія вагоно-годин простою вагонів, обмін груп вагонів

Предложено решение задачи определения экономии вагоно-часов простоя вагонов в сортировочном парке при использовании возможных вариантов технологии работы с двогруппным поездом на станции обмена групп. Получены формулы для определения сокращения простоя вагонов под накоплением при использовании каждого из вариантов выполнения обмена групп вагонов в двогруппном поезде.

*Ключевые слова:* двогруппный поезд, сортировочный парк, экономия вагоно-часов простоя вагонов, обмен групп вагонов

The solution for a problem of determination of reducing the idle time wagon-hours for wagons in marshalling tracks, using the possible variants of work technology with the double-block train at a station of exchange groups, is proposed. The formulas for determination of reducing the idle time of wagons under accumulation, using each variants of implementing the exchange of wagon groups in the double-block train are obtained.

*Keywords:* double-block train, marshalling tracks, reducing idle time wagon-hours for wagons, exchange of wagon groups

### Вступ

Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України спонукають шукати резерви для зменшення витрат на організацію перевізного процесу. Значну роль в організації перевізного процесу займає організація вагонопотоків та технологія обслуговування поїздів. В роботах [1 – 3] значна увага приділяється оперативному формуванню двогрупних поїздів як одному з можливих резервів для зменшення витрат залізниць. Згідно [4] та [5], формування групових поїздів, за певних умов, може призводити до зменшення вагоно-годин накопичення на станції формування. Але, як зазначається в [6], необхідно враховувати інтереси не тільки головної станції, а й станції обміну груп вагонів.

### Постановка задачі

Діюча «Інструкція з організації вантажних вагонопотоків ...» [7] передбачає можливість формування багатогрупних поїздів. На рис. 1 наведено графічну формалізацію організації вагонопотоків при формуванні двогрупних поїздів на умовному напрямку з трьома технічними станціями і наступними параметрами:

$N_{AB}$ ,  $N_{BC}$ ,  $N_{AC}$  – розміри вагонопотоків відповідних призначень;

$K_{BC1}$  – кількість одногрупних поїздів;

$K_{ABC}$  – кількість двогрупних поїздів.

Відповідно до [7], у сформованому двогрупному поїзді розрізняють «ядро» та відчипну групу вагонів (**ВГВ**). «Ядром» двогрупного поїзда є вагони призначення  $C$ , а відчипною групою – вагони призначення  $B$ .

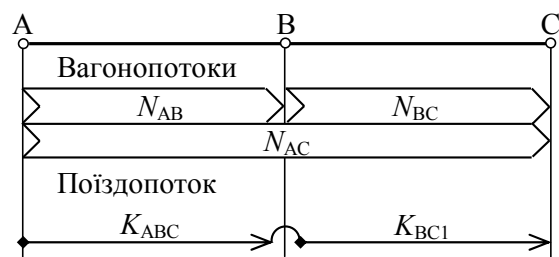


Рис. 1. Графічна формалізація організації вагонопотоків на напрямку

У процесі слідування поїзда на одній зі станцій залізничного напрямку (станція  $B$  на рис. 1) виникає необхідність обміну груп вагонів. Технологія виконання обміну груп вагонів розроблена в [8] і передбачає наявність заздалегідь підготовленої причіпної групи вагонів (**ПГВ**) на колії приймально-відправного парку станції. Але на практиці досить часто забезпечити наявність **ПГВ** в приймально-відправному парку до прибуття поїзда неможливо, що при-

зводить до збільшення простою транзитних вагонів. Для уникнення таких ситуацій на станції *B*, при відсутності ПГВ, двогрупний поїзд приймають в парк прийому і розформовують.

При застосуванні кожної з можливих технологій обміну груп вагонів виникають певні зміни у тривалості простою під накопиченням вагонів призначення *C*. Звідси постає задача визначення економії вагоно-годин при виконанні обміну груп вагонів у двогрупному поїзді для кожної з можливих технологій.

