

Приведені експлуатаційні витрати найменші при восьмому варіанті обслуговування, коли подачу, забирання і пересування вагонів здійснює власний маневровий локомотив серії ТГМ6А, під'їзна колія довжиною 1,9 км ВАТ «ЦЗФ «Добропільська» стає її власністю. Термін окупності складає менше 1 року.

### *Список літератури*

1. <http://dtek.com.ua> – сайт корпорації ДТЕК
2. Правила технічної експлуатації залізниць України. Затверджено наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. №441. – К.: Укрзалізниця, 2004. – 133 с.
3. Статут залізниць України. – К.: Транспорт України, 1998. – 83 с.
4. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Частина 1, 2. – Київ: Укрзалізниця, 2004. – 432 с.
5. Закон України про залізничний транспорт, №273/96 – ВР від 04.07.1996 зі змінами станом на 2005 рік.
6. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України №ЦД-0058. Затверджено наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 31.08.2005 №507. – К.: Укрзалізниця, 2006. – 462 с.
7. Інструкція з сигналізації на залізницях України. Затверджено наказом Міністерства транспорту України №259 від 8 липня 1995 р. №ЦШ-0001. – К.: Транспорт України, 1995. – 237 с.
8. Інструкція по устрою та утриманню колії залізниць України, ЦП-0050. – К.: Транспорт України, 1999. – 244 с.

**УДК 656.212.5**

*Шаповал Г.В., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)  
Продашук С.М., к.т.н., ст.викладач (УкрДАЗТ)  
Волкова А.Ю., інженер (УкрДАЗТ)*

### **ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ФОРМУВАННЯ ГРУПОВИХ ПОЇЗДІВ**

*Вступ.* Основним напрямком згідно Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту [1] є комплексна оптимізація роботи залізниць України, що спрямована на підвищення ефективності і

якості експлуатаційної роботи на базі нової системи управління перевезеннями. Діяльність залізничного транспорту сприяє нормальному функціонуванню всіх галузей суспільного виробництва, економічному розвитку країни.

**Постановка проблеми.** В умовах ринкової економіки та конкуренції з іншими видами транспорту одним з основних факторів забезпечення високої ефективності експлуатаційної роботи залізниць є зменшення часу знаходження вагонів на станціях. Для забезпечення цього станції повинні мати достатній резерв пропускної та переробної спроможності. З іншого боку, необхідно мінімізувати власні витрати станцій, скорочуючи надлишковий технічний потенціал. Одним з основних стратегічних завдань залізниць на сучасному етапі розвитку ринкових відносин є ефективне здійснення перевезень та оптимізація витрат на всіх операціях перевізного процесу [2].

**Аналіз попередніх досліджень.** В останні роки наукові дослідження спрямовані на удосконалення якісних показників технічних засобів та технологій їх роботи з наданням пріоритету технологіям ресурсозбереження, що обумовлено реальним становищем на підприємствах транспорту.

Значний вплив на переробну спроможність сортувальної станції мають міжопераційні простоя [3], що виникають в результаті нерівномірності надходження поїздів та їх обслуговування, серед яких особливе місце займає процес накопичення поїздів. Але враховуючи випадковий характер цього процесу для системи формування зменшення нерівномірності накопичення составів практично неможливо [4].

Процес накопичення составів поїздів характеризується значною ступінню нерівномірності та впливає на подальшу їх обробку та відправлення. Через це, а також через значний рівень завантаженості маневрових локомотивів, бригад пункту технічного обслуговування, поїзних локомотивів та прилеглих дільниць виникають великі простоя в очікуванні формування, огляду та відправлення [5].

В умовах зменшення вагонопотоку постає питання зменшення часу знаходження вагонів на станції. Одним з методів зменшення вагонно-годин простою на станції є формування групових поїздів. Таке формування є раціональним, коли витрати на формування та переробку групових поїздів менші за витрати на формування та обробку одноступінних поїздів [6].

Слід врахувати, що витрати, пов'язані з переробкою групового поїзда збільшуються на станціях призначення порівняно з одноступінними поїздами. Саме тому, для раціональності впровадження групових поїздів

при розрахунках слід обмежитися окремими дільницями або розглядати формування окремо поєднаних напрямків [7].

