

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ОПЕРАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ ДВОГРУПНИХ ПОЇЗДІВ НА ОКРЕМІ ПОКАЗНИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Виконано дослідження оперативного керування організацією вагонопотоків у поїзди на залізничному напрямку. Обґрунтовано доцільність впровадження раціонального поєднання формування одногрупних та двогрупних поїздів з метою прискорення доставки вантажів. Умовою для прийняття рішення щодо визначення категорії окремого поїзда запропоновано величину періоду планування. Визначено економічний ефект від впровадження оперативного керування.

Выполнено исследование оперативного управления организацией вагонопотоков в поезда на железнодорожном направлении. Обоснована целесообразность внедрения рационального сочетания формирования одногруппных и двухгруппных поездов с целью ускорения доставки грузов. Условием для принятия решения по определению категории отдельного поезда предложена величина периода планирования. Определен экономический эффект от внедрения оперативного управления.

The research of operative management by the organization of wagon flows in trains on a railway direction is executed. It is proved the expediency of introduction of a rational combination of formation of single-unit trains and two-unit trains with the purpose of acceleration of delivery of cargoes. The duration of planning period is offered as a condition for decision-making on determination of category of a separate train. The economic effect of introduction of operative management is obtained.

Перевізний процес на залізничному транспорті України базується на системі організації вагонопотоків у поїзди, яка передбачає щорічну розробку нормативного плану формування поїздів (ПФП). Діючі «Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України» [1] зазначають, що раціональний ПФП повинен забезпечувати:

- зниження витрат залізниць, пов'язаних, крім іншого, з простоями вагонів на технічних станціях;
- підвищення прибутків, в т.ч. за рахунок ліквідації штрафних виплат за невиконання термінів доставки вантажів.

Удосконалення системи організації вагонопотоків є найбільш пріоритетним напрямком підвищення ефективності роботи залізничного транспорту в сучасних умовах функціонування.

Розробка плану формування ґрунтується на побудові економіко-математичних моделей і пошуку оптимального варіанту організації вагонопотоків різними математичними методами. Рішення цієї задачі доводиться виконувати в умовах значної сезонної, міждодової і внутрішньододової нерівномірності вагонопотоків [2, 3].

Для дослідження впливу нерівномірності надходження вагонів на величину вагоно-годин накопичення одногрупних составів для однієї з найбільших технічних станцій Укрзалізниці було виконано обробку накопичувальних відомостей при різних потужностях вагонопотоків

(від 118 до 272 ваг/добу). Для прикладу на рис. 1 наведено гістограму розподілу вагоно-годин накопиченням одногрупних составів на окреме призначення середньою потужністю $N = 200$ ваг/добу.

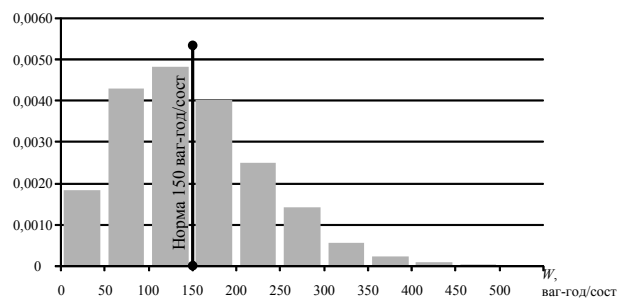


Рис. 1. Розподіл вагоно-годин простою під накопиченням окремого состава

Теоретично середню величину (норму) вагоно-годин накопичення одного одногрупного состава можна визначити як

$$W_n = \frac{cm}{n}, \quad (1)$$

де c – параметр накопичення;

m – кількість вагонів у складі поїзда;

n – кількість сформованих составів за добу.