### Основний матеріал дослідження

Для вирішення поставленої задачі розглянемо процес накопичення на станції *B* вагонів призначення *C* (рис. 2) у випадку їх рівномірного надходження з інтенсивністю  $\lambda$  вагонів/годину.

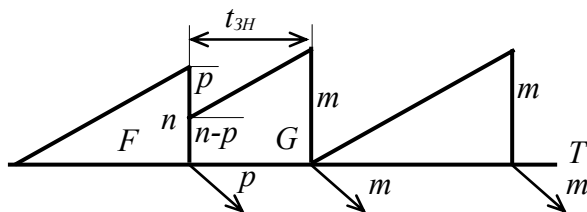


Рис. 2. Процес накопичення на станції *B* вагонів призначення *C*

При формуванні одногрупних поїздів призначення *C* середня тривалість простою під накопиченням одного вагона становить

$$t_H = \frac{m}{2\lambda},$$

а вагоно-години накопичення потоку з  $N$  вагонів дорівнюють

$$W_1 = \frac{Nm}{2\lambda}. \quad (1)$$

Стан призначення в деякий поточний момент  $T_0$  можна характеризувати кількістю вагонів  $n$  та витратою вагоно-годин їх накопичення  $F$ , яка складає

$$F = \frac{n^2}{2\lambda}.$$

Розглянемо технологію, яка передбачає виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді в прийнятно-відправному парку.

При прибутті двогрупного поїзда, до складу якого включається  $p$  вагонів призначення *C* (за умов:  $p \leq n$ ;  $p = m_{ПГВ}$ ;  $m_{ВГВ} = m_{ПГВ}$ ), на сортувальній колії залишається  $(n - p)$  вагонів, які вхо-

дять до складу наступного одногрупного поїзда. Тривалість завершення накопичення цього поїзда у середньому дорівнює

$$t_{3H} = \frac{m - (n - p)}{\lambda},$$

а вагоно-години накопичення становлять

$$G = \frac{(m + n - p)(m - n + p)}{2\lambda}.$$

Решта потоку у кількості  $(N - p - m)$  вагонів відправляється в наступних одногрупних поїздах і має таку кількість вагоно-годин накопичення

$$W_p = \frac{(N - p - m)m}{2\lambda}.$$

Таким чином, при виконанні обміну груп у двогрупному поїзді і включенні до його складу  $p$  вагонів, загальний простій вагонів призначення *C* під накопиченням складає

$$W_2 = F + G + W_p = \frac{n^2 + (m + n - p)(m - n + p) + (N - p - m)m}{2\lambda}. \quad (2)$$

Економія вагоно-годин накопичення призначення *C* внаслідок виконання обміну груп у двогрупному поїзді (у подальшому економія простою) становить

$$E_w = W_1 - W_2. \quad (3)$$

Після підстановки в останнє складових (1) та (2) і алгебраїчних перетворень отримаємо:

$$E_w = \frac{p(m - 2n + p)}{2\lambda}. \quad (4)$$

$$\text{Величина } z = (m - 2n + p) \quad (5)$$

в (4) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів, а відношення

$$t_z = \frac{z}{\lambda} \quad (6)$$

відповідає тривалості їх накопичення. Тоді економія простою вагонів може бути розрахована як

$$E_w = \frac{pt_z}{2}. \quad (7)$$

Розглянемо приклад визначення  $E_w$ . Якщо до складу двогрупного поїзда ( $m = 50$  ваг.) необхідно включити  $p = 20$  вагонів, а на колії призначення *C* знаходиться  $n = 30$  вагонів, то,

згідно з (5), розрахункова кількість вагонів дорівнює  $z = 50 - 2 \cdot 30 + 20 = 10$ . Тривалість їх накопичення, при  $\lambda = 8$  ваг./год, становить

$$t_z = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ год.}$$

Економія простою згідно з (7) дорівнює

$$E_W = \frac{20 \cdot 1,25}{2} = 12,5 \text{ вагоно-год.}$$

З метою аналізу аналогічним чином виконані розрахунки  $E_W$  для інших величин  $p$  та  $n$  (за умови  $p \leq n$ ), результати яких наведені в табл. 1 і в графічному вигляді на рис. 3.