**Постановка завдання.** Падіння обсягів перевізної роботи на залізничному транспорті зумовило значний розрив між фактичними та потрібними ресурсами. Найбільш помітно це позначилось на роботі сортувальних станцій, які зараз використовують лише частку своїх потужностей. Наряду з цим зростають простой вагонів на сортувальних станціях, в тому числі під накопиченням. З урахуванням зазначеного виникає необхідність в обґрунтуванні доцільності формування групових поїздів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для визначення доцільності формування групових поїздів було проведено аналіз плану формування поїздів на Південній залізниці [8]. За результатами аналізу встановлено, що залізниця формує поїзди на 68 призначень, з яких 51 одnogрупних та 17 групових, що складає відповідно 75% та 25% від їх загального числа. Це свідчить про значну вагу групових поїздів в загальному плані формування та потребує більш детального вивчення та надання певних рекомендацій щодо поширення такої технології.

Для визначення доцільності формування групових поїздів запропоновано модель із цільовою функцією, що являє собою загальні витрати на накопичення та обробку потрібної групи вагонів на станціях полігону

$$F(E_{\text{нак}}, E_{\text{вз}}, E_{\text{лз}}^{\text{ман}}, E_{\text{лз}}) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

з обмеженням

$$E_{\text{груп}} < E_{\text{одн}}, \quad (2)$$

де  $E_{\text{нак}}$  – витрати на накопичення потрібної групи вагонів на станції;  
 $E_{\text{вз}}$  – витрати, що пов'язані з простоем вагонів на станції під технологічними операціями та в очікуванні їх виконання;

$E_{\text{лз}}^{\text{ман}}$  – витрати, що пов'язані з виконанням маневрової роботи;

$E_{\text{лз}}$  – витрати, що пов'язані з виконанням поїзної роботи.

$E_{\text{груп}}$  – витрати на станціях при формуванні групових поїздів на напрямку;

$E_{\text{одн}}$  – витрати на станціях при формуванні одnogрупних поїздів.

В залежності від характеру вагонопотока, а саме співвідношення числа вагонів на технічній станції, що причепляються та відчепляються, можливі різні варіанти плану формування поїздів для полігону з трьома опорними станціями (рисунок 1).

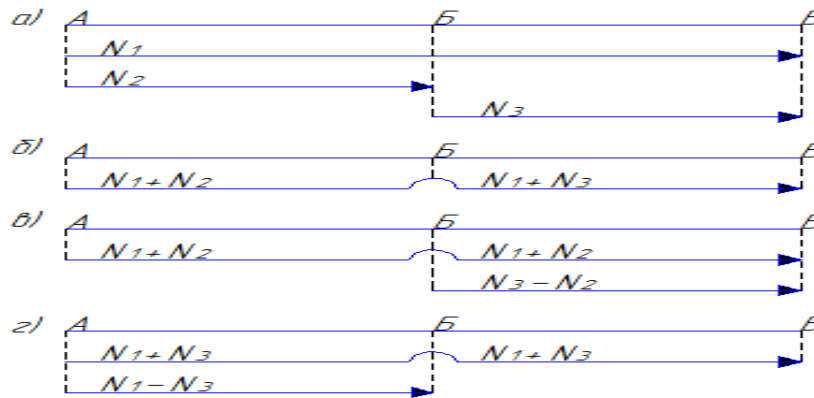


Рисунок 1 – Схема організації вагонопотоків на полігоні:

- а) наскрізні одногрупні поїзди;
- б) групові поїзди при рівності вагонопотоків на напрямку;
- в) групові поїзди при зростанні вагонопотоків на напрямку;
- г) групові поїзди при зменшенні вагонопотоків на напрямку.

На цей час при розрахунку вагонопотоків застосовується умова, за якою оптимальний план формування поїздів повинен забезпечувати мінімальні витрати приведених вагоно-годин на накопичення та переробку вагонів. Згідно методики [6] принцип розрахунку плану формування групових поїздів полягає у співставленні всіх можливих варіантів одногрупного та групового формування та виборі оптимального на підставі визначення витрат приведених вагоно-годин в кожному варіанті. При цьому не враховується вплив нерівномірності процесу накопичення, що впливає на величину параметра накопичення.

