

М. П. БОЖКО, О. О. МАЗУРЕНКО (ДІТ)

## РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЇ ВАГОНО-ГОДИН НАКОПИЧЕННЯ ВАГОНІВ ПРИ ФОРМУВАННІ ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДІВ

Запропоновано вирішення задачі визначення економії вагоно-годин простою вагонів у сортувальному парку при формуванні окремого двогрупного поїзда у порівнянні з формуванням одногрупних поїздів. Отримано формулу для визначення скорочення простою вагонів під накопиченням на станції формування.

Предложено решение задачи определения экономии вагоно-часов простоя вагонов в сортировочном парке при формировании отдельного двогрупного поезда в сравнении с формированием одногруппных поездов. Получена формула для определения сокращения простоя вагонов под накоплением на станции формирования.

A solution of the task of evaluation of the wagon-hours economy of wagons demurrage at a marshalling yard when making up the particular two-unit train compared to making up the one-unit trains is proposed. A formula for determination of the reduction of wagons demurrage in conditions of accumulation at a station of formation is obtained.

Існуюча в теперішній час на мережі залізниць система організації вагонопотоків передбачає щорічну розробку плану формування поїздів (ПФП). Раціональний ПФП повинен забезпечувати, крім іншого, зменшення тривалості знаходження вагонів на технічних станціях. Одним з дієвих способів досягнення даної мети є формування багатогрупних поїздів взамін одногрупних. Діюча інструкція з організації вантажних вагонопотоків [1] передбачає можливість формування багатогрупних поїздів і містить методикку визначення їх ефективності, яка полягає у порівнянні загальних витрат при використанні одногрупних та багатогрупних поїздів. Однією зі складових, якими відрізняються варіанти, постають витрати, пов'язані з простоєм вагонів під накопиченням. На рис. 1 наведена графічна формалізація організації вагонопотоків при формуванні одногрупних (варіант 1) або двогрупних (варіант 2) поїздів на умовному напрямку з трьома технічними станціями і наступними параметрами:

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

$K_{AB1}$ ,  $K_{AC1}$ ,  $K_{BC1}$  – кількість одногрупних поїздів відповідних призначень;

$K_{AB2}$  – кількість двогрупних поїздів.

Згідно з [1], вагоно-години накопичення на головній станції  $A$  становлять:

$W = 2ct$  – при формуванні одногрупних поїздів (варіант 1);

$W = ct$  – при формуванні двогрупних поїздів (варіант 2),

де  $c$  – параметр накопичення;

$t$  – кількість вагонів у складі поїзда.

Таким чином, при формуванні двогрупних поїздів вагоно-години накопичення зменшуються удвічі. Це скорочення слід розглядати як

середню величину в умовах рівномірного надходження вагонів та формуванні тільки двогрупних поїздів. Між тим, як показують експериментальні дослідження [2-4], у дійсності надходження вагонів на окремі призначення має суттєву нерівномірність і вважається випадковим. У зв'язку з цим економія вагоно-годин внаслідок формування окремого двогрупного поїзда може коливатися і приймати різні величини у залежності від ситуації у поточний момент часу та характеру надходження вагонів. Звідси постає задача визначення економії вагоно-годин при формуванні окремого двогрупного поїзда в конкретних умовах.

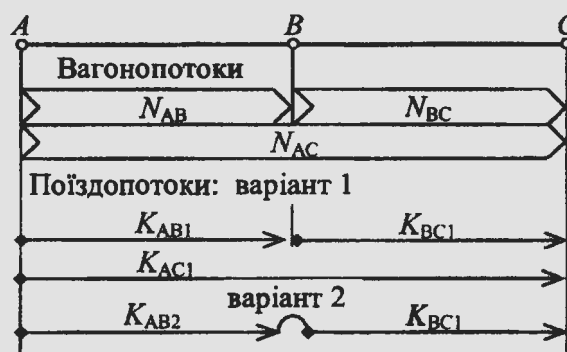


Рис. 1. Графічна формалізація організації вагонопотоків на напрямку

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

При формуванні тільки одногрупних поїздів (варіант 1) середня тривалість простою під накопиченням одного вагона становить