Таблиця 1

		$E_W = f(p, n)$								
		$p$								
$n$		5	10	15	20	25	30	35	40	45
5		14,1	—	—	—	—	—	—	—	—
10		10,9	25	—	—	—	—	—	—	—
15		7,8	18,8	32,8	—	—	—	—	—	—
20		4,7	12,5	23,4	37,5	—	—	—	—	—
25		1,6	6,3	14,1	25	39,1	—	—	—	—
30		-1,6	0	4,7	12,5	23,4	37,5	—	—	—
35		-4,7	-6,3	-4,7	0	7,8	18,8	32,8	—	—
40		-7,8	-12,5	-14,1	-12,5	-7,8	0	10,9	25	—
45		-10,9	-18,8	-23,4	-25	-23,4	-18,8	-10,9	0	14,1

Отримані результати показують, що виконання обміну груп у двогрупних поїздах через приймально-відправний парк може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів певного призначення під накопиченням. Найявність економії залежить від величини ПГВ та «ядра» двогрупного поїзда, стану призначення та інтенсивності надходження вагонів. Найбільша економія простою може бути отримана, коли до складу двогрупного поїзда включаються усі наявні вагони призначення, тобто при  $p = n$ , а максимальна економія досягається при  $p = n = m/2$ . Зменшення  $p$  відносно  $n$ , тобто зростання залишку вагонів у кількості  $(n - p)$ , зменшує економію простою, а у випадках, коли  $z < 0$  може приводити до зростання простою порівняно з відсутністю на станції двогрупного поїзда.

Розглянемо технологію, яка передбачає прийом двогрупного поїзду в парк прийому для розформування. Після розпуску состава на призначення  $C$  надходить «ядро» двогрупного поїзда у кількості  $m_j$  вагонів. Надходження додат-

кової кількості вагонів переводить призначення  $C$  в один з можливих станів:

- стан 1 – кількість вагонів дорівнює або більша ніж склад поїзда, тобто  $n + m_j \geq m$ . Це дозволяє формувати черговий состав;
- стан 2 – кількість вагонів менша ніж склад поїзда, тобто  $n + m_j < m$ . Процес накопичення повинен продовжуватися.

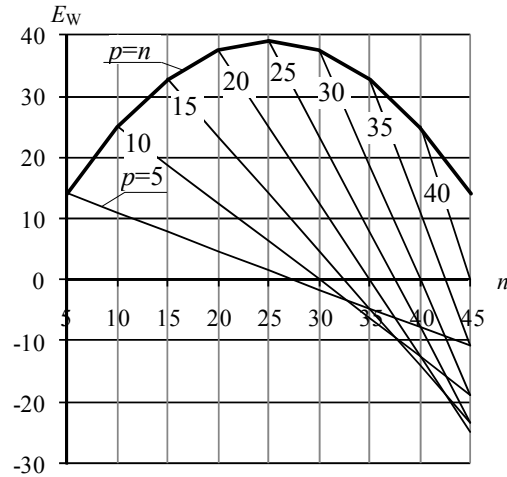


Рис. 3. Залежність економії простою від факторів, що впливають

Розглянемо процес накопичення вагонів призначення  $C$  для стану 1, який у графічному вигляді наведено на рис. 2 (за умови  $p = m - m_j$ ).

У випадку, коли  $n + m_j \geq m$ , на колії сортувального парку достатньо вагонів для формування состава, до складу якого включається  $p = m - m_j$  вагонів. Оскільки  $p = m - m_j = m_{ПГВ}$ , то формули та розрахунки з визначення економії простою вагонів аналогічні тим, які отримані для технології обміну груп вагонів через приймально-відправний парк.

Розглянемо процес накопичення вагонів призначення  $C$  для стану 2, який у графічному вигляді наведено на рис. 4 (за умови  $p = m_j$ ).