Для обґрунтування доцільності формування групових поїздів на напрямку з трьома опорними станціями прийнято методику [7], в якій запропоновано типовий параметр накопичення замінити на середній час накопичення состава кожного вагонопотоку, який встановлено емпіричним методом.

При формуванні двогрупного поїзда за умови рівності груп вагонопотоків, що причепляються та відчепляються по станції, тобто при  $N_2 = N_3$  (рисунок 1б), обмеження (2) до цільової функції (1) розширюється

$$\begin{cases} E_{зрпн} < E_{одн}; \\ N_2 = N_3. \end{cases} \quad (3)$$

При такому співвідношенні витрати на станції формування групових поїздів та на станції обміну груп визначаються [6]

$$\begin{aligned} E_A = & \sum_{i=1}^2 t_{нак} N_i e_{\epsilon_2} + [(N_1 + N_2)(T_{\phi} + t_{оч}^{озлB} + t_{озл}^B + t_{оч}^л + t_{оч}^{відп} + t_{пр}^{зр})] e_{\epsilon_2} + \\ & + \left[ \frac{N_1 + N_2}{m} T_{\phi} \right] e_{л_2}^{ман} + \left[ \frac{N_1 + N_2}{m} t_{оч}^{відп} \right] e_{л_2}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} E_B = & t_{нак} N_2 e_{\epsilon_2} + \frac{N_3}{m_{зр}} B_{оч} e_{\epsilon_2} + N_2 (T_{\phi} + t_{оч}^{озлB} + t_{озл}^B + t_{оч}^л + t_{оч}^{відп} + t_{пр}^{зр}) e_{\epsilon_2} + \\ & + N_2 (t_{оч}^{озлB} + t_{озл}^B + t_{відч}^{зр} + t_{вум} + t_{оч}^п + T_p) e_{\epsilon_2} + N_1 T_{пр}^{зр} e_{\epsilon_2} + \left[ \frac{N_1 + N_2}{m} t_{оч}^{відп} \right] e_{л_2} + \\ & + \left[ \frac{N_1 + N_2}{m} T_{\phi} + \frac{N_1 + N_2}{m} (t_{переч}^{зр} + t_{вум} + t_{оч}^п + T_p) \right] e_{л_2}^{ман}, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $t_{нак}$  – середній час на накопичення состава окремого напрямку, год;

$N_i$  – потужність напрямку, ваг.;

$T_{\phi}$  – тривалість формування состава, год;

$t_{оч}^{озлB}$ ,  $t_{озл}^B$  – відповідно середній час очікування составом обробки бригадами технічного огляду в парку відправлення та його обробки;

$t_{оч}^л$ ,  $t_{оч}^{відп}$  – відповідно середній час очікування причеплення локомотивів до составів, що відправляються, та очікування відправлення;

$e_{\epsilon_2}$ ,  $e_{л_2}^{ман}$ ,  $e_{л_2}$  – відповідно вартість однієї вагоно-години, локомотиво-години маневрового локомотива та локомотиво-години поїзного локомотива.

$T_{пр}^{зр}$  – тривалість простою транзитної групи (ядра) на станції перечеплення;

$t_{відч}^{зр}$ ,  $t_{пр}^{зр}$ ,  $t_{переч}^{зр}$  – відповідно час на відчеплення, причеплення та перечеплення груп;

$t_{вум}$  – час, що витрачається на витягування состава з сортувального парку на гірку;

$V_{оч}$  – вагоно-години очікування прибуття групового поїзда після накопичення групи, що причеплюється;

$m_{сп}$  – середня величина груп, що причеплюється.