Для окремого призначення з параметрами $N = 200$ ваг/добу, $m = 50$ ваг., $c = 12$ в середньому за добу формується $n = 4$ состави. При цьому норма вагоно-годин накопичення одного одногрупного состава становить

$$W_n = \frac{12 \cdot 50}{4} = 150 \text{ ваг-год,}$$

а середня тривалість простою одного вагона під накопиченням дорівнює

$$t_n = \frac{W_n}{m} = \frac{150}{50} = 3,0 \text{ год.}$$

З рис. 1 видно, що досить велика частина составів (більше 43 %) перевищує розрахункову норму. Така ж картина спостерігається і для інших призначень, де перевищення розрахункової норми накопичення окремого составу складає від 42 до 49 %. Для виконання завдань раціонального ПФП необхідно розробити заходи щодо скорочення вагоно-годин і тривалості накопичення составів.

Одним із можливих заходів є оперативне формування двогрупних поїздів в межах існуючого ПФП [4–6]. При цьому існуючий ПФП не порушується, тільки в залежності від конкретних умов функціонування станції оперативно вирішується питання про доцільність формування окремого двогрупного состава з вагонів двох попутних призначень. Інструктивні вказівки [1] містять методику визначення ефективності формування групових поїздів. Критерієм прийняття рішення про формування на технічній станції (головній) групових составів є витрати, які пов'язані з накопиченням, формуванням та просуванням поїздів на головній та попутних станціях залізничного напрямку.

На рис. 2 наведено графічну формалізацію організації вагонопотоків при формуванні одногрупних (варіант 1) або двогрупних (варіант 2) поїздів на умовному напрямку з трьома технічними станціями і наступними параметрами призначень:

N_{AB}, N_{BC}, N_{AC} – розміри вагонопотоків;

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

K_{AB2} – кількість двогрупних поїздів.

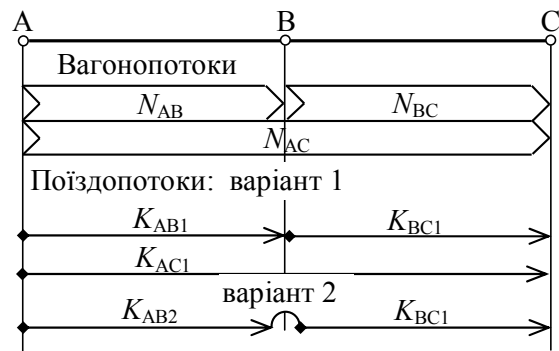


Рис. 2. Графічна формалізація організації вагонопотоків на напрямку

При формуванні на головній станції A одногрупних або двогрупних поїздів на цій і попутній станції B будуть змінюватися показники експлуатаційної роботи, а саме:

- вагоно-години накопичення, формування, причеплення, відчеплення, розформування вагонів $\sum Nt$;
- обсяг маневрової роботи з формування, з'єднання, причеплення, відчеплення і розформування вагонів $\sum Mt_{\text{ман}}$;
- тривалість простою поїзних локомотивів $\sum Mt_{\text{поїзд}}$.

Витрати, пов'язані з наведеними показниками, можуть бути визначені наступним чином:

$$E = e_{\text{вг}} \cdot \sum Nt + e_{\text{мл}} \cdot \sum Mt_{\text{ман}} + e_{\text{пл}} \cdot \sum Mt_{\text{поїзд}} \quad (2)$$

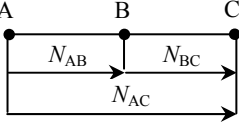
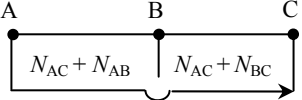
Розглянемо визначення показників роботи станцій на прикладі полігону $A-B-C$ (див. рис. 2). Найменування позначень елементів і їх числові значення, прийняті для виконання розрахунків, наведено в табл. 1, методику розрахунків (відповідно до [1]) наведено в табл. 2.