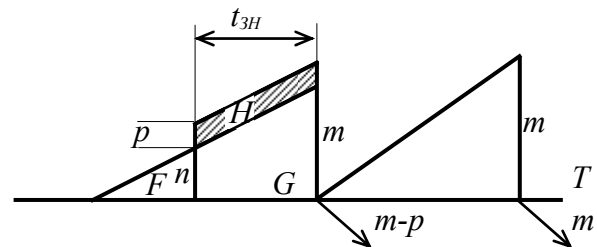


Рис. 4. Процес накопичення на станції B вагонів призначення C за умови  $n + m_j < m$

У випадку, коли  $n + m_j < m$ , тривалість завершення накопичення даного поїзда у середньому дорівнює

$$t_{3H} = \frac{m - p - n}{\lambda},$$

а вагоно-години простою під накопиченням вагонів «ядра» становлять

$$H = \frac{p(m - p - n)}{\lambda}. \quad (8)$$

Вагони, які надходять за період  $t_{3H}$ , будуть мати наступні вагоно-години простою під накопиченням:

$$G = \frac{(m - p + n)(m - p - n)}{2\lambda}.$$

Решта потоку у кількості  $(N - (m - p))$  вагонів відправляється в наступних поїздах і має таку кількість вагоно-годин накопичення:

$$W_p = \frac{(N - (m - p))m}{2\lambda}.$$

Таким чином, загальний простій вагонів призначення  $C$  під накопиченням, без урахування вагонів «ядра» двогрупного поїзда, складає

$$W_2 = F + G + W_p = \frac{p^2 - m \cdot p + N \cdot m}{2\lambda}. \quad (9)$$

Отже економія простою для призначення  $C$ , після підстановки в формулу (3) складових (1) та (9) і алгебраїчних перетворень, визначається:

$$E_W = \frac{p(m - p)}{2\lambda}. \quad (10)$$

Величина  $z = (m - p)$  в (10) являє собою деяку розрахункову кількість вагонів. Тривалість накопичення  $z$  вагонів та економія їх простою  $E_W$  можуть бути визначені за формулами (6) та (7).

Загальна економія простою для призначення  $C$  в цілому зменшується за рахунок додаткової простою вагонів «ядра» двогрупного поїзда і може бути визначена як

$$E_W^{\text{зар}} = E_W - H. \quad (11)$$

Підставивши в (11) відповідні складові (8) та (10) і алгебраїчних перетворень отримаємо

$$E_W^{\text{зар}} = \frac{p(p + 2n - m)}{2\lambda}.$$

Розглянемо приклад визначення  $E_W^{\text{зар}}$  за умови  $n + m_j < m$ . Якщо на колії призначення  $C$  знаходиться  $n = 20$  вагонів, а після розформу-

вання двогрупного поїзда надійшло  $m_j = 25$  вагонів, то економія простою складе

$$E_W^{\text{зар}} = \frac{25(25 + 2 \cdot 20 - 50)}{2 \cdot 8} = 23,4 \text{ вагоно-год.}$$

З метою аналізу аналогічним чином виконані розрахунки  $E_W^{\text{зар}}$  для інших величин  $m_j$  та  $n$ , результати яких наведені в табл. 2 і в графічному вигляді на рис. 5.

Отримані результати показують, що надходження додаткової групи вагонів на окреме призначення може приводити як до зменшення, так і до збільшення простою вагонів під накопиченням.

Наявність економії залежить від величини «ядра» двогрупного поїзда, стану призначення та інтенсивності надходження вагонів. Найбільша економія простою може бути отримана за умови  $m_j = n$ .

Таблиця 2

n	$E_W^{\text{зар}} = f(p, n)$								
	p								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
5	-10,9	-18,8	-23,4	-25	-23,4	-18,8	-10,9	0	-
10	-7,8	-12,5	-14,1	-12,5	-7,8	0	10,9	-	-
15	-4,7	-6,3	-4,7	0	7,8	18,8	-	-	-
20	-1,6	0	4,7	12,5	23,4	-	-	-	-
25	1,6	6,3	14,1	25	-	-	-	-	-
30	4,7	12,5	23,4	-	-	-	-	-	-
35	7,8	18,8	-	-	-	-	-	-	-
40	10,9	-	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Зменшення  $m_j$  відносно  $n$  зменшує економію простою, а у випадках, коли  $z < 0$  може приводити до зростання простою порівняно з відсутністю на станції двогрупного поїзда.