У випадку зростання вагонопотоку на напрямку при  $N_2 < N_3$  витрати на формування групових поїздів по станції А визначаються за формулою (4). На станції обміну груп відчепляють групи, що прибули з вагонопотоку  $N_2$  та причепляють сформовані тут групи з вагонопотоку  $N_3$ . Загальні витрати на станції обміну груп складаються з витрат на обробку групового поїзда та витрат на організацію вивозу частини вагонопотоку  $N_3 - N_2$ . Відповідно до методики, з вагонопотоку, що залишився ( $N_3 - N_2$ ), формують одногрупні поїзда. При цьому обмеження (2) доповнюється

$$\begin{cases} E_{груп} < E_{одн}; \\ N_2 < N_3; \\ N_3 - N_2 \geq m. \end{cases} \quad (6)$$

Витрати на організацію одногрупного поїзда з вагонопотоку, що залишився визначаються за формулою [7]

$$\begin{aligned} E_B^{одн} = & t_{нак} N' e_{вз} + [(N_3 - N_2)(T_\phi + t_{оч}^{озлB} + t_{озл}^B + t_{оч}^l + t_{оч}^{відпр})] e_{вз} + \\ & + \left[ \frac{N_3 - N_2}{m} T_\phi \right] e_{лз}^{ман} + \left[ \frac{N_3 - N_2}{m} t_{оч}^{відпр} \right] e_{лз}, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $N'$  – вагонопотік, що залишився.

При умові зменшення вагонопотоку на напрямку  $N_2 > N_3$  (рисунки 1г) обмеження (2) буде мати вигляд

$$\begin{cases} E_{груп} < E_{одн}; \\ N_2 > N_3; \\ N_2 - N_3 \geq m. \end{cases} \quad (8)$$

Загальні витрати на початковій станції складаються з витрат на формування групового поїзда з вагонопотоку  $N_1 + N_3$  та витрат на організацію вивозу частини вагонопотоку, що залишилася ( $N_2 - N_3$ ).

Добові витрати на формування групового поїзда визначаються за формулою [7]

$$E_A = t_{\text{нак}}^{\text{сп}} N_3 e_{\text{вз}} + [(N_1 + N_3)(T_{\phi} + t_{\text{оч}}^{\text{озлB}} + t_{\text{озл}}^{\text{B}} + t_{\text{оч}}^{\text{л}} + t_{\text{оч}}^{\text{відпр}})] e_{\text{вз}} + \left[ \frac{N_1 + N_3}{m} T_{\phi} \right] e_{\text{лз}}^{\text{ман}} + \left[ \frac{N_1 + N_3}{m} t_{\text{оч}}^{\text{відпр}} \right] e_{\text{лз}}, \quad (9)$$

де  $t_{\text{нак}}^{\text{сп}}$  – середній час на накопичення групи вагонів, що причепляються.

З вагонопотоку, що залишився ( $N_2 - N_3$ ) на початковій станції формують однокрупні поїзда. Витрати на організацію однокрупного призначення визначаються за формулою (4), а витрати на станції обміну груп визначаються за формулою (5).

Для обґрунтування доцільності формування групових поїздів було проведено розрахунок для станції О при вагонопотоках  $N_1 = 60$  вагонів,  $N_2 = 354$  вагона, вагонопотік  $N_3$  є невідомим. За таких умов було розглянуто три варіанти: при умові рівності, збільшення та зменшення вагонопотоку на напрямку за наведеними вище формулами.

При рівності вагонопотоків на напрямку витрати на формування вагонопотоку в однокрупні состави складають 14138,16 грн, а у групові (дві групи) – 12231,98 грн. При цьому виконується обмеження (2). Економічний ефект від формування групового поїзда складе 1906,18 грн.

При формуванні групових поїздів при збільшенні вагонопотоків на напрямку витрати на формування вагонопотоку в однокрупні состави складають  $9144,63 + 14,11N_3$  грн, а в групові –  $11648,72 + 16,26N_3$  грн в залежності від потужності вагонопотоку  $N_3$ .

Обмеження (2) можна представити в такому вигляді

$$E_{\text{груп}} - E_{\text{одн}} < 0. \quad (10)$$

Тобто  $2504,09 + 2,15N_3 < 0$ . Оскільки вагонопотік не може бути від'ємною величиною умова (10) не може бути виконана. Таким чином організація групового поїзда на напрямку в такому випадку не є

раціональною. В такому випадку було запропоновано виділити з вагонопотоку  $N_1$  один транзитний состав ( $N'_1$ ), залишок ( $N_1 - N'_1$ ) поєднати в один груповий поїзд з вагонами напрямку  $N_2$  до повного составу ( $N'_2$ ). На станції Б проходить заміна групи вагонів  $N'_2$  на групу вагонів  $N'_3$ , що дорівнює групі  $N'_2$ . З вагонопотоку, що залишився ( $N_2 - N'_2$ ) та ( $N_3 - N'_3$ ) формуються одногрупні состави (рисунок 2).