Таблиця 1

Вихідні дані до розрахунків експлуатаційних показників

Найменування елементів	Позначення	Одиниця виміру	Числове значення
Параметр накопичення	c	год	10,8
Кількість вагонів у складі поїзда	m	вагони	50
Вагонопотік із A призначенням на станцію C	N_{AC}	вагони	200
Вагонопотік із A призначенням на станцію B (група відчеплення)	N_{AB}	вагони	200
Вагонопотік із B призначенням на станцію C (причіпна група)	N_{BC}	вагони	200
Тривалість з'єднання груп вагонів в составі групового поїзду	$t_{\text{зг}}$	год	0,2
Тривалість обміну груп в составі групового поїзду	$t_{\text{ог}}$	год	0,6
Тривалість простою локомотива від поїзда у розформування	$t_{\text{рф}}$	год	3,0
Тривалість простою транзитного одногрупного поїзда на станції B	$t_{\text{тр}}$	год	1,2
Витратна ставка на 1 вагоно-годину	$e_{\text{вг}}$	грн	3,67
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину маневрової роботи	$e_{\text{мл}}$	грн	82,1
Витратна ставка на 1 локомотиво-годину поїзних локомотивів	$e_{\text{пл}}$	грн	148,8

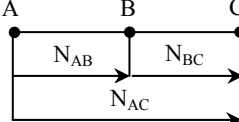
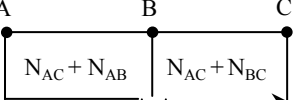
Методика визначення показників варіантів плану формування поїздів

Станції	Операції	Категорії поїздів	
		однорупні	двогрупні
			
Вагоно-години			
A	Накопичення	$2ct$	ct
	З'єднання груп	-	$(N_{AC} + N_{AB}) \cdot t_{зг}$
B	Розформування та формування	$\frac{N_{AB}}{60} (5,12 + 0,48m) + \frac{N_{BC}}{60} (13,56 + 0,044m)$	$\frac{N_{AB}}{60} (16,12 + 0,52m \frac{N_{AB}}{N_{AC} + N_{AB}})$
	Накопичення	ct	$1,2ct \frac{N_{BC}}{N_{AC} + N_{BC}}$
		$\sum Nt$	$\sum Nt$
Маневрові локомотиво-години			
A	З'єднання груп	-	$\frac{N_{AC} + N_{AB}}{m} t_{зг}$
B	Розформування та формування	$\frac{N_{AB}}{60m} (7,68 + 0,48m) + \frac{N_{BC}}{60m} (16,12 + 0,044m)$	$\frac{N_{AC} + N_{AB}}{60m} (16,12 + 0,52m \frac{N_{AB}}{N_{AC} + N_{AB}})$
	Обмін груп	-	$\frac{N_{AC} + N_{AB}}{m} t_{ог}$
		$\sum Mt_{ман}$	$\sum Mt_{ман}$
Локомотиво-години простою поїзних локомотивів			
B	Тривалість знаходження від прибуття до відправлення	-	$\frac{N_{AC} + N_{AB}}{m} (t_{рф} - t_{тр})$
		$\sum Mt_{поїзд}$	$\sum Mt_{поїзд}$

Згідно з прийнятими вихідними даними виконано розрахунки експлуатаційних показників для обох варіантів організації вагонопотоків, результати яких наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Розрахунок показників варіантів плану формування поїздів

Станції	Операції	Категорії поїздів	
		однорупні	двогрупні
			
1	2	3	4
Вагоно-години			
A	Накопичення	$2 \cdot 10,8 \cdot 50 = 1080$	$10,8 \cdot 50 = 540$
	З'єднання груп	-	$(200 + 200) \cdot 0,2 = 80$
B	Розформування та формування	$\frac{200}{60} (5,12 + 0,48 \cdot 50) + \frac{200}{60} (13,56 + 0,044 \cdot 50) = 149,6$	$\frac{200}{60} (16,12 + 0,52 \cdot 50 \cdot \frac{200}{200 + 200}) = 97,07$
	Накопичення	$10,8 \cdot 50 = 540$	$1,2 \cdot 10,8 \cdot 50 \cdot \frac{200}{200 + 200} = 324$
$\sum Nt$		1769,6	1041,07

Таблиця 3 (закінчення)