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

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

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

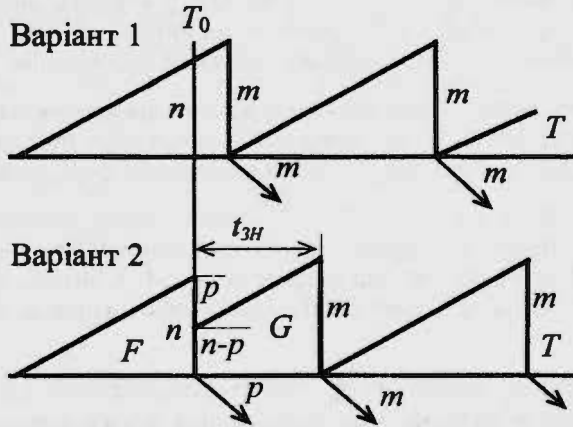


Рис. 2. Процес накопичення на головній станції  $A$  вагонів одного призначення

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

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

При формуванні двогрупного поїзда (варіант 2), до складу якого включається  $p$  вагонів даного призначення (за умови  $p \leq n$ ), залишається  $(n - p)$  вагонів, які входять 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 одногрупних поїздах і має наступну кількість вагоно-годин накопичення

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

Таким чином, при формуванні двогрупного поїзда і включенні до його складу  $p$  вагонів окремого призначення, загальний простій вагонів 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 одного призначення внаслідок формування одного двогрупного поїзда (у подальшому економія простою) становить

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

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

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

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

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

Зміст величини  $z$  полягає у наступному. Якщо до складу двогрупного поїзда включаються усі наявні вагони призначення, тобто  $p = n$ , то величина  $z = (m - n)$  становить завершуючу групу – кількість вагонів, яка потрібна для завершення накопичення одногрупного поїзда (див. рис. 3).

При цьому  $t_z$  являє собою тривалість періоду для накопичення цієї групи. У випадку, коли  $p < n$ , маємо  $z = (m - n) - (n - p)$ , тобто завершуючу групу, зменшену на величину залишку вагонів  $(n - p)$ , а  $t_z$  є тривалістю її накопичення.

Розглянемо приклад розрахунку  $E_w$  для призначення № 1 за вихідними даними, наведеними в табл. 1.

Таблиця 1

Призначення	$\lambda$	$n$	$m$
1	8	40	50
2	5	40	50

Якщо до складу двогрупного поїзда включити усі вагони призначення № 1 ( $p = 40$ ), тоді згідно з (5) розрахункова кількість вагонів дорівнює  $z = 50 - 2 \cdot 40 + 40 = 10$ , а тривалість їх накопичення становить

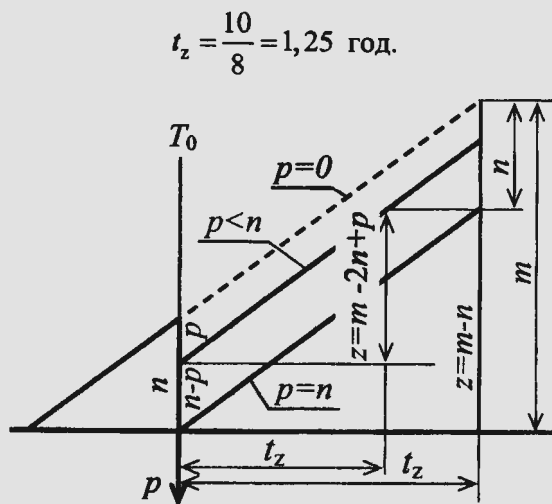


Рис. 3. Фізичний зміст величини  $z$

Економія простою для цього призначення згідно з (7) дорівнює

$$E_w = \frac{40 \cdot 1,25}{2} = 25 \text{ вагоно-год.}$$

З метою аналізу аналогічним чином виконані розрахунки  $E_w$  для інших величин  $p$  та  $n$  (за умови  $p < n$ ), результати яких наведені в табл. 2 і в графічному вигляді на рис. 4.