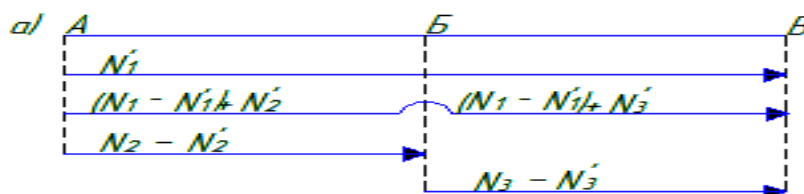


Рисунок 2 – Схема організації вагонопотоків на полігоні при умові зростання потужності вагонопотоків

Витрати на організацію вагонопотоків (рисунок 2) визначаються як

$$E_A = (E_{одн}(N'_1), E_{груп}[(N_1 - N'_1) + N'_2], E_{одн}(N_2 - N'_2)), \quad (11)$$

$$E_B = (E_{тр}, E_{груп}[(N_1 - N'_1) + N'_3], E_{одн}(N_3 - N'_3)), \quad (12)$$

$$E_{груп} = E_A + E_B. \quad (13)$$

та дорівнюють  $7684,94 + 16,26N_3$  в залежності від потужності вагонопотоку  $N_3$ .

Таким чином, обмеження (10) буде мати вигляд  $2,155N_3 - 1459,691 < 0$ . Вирішуючи цю нерівність та виконуючи умову (6) маємо, що така організація вагонопотоків на полігоні раціональна при  $N_3 \in [404; 677]$  вагонів. Ефективність такого способу формування буде дорівнювати  $\Delta E \in [589,071; 0,756]$  грн.

При умові зменшення потужності вагонопотоку на полігоні витрати на формування вагонопотоку в одногрупні поїзди складають  $9144,63 + 14,11N_3$  грн, а в групові –  $13984,26 - 5,88N_3$  грн, в залежності від потужності вагонопотоку  $N_3$ .



Згідно (10) маємо  $4869,63 - 19,99N_3 < 0$ . Вирішуючи цю нерівність та виконуючи умову (8) маємо, що така організація вагонопотоків на полігоні раціональна при  $N_3 \in [244; 304]$  вагонів. Ефективність такої організації дорівнює  $\Delta E \in [7,19; 1206,42]$  грн.

**Висновки.** Впровадження групових поїздів призводить до зменшення часу знаходження вагонів на станції та зміни витрат. Для кожного випадку співвідношення вагонопотоків на розглянутому полігоні було визначено межі економічної доцільності формування групових поїздів та рекомендації, щодо величини вагонопотоку  $N_3$ .

### *Список літератури*

1. Концепція Державної Програми реформування залізничного транспорту України / Схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006р. – Київ.: Магістраль, №1 (1179) 10 – 16 січня 2007р. – С.6.

2. Бочаров О.П., Габа В.В., Зубко А.П., Пасічник В.І., Стасюк О.І. Шляхи вдосконалення експлуатаційної діяльності залізниць України // Залізничний транспорт України. – 1999. – №8. – С.30-32.

3. Москалев П.И. Непрерывность процессов переработки вагонов на станции. – М.: Транспорт, 1976. – 160с.

4. Волков В.С. Накопление составов переменной длины // Железнодорожный транспорт. – 1982. – №2. – С.27-30.

5. Шабалин Н.Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях. – М.: Транспорт, 1973.

6. Бернгард К.А. Групповые поезда (Вопросы организации вагонопотоков). Труды ВНИИЖТа. Вып.76. – М, 1953. – 168с.

7. Колесникова Е.С. Выбор рациональной технологии организации двухгруппных поездов на направлении с тремя опорными станциями поездов // Соискатель. – 2005. - №1. – С.56-77.

8. План формування поїздів. – 2007 р.