1	2	3	4
Маневрові локомотиво-години			
A	З'єднання груп	-	$\frac{200+200}{50} \cdot 0,2 = 1,6$
B	Розформування та формування	$\frac{200}{60 \cdot 50} (7,68 + 0,48 \cdot 50) + \frac{200}{60 \cdot 50} (16,12 + 0,044 \cdot 50) = 3,33$	$\frac{200+200}{60 \cdot 50} (16,12 + 0,52 \cdot 50 \cdot \frac{200}{200+200}) = 3,88$
	Обмін груп	-	$\frac{200+200}{50} \cdot 0,6 = 4,8$
$\Sigma M_{\text{ман}}$		3,33	10,28
Локомотиво-години простою поїзних локомотивів			
B	Тривалість знаходження від прибуття до відправлення	-	$\frac{200+200}{50} (3,0 - 1,2) = 14,4$
$\Sigma M_{\text{поїзд}}$		-	15,2

Витрати на формування одногрупних поїздів складають:

$$E = 3,67 \cdot 1769,6 + 82,1 \cdot 3,33 + 148,8 \cdot 0 = 6767,83 \text{ грн.}$$

Витрати на формування двогрупних поїздів складають:

$$E = 3,67 \cdot 1041,07 + 82,1 \cdot 10,28 + 148,8 \cdot 14,4 = 6807,43 \text{ грн.}$$

Отримані результати показують, що кращим за критерієм витрат є варіант 1 – формування одногрупних поїздів. Але при цьому можна відзначити наступні недоліки застосованої методики:

- розрахунок виконується для усереднених розмірів вагонопотоків, які неадекватно відображають їх реальну потужність (форма ДО17 складається лише двічі на рік на основі спостережень за одну декаду), і не враховує характер надходження вагонів;

- експлуатаційні показники визначаються за умови формування лише одногрупних або двогрупних поїздів.

Отже методика [1] має дискретний характер і дає однозначну відповідь (так чи ні) на питання доцільності формування одногрупних або двогрупних поїздів як постійної організації вагонопотоків на період дії ПФП. Таким чином, розглянута методика може застосовуватися тільки на етапі технічних розрахунків і не може використовуватися в оперативних умовах.

Між тим, доцільність формування двогрупних поїздів бажано визначити оперативно, залежно від параметрів поточного стану та характеру надходження вагонів.

У поточний момент часу Θ сортувальні колії головної станції A, на яких накопичуються вагони попутних призначень B та C, можуть перебувати в одному з можливих станів (див. рис. 3):

Стан 1 – кількість вагонів на коліях менша складу поїзда, як для окремого призначення, так і в сумі, тобто $n_B < m$, $n_C < m$, $n_B + n_C < m$. В цьому випадку доцільно продовження процесу накопичення;

Стан 2 – кількість вагонів на колії окремого призначення достатня для формування одногрупного поїзда ($n_i \geq m$). У такому разі доцільне формування одногрупного поїзда;

Стан 3 – кількість вагонів на кожній колії менша складу поїзда, але сумарна кількість вагонів достатня для формування двогрупного поїзда ($n_B < m$, $n_C < m$, $n_B + n_C \geq m$). Для такого стану можливі два рішення:

1 – продовжувати процес накопичення вагонів для формування одногрупних поїздів;

2 – формувати двогрупний поїзд.

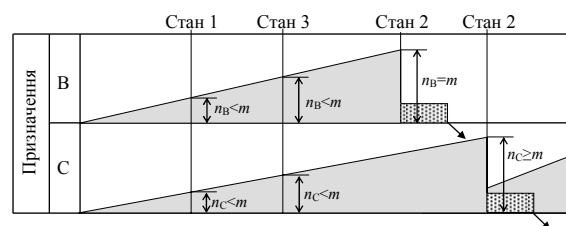


Рис. 3. Варіанти можливих станів сортувальних колій призначень B та C на станції A

В цьому випадку рішення про формування двогрупного поїзда повинно базуватися на забезпеченні економії витрат у порівнянні з формуванням окремих одногрупних поїздів даних призначень. На даний момент методика такої оцінки відсутня, і для її розробки необхідні відповідні дослідження.