Виконані дослідження показують вплив величини «ядра» двогрупного поїзда на тривалість простою вагонів призначення  $C$  під накопиченням. Для вибору раціональної технології обслуговування двогрупного поїзда на станції обміну груп необхідно враховувати загальний простій вагонів «ядра», тобто від моменту прибуття до моменту відправлення зі станції, але дана задача потребує окремого дослідження.

## Висновки

1. Необхідність виконання операцій з обміну груп вагонів на технічних станціях за певних

умов скорочує вагоно-години простою вагонів під накопиченням незалежно від технології виконання обміну груп.

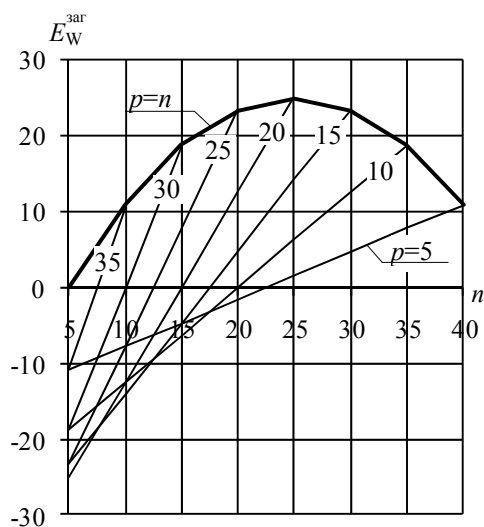


Рис. 6. Залежність економії простою від впливаючих факторів за умови  $n + m_n < m$

2. Економія вагоно-годин накопичення внаслідок виконання обміну груп вагонів у двогрупному поїзді залежить від стану призначення, складу двогрупного поїзда та характеру надходження вагонів.

3. Для розрахунку величини економії вагоно-годин накопичення при застосуванні кожної з можливих технологій виконання обміну груп вагонів отримано відповідні формули.

4. Отримані формули можуть бути застосовані для дослідження та визначення умов використання кожного з варіантів при оперативній технології обслуговування двогрупних поїздів на станції обміну груп.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бородин, А. Ф. Об управлении вагонопотоками с учетом условий их подхода [Текст] / А. Ф. Бородин // Вестник ВНИИЖТ. – 1984. – № 7. – С. 4-9.
2. Бородин, А. Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях [Текст] / А. Ф. Бородин // Ж.д. трансп. – 1996. – № 5. – С. 10-15.
3. Окипный, Л. Д. Эффективность оперативной организации вагонопотоков [Текст] / Л. Д. Окипный, В. А. Покавкин // Ж.д. трансп. – 1985. – № 11. – С. 13-16.
4. Божко, М. П. Розрахунок економії вагоно-годин накопичення вагонів при формуванні двогрупних поїздів [Текст] / М. П. Божко, О. О. Мазуренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 21. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 219-222.
5. Кривошей, Б. О. Дослідження процесу накопичення вагонів при переміщенні дільничного потоку збірними поїздами [Текст] / Б. О. Кривошей, П. О. Яновський // Залізн. трансп. України. – 2010. – № 6. – С. 46-49.
6. Божко, М. П. Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники експлуатаційної роботи [Текст] / М. П. Божко, О. О. Мазуренко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 32. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 230-236.
7. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст] : Затв.: Наказ Мінтрансу та зв'язку України 29.12.04 № 1028-ЦЗ / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2005. – 100 с.
8. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции [Текст] : Утв.: Мин-во путей сообщения СССР 13.06.86 / Мин-во путей сообщения СССР. – М., 1988. – 240 с.

Поступила в редколлегию 12.04.2010.  
Принята к печати 28.04.2010.