Таблиця 2

$n$	$E_w = f(p, n)$						
	$p$						
	5	10	20	25	30	40	50
10	11	25	-	-	-	-	-
20	5	12	37	-	-	-	-
25	2	6	25	39	-	-	-
30	-2	0	12	23	37	-	-
40	-8	-12	-12	-8	0	25	-
50	-14	-25	-37	-39	-37	-25	0

Отримані результати показують, що формування двогрупних поїздів не завжди приводить до зменшення простою вагонів під накопиченням. 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 одногрупними поїздами. Таким чином, формування двогрупного поїзда може давати економію простою тільки за певних умов, що вимагає відповідних розрахунків в конкретних умовах.

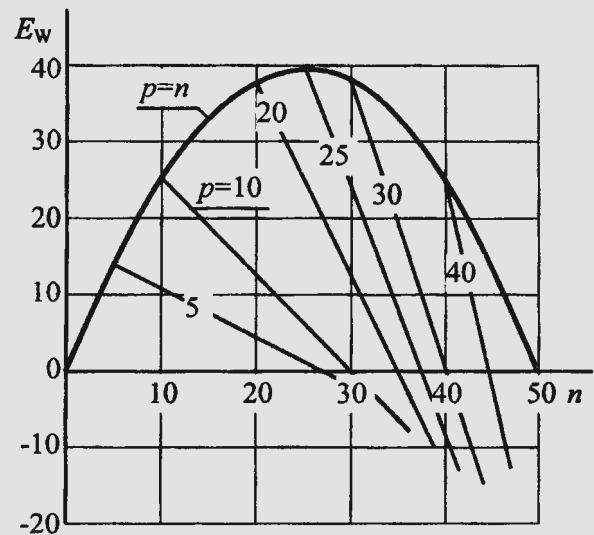


Рис. 4. Залежність економії простою від факторів, що впливають

Звичайно, у формуванні двогрупних поїздів приймають участь два попутних призначення, тому потрібно оцінювати їх сумарну ефективність. З метою аналізу виконані розрахунки ефективності формування двогрупного поїзда з вагонів двох призначень, характеристики яких наведені в табл. 1, а результати розрахунків (за умови  $p_1 + p_2 = m$ ) у числовому вигляді – в табл. 3 і у графічному вигляді – на рис. 5.

Таблиця 3

$p_1$	$z_1$	$t_{z1}$	$p_2$	$z_2$	$t_{z2}$	$E_{w1}$	$E_{w2}$	$E_w$
40	10	1,25	10	-20	-4,0	25	-20	5,0
35	5	0,63	15	-15	-3,0	10,9	-22,5	-11,6
30	0	0	20	-10	-2,0	0	-20	-20
25	-5	0,63	25	-5	-1,0	-7,8	-12,5	-20,3
20	-10	-1,25	30	0	0	-12,5	0	-12,5
15	-15	-1,87	35	5	1,0	-14,1	17,5	3,4
10	-20	-2,5	40	10	2,0	-12,5	40	27,5

Наведені результати показують, що при наявності у двох призначень достатньої кількості вагонів для формування двогрупного поїзда ( $n_1 + n_2 \geq m$ ) максимальна економія простою під накопиченням може бути отримана за умови, коли до складу двогрупного поїзда включається повністю одна з груп, а кількість вагонів іншого призначення визначається з умови  $p_1 + p_2 = m$ . При цьому потрібно розглядати два випадки: 1)  $p_1 = n_1$ ,  $p_2 = m - p_1$ ; 2)  $p_2 = n_2$ ,  $p_1 = m - p_2$ . Ефективним слід вважати випадок з більшою величиною економії  $E_w$ .

У прикладі, що розглядається, максимальна економія  $E_w = 27,5$  ваг-год забезпечується при включенні до складу двогрупного поїзда повної

групи вагонів призначення № 2 ( $p_2 = 40$ ) та  $p_1 = 50 - 40 = 10$  вагонів призначення № 1.