Ефективність формування двогрупного поїзда в момент Θ буде залежати від того, як відбуватиметься процес накопичення вагонів на дані призначення у майбутньому ($T > \Theta$), тобто від характеру надходження вагонів. Процес надходження вагонів можна характеризувати тривалістю періоду F до завершення накопичення одногрупного поїзда (рис. 4).

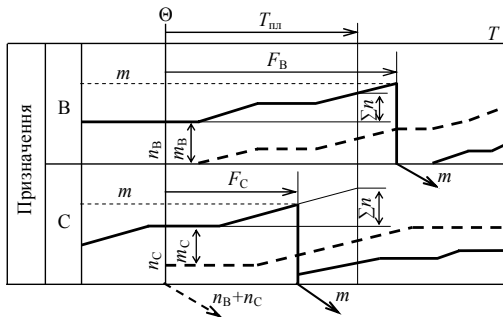


Рис. 4. Розрахункова схема процесу накопичення вагонів:

— при формуванні одногрупних поїздів;
 - - - при формуванні двогрупних поїздів

Від кількості вагонів у поточний момент часу $n(\Theta)$ і тривалості періоду F залежить економія вагоно-годин накопичення у випадку формування двогрупного поїзда. З використанням величини F доцільність формування двогрупного поїзда може визначатися за допомогою умови:

$$F > T_{\text{пл}}, \quad (3)$$

де $T_{\text{пл}}$ – розрахункова тривалість періоду планування (відносно поточного моменту Θ), яка забезпечує ефективне використання одногрупних поїздів.

Очевидно, що від величини $T_{\text{пл}}$ залежать показники функціонування і критерій ефективності, тобто

$$E = f(T_{\text{пл}}) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Аналітичний опис функції (4) неможливий, тому залежність критерію ефективності від $T_{\text{пл}}$ може бути визначена за допомогою імітаційної моделі процесу. Для виконання досліджень була розроблена імітаційна модель процесу, яка реалізує:

– випадкове надходження вагонів на кожне призначення;

– процес накопичення вагонів та визначення його показників;

– прийняття рішення про формування на станції A одно- або двогрупних поїздів;

– роботу з транзитними і двогрупними поїздами на станції B та визначення її показників.

Рішення про формування на станції A поїзда відповідної категорії приймається згідно з умовами:

$$\begin{cases} (n_B + n_C \geq m) \text{ та } (F > T_{\text{пл}}) & \text{– формується двогрупний поїзд;} \\ (n_B + n_C \geq m) \text{ та } (F \leq T_{\text{пл}}) & \text{– формується одногрупний поїзд.} \end{cases}$$

На основі наведених в табл. 1 вихідних даних було виконано моделювання роботи станцій залізничного напрямку $A-B-C$ для різних значень $T_{\text{пл}}$. У якості результатів фіксувалися наступні показники роботи станцій A та B за період роботи протягом одного року:

– кількість поїздів окремої категорії;

– сумарні вагоно-години знаходження вагонів кожного призначення;

– обсяг маневрової роботи;

– тривалість знаходження поїзних локомотивів на станції B ;

– сумарні витрати, пов'язані з організацією вагонопотоків.

Отримані результати моделювання дозволяють зробити наступні висновки.

Від тривалості періоду планування залежить кількість одно- та двогрупних поїздів. У графічному вигляді ця залежність наведена на рис. 5.

Найбільша кількість двогрупних поїздів на станції A (K_{AB2}) формується при $T_{\text{пл}} = 0$ год., тобто коли рішення про їх формування приймається без урахування надходження вагонів у майбутньому. Для періоду планування від $T_{\text{пл}} = 0$ год. до $T_{\text{пл}} = 9$ год. кількість двогрупних поїздів зменшується, а одногрупних (K_{AB1} , K_{AC1}) – збільшується. Починаючи з $T_{\text{пл}} = 9$ год. і далі формуються лише одногрупні поїзди.

По станції B зі зростанням $T_{\text{пл}}$ збільшується кількість одногрупних (транзитних) поїздів (K_{AC1}) та кількість поїздів свого формування (K_{BC1}).