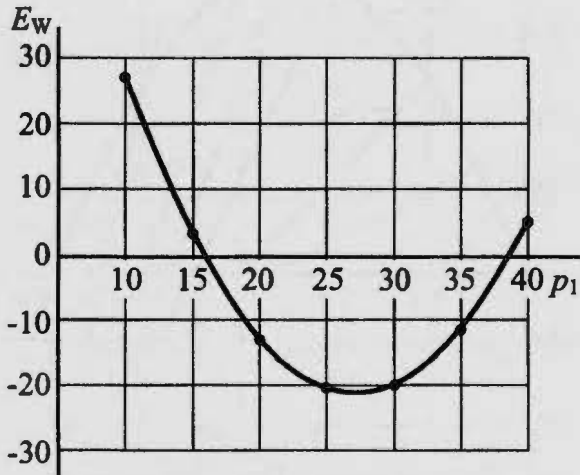


Рис. 5. Залежність економії простою від величини причіпленої групи призначення 1

Зауважимо, що математичний опис процесу та розрахунок його показників виконані для рівномірного у часі надходження вагонів з інтенсивністю  $\lambda$ . Процес накопичення вагонів в реальних умовах можна розглядати як випадковий з дискретними станами, зміна яких відбувається на випадкову кількість вагонів  $a_i$  у випадкові моменти часу  $T_i$  (рис. 6). На відміну від рівномірного процесу надходження вагонів величина  $t_z$  може бути розрахована з використанням даних  $T_i$  та  $a_i$  наступним чином:

$$t_z = T_k - T_0, \quad (8)$$

де  $k$  визначається за умови  $\sum_{i=1}^k a_i \geq z$ .

В оперативних умовах величина  $t_z$  може бути визначена з використанням інформації АСОУП в межах періоду планування ( $T_{пл}$ ) і з використанням середньостатистичних даних надходження вагонів – за межами періоду планування. Методика розрахунку величини  $t_z$  та оцінка надійності результатів являють собою задачі, які вимагають відповідних досліджень.

Отримані результати показують, що навіть в умовах рівномірного надходження вагонів економія вагоно-годин накопичення залежить від параметрів поточного стану. В умовах нерівномірного, тим паче випадкового надходження вагонів, слід очікувати більш значного коливання показників простою. Це підтверджують результати моделювання на ЕОМ процесу накопичення вагонів з випадковим їх надходженням. Крім того, результати моделювання співпадають з отриманими за виразом (7).

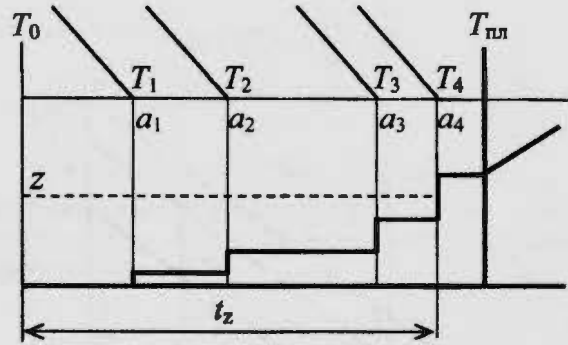


Рис. 6. Розрахункова схема реального процесу накопичення

Методика, яку містить інструкція [1], має дискретний характер і дає однозначну відповідь («так» або «ні») на питання доцільності формування двогрупних поїздів як постійної організації вагонопотоків на визначений період. Між тим, доцільність формування двогрупних поїздів повинна визначатися оперативно, у залежності від параметрів поточного стану та характеру надходження вагонів. Така організація вагонопотоків має неперервний характер з точки зору використання одногрупних і двогрупних поїздів, забезпечує їх оптимальне сполучення за критерієм загальних витрат з урахуванням маневрової роботи і простою поїзних локомотивів на головній станції та станції переміни груп.

### Висновки

1. Формування двогрупних поїздів скорочує вагоно-години простою вагонів під накопиченням на технічних станціях.
2. Економія вагоно-годин накопичення внаслідок формування двогрупного поїзда залежить від кількості вагонів суміжних призначень та характеру надходження вагонів.
3. Для розрахунку величини економії вагоно-годин накопичення отримана відповідна формула.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України. – К., 2005.
2. Ефименко Ю. И. Анализ колебаний часового поступления вагонов по назначениям плана формирования // Сб. научн. тр. – Вып. 274. – ЛИИЖТ, 1967. – С. 167-176.
3. Федотов Н. И. Колебания накопления вагонов в сортировочных парках // Сб. научн. тр. – Вып. 65. – НИИЖТ, 1967. – С. 19-27.
4. Угрюмов А. К. Суточная неравномерность вагонопотоков // Сб. научн. тр. – Вып. 231. – ЛИИЖТ, 1966. – С. 54-84.

Надійшла до редколегії 30.03.2008.