Збільшення кількості одногрупних поїздів призводить до збільшення загального простою вагонів призначень B та C на головній станції A , при цьому їх простій на станції B зменшується (рис. 6). Найменший сумарний простій вагонів на залізничному напрямку $A-B-C$ досягається за величини періоду планування експлуатаційної роботи $T_{\text{пл}} = 1$ год. Отже раціональне поєднання формування одногрупних та

двогрупних поїздів забезпечує економію простою вагонів на всьому напрямку у кількості 27,46 тис. ваг-год порівняно з формуванням тільки двогрупних поїздів, та 80,64 тис. ваг-год у порівнянні з формуванням тільки одногрупних поїздів.

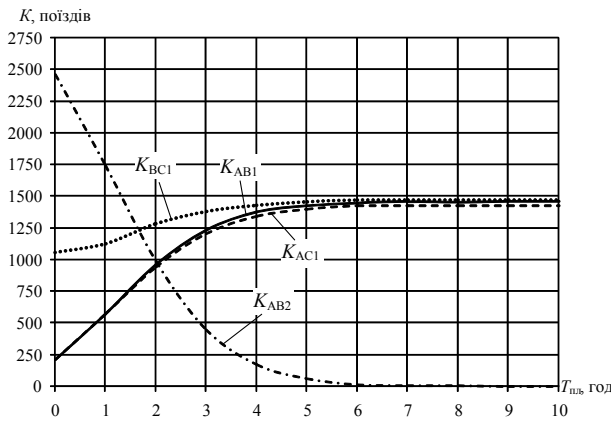


Рис. 5. Залежність кількості поїздів окремих категорій від періоду планування

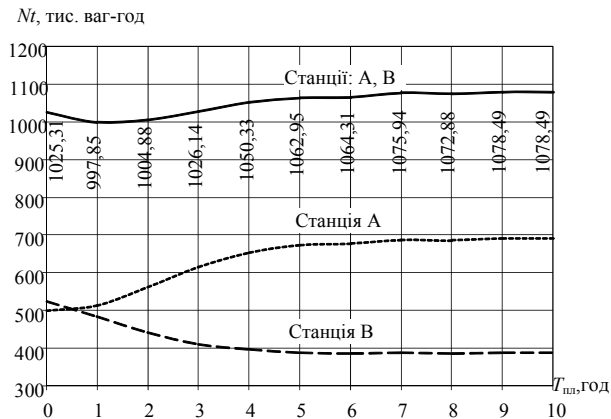


Рис. 6. Залежність витрат вагоно-годин простою вагонів призначень B та C від періоду планування

За допомогою (2) виконано розрахунок загальних витрат E , пов'язаних з організацією вагонопотоків. Залежність витрат від періоду планування для станцій A, B та на залізничному напрямку в цілому наведено у графічному вигляді на рис. 7.

При формуванні на станції A тільки одногрупних поїздів ($T_{пл} \geq 9$ год.) річні витрати становлять 5794 тис. грн. Витрати на формування лише двогрупних поїздів ($T_{пл} = 0$ год.) становлять 5881 тис. грн на рік. Отже, на напрямку $A-B-C$ з вагонопотоками середньодобової потужності $N = 200$ ваг. та складом поїзда $m = 50$ ваг. ефективною є їх організація в одногрупні поїзди. Це відповідає висновку, отриманому вище з використанням типової методики [1].

Наведені на рис. 7 залежності показують, що найменші витрати $E = 5618$ тис. грн досягають-

ся при періоді планування $T_{пл} = 2$ год. Отже, раціональне поєднання формування одногрупних та двогрупних поїздів забезпечує економію загальних витрат у сумі 176 тис. грн порівняно з формуванням тільки одногрупних поїздів.

Розглянута організація вагонопотоків має оперативний характер з точки зору використання одногрупних і двогрупних поїздів, забезпечує їх оптимальне поєднання за критерієм загальних витрат з урахуванням маневрової роботи і простою поїздів локомотивів на технічних станціях. Крім цього, помітно покращуються окремі показники функціонування кожної станції залізничного напрямку.

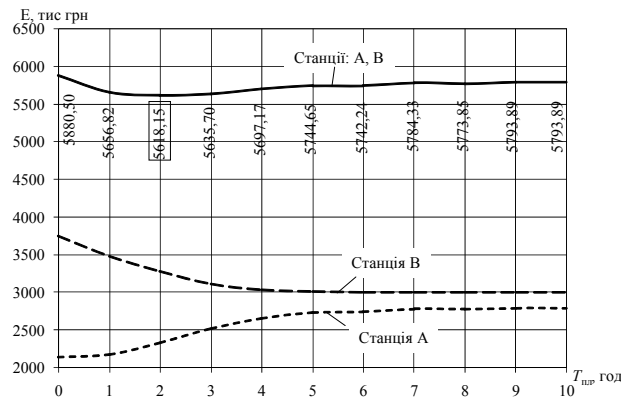


Рис. 7. Залежність сумарних експлуатаційних витрат від періоду планування

У якості прикладу на рис. 8 наведено гістограму розподілу вагоно-годин простою під накопиченням окремого состава на головній станції A , яку отримано за результатами моделювання для $T_{пл} = 2$ год. Розрахункову норму тривалості накопичення состава перевищує близько 22 %, а середній простій одного вагона під накопиченням складає 2 год.

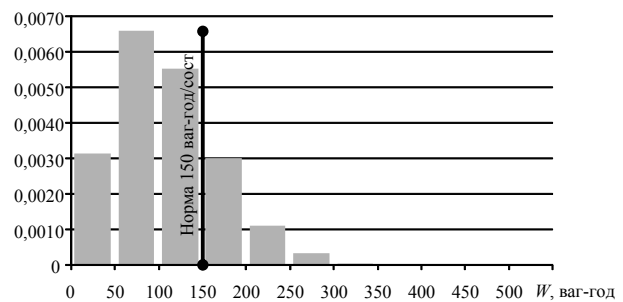


Рис. 8. Розподіл вагоно-годин простою під накопиченням окремого состава

У порівнянні з традиційною технологією розглянута модель оперативних рішень щодо формування поїздів певної категорії забезпечує для кожної технічної станції скорочення середнього простою вагонів під накопиченням на 1 год. Покращення окремих показників експлу-

атаційної роботи окремих станцій та залізничного напрямку в цілому потребує деяких додаткових витрат з боку залізниці – збільшується обсяг маневрової роботи, простій поїзних локомотивів. Характер зміни даних показників потребує окремих досліджень.

На основі наведеного аналізу можна зробити висновок про доцільність впровадження оперативного формування двогрупних поїздів на залізничному напрямку з метою прискорення доставки вантажів.

Ефективність оперативного підходу може бути підвищена за рахунок додаткових технологічних умов, визначення яких потребує відповідних досліджень.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст]. – К., 2005.

2. Федотов, Н. И. Колебания накопления вагонов в сортировочных парках [Текст] / Н. И. Федотов // Сб. науч. тр. НИИЖТ. – 1967. – Вып. 65. – С. 19-27.
3. Угрюмов, А. К. Суточная неравномерность вагонопотоков [Текст] / А. К. Угрюмов // Сб. науч. тр. ЛИИЖТ. – 1966. – Вып. 231. – С. 54-84.
4. Окипный, Л. Д. Эффективность оперативной организации вагонопотоков [Текст] / Л. Д. Окипный, В. А. Покавкин // Ж.д. транспорт. – 1985. – № 11. – С. 13-16.
5. Бородин, А. Ф. Об управлении вагонопотоками с учетом условий их подхода [Текст] / А. Ф. Бородин // Вестник ВНИИЖТ. – 1984. – № 7. – С. 4-9.
6. Бородин, А. Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях [Текст] / А. Ф. Бородин // Ж.д. транспорт. – 1996. – № 5. – С. 10-15.

Надійшла до редколегії 01.02.2010.

Прийнята до друку 17.02.2010.