

УДК 656.212.5:681.3

І. Я. СКОВРОН^{1*}, Є. Б. ДЕМЧЕНКО^{2*}, А. С. ДОРОШ^{3*}, В. В. МАЛАШКІН^{4*}

^{1*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (095) 230 50 34, ел. пошта: norvoks@gmail.com, ORCID 0000-0003-0697-2698

^{2*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 799 16 75, ел. пошта: e.b.dmch@gmail.com, ORCID 0000-0003-1411-6744

^{3*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (066) 927 84 62, ел. пошта: dorosh.andrii@gmail.com, ORCID 0000-0002-5393-0004

^{4*} Каф. «Транспортні вузли», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 793-19-13, ел. пошта: malaxa79@gmail.com, ORCID 0000-0002-5650-1571

МЕТОДИ ДВОСТОРОННЬОГО ФОРМУВАННЯ БАГАТОГРУПНИХ СОСТАВІВ

Метою роботи є прискорення формування багатогрупних составів як на гіркових так і на безгіркових двосторонніх сортувальних пристроях за рахунок адаптації відомих методів формування багатогрупних составів для використання на двосторонньому сортувальному пристрої. Для адаптації були обрані найбільш відомі та найбільш ефективні методи формування багатогрупних составів, серед яких методи комбінаторний, розподільчий, рівномірного наростання, а також основний та подвійний ступеневий методи. **Методика.** Для дослідження процесу формування багатогрупних составів застосовуються методи комбінаторики, математичної статистики та функціонального моделювання. Формалізація класичних односторонніх методів формування була взята із існуючих наукових публікацій. Адаптація вказаних методів передбачається для можливості ефективної роботи з формування багатогрупних составів на двосторонніх сортувальних пристроях. **Результати.** В роботі були виконано формалізацію методів формування багатогрупних составів. На базі отриманих залежностей побудовано функціональну модель даного процесу, яка адекватно імітує всі стадії роботи з вказаними составами. В результаті виконаних досліджень за допомогою функціональної моделі було отримано результати ефективності використання запропонованої методики при формуванні багатогрупних составів на різних сортувальних пристроях для составів, що формуються з різними характеристиками. **Практична значимість.** Розроблена методика формування багатогрупних составів дозволяє пришвидшити даний процес та скоротити тривалість перебування місцевого вагону на сортувальних станціях. Для цього розроблена методика повинна бути включеною у якість додаткового програмного блоку у системі підтримки прийняття рішень диспетчерським персоналом станції. При наявності доступу до інформації про вагони багатогрупного составу та спеціалізацію колій для багатогрупного підбирання вагонів система підтримки зможе зімітувати процес формування багатогрупних составів різними методами, та запропонувати як план маневрової роботи такий порядок формування деяким методом, який забезпечить мінімальну тривалість формування даного составу.

Ключові слова: місцеві вагони, методи формування багатогрупних составів, двосторонній сортувальний пристрій, гірка малої потужності, функціональне моделювання.

Вступ

В сучасних умовах інтенсивного розвитку ринку логістичних послуг для залізничного транспорту важливим є утримання конкурентних позицій із автомобільним транспортом. Відомо, що на залізничний транспорт серед перевезень масових вантажів, особливо на дальні відстані, припадає лівова частка, а деякі перевезення для промислових підприємств відбуваються лише залізничним транспортом, то на інших напрямках виникає необхідність конку-

рувати з автомобільним транспортом. В таких умовах необхідно швидко та якісно вирішувати різноманітні транспортні комбінаторні задачі, до яких відноситься і питання формування составів.

Аналіз літературних джерел та постановка задачі дослідження

Вирішення проблеми формування составів, що пропонується в наукових роботах, як правило, пропонує незначні корективи процесу

формування. Однак, для досягнення суттєвого ефекту необхідне комплексне вирішення зазначеної проблеми, яке включало би як використання різноманітних спеціалізованих сортувальних пристроїв так і застосування ефективної технології формування.

Так, в ряді робіт пропонуються різноманітні сортувальні пристрої, покликані зменшити витрати на процес розформування-формування составів.

В роботі [1] пропонується оригінальний сортувальний пристрій, що включає дві гірки різної висоти. В періоди згущеного прибуття поїздів їх состави розформовуються на високій гірці зі встановленою швидкістю, а в періоди зменшених обсягів переробки розформування виконується на меншій гірці зі зменшеною швидкістю, за рахунок чого забезпечується деяка економія енергоресурсів.

Ряд публікацій [2, 3] присвячені використанню різних варіацій спеціалізованих пристроїв типу «ялинка» для формування составів зі значною кількістю груп.

В [4] авторами запропоновано спеціалізований двосторонній сортувальний пристрій, а також окреслено основні принципи роботи цього пристрою.

Аналіз запропонованих пристроїв та технології їх роботи дозволяє зробити висновок, що використання спеціалізованих сортувальних пристроїв дозволить отримати суттєве скорочення тривалості процесу розформування-формування лише в комплексі з ефективною технологією їх використання.

Методика рішення

Згідно [4] конструкція двостороннього спеціалізованого пристрою має вигляд, що показано на рис. 1.

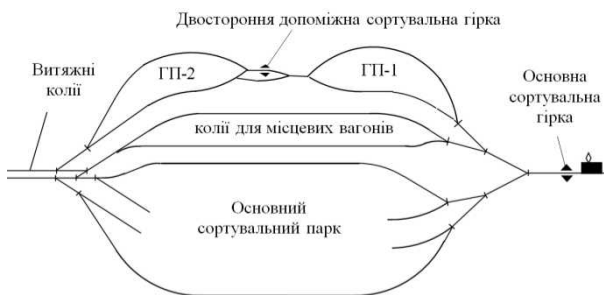


Рис. 1. Схематичне зображення конструкції двостороннього гіркового пристрою

Формування багатогрупного составу з використанням зображеного пристрою передбачає накопичення достатньої кількості місцевих вагонів на відповідних коліях основного сортувального парку, їх витягування

на основну сортувальну гірку з наступним сортуванням за розробленим маневровим планом на колії першого групувального парку (ГП-1). Далі здійснюється насув вагонів по черзі з кожної колії цього парку на допоміжну двосторонню сортувальну гірку для їх розформування на колії другого групувального парку (ГП-2). Якщо після цього формування груп вагонів составу не закінчене, виконується насув вагонів з кожної колії ГП-2 на допоміжну двосторонню сортувальну гірку у зворотному напрямку з розформуванням на колії ГП-1. Вказані операції повторюються до закінчення формування багатогрупного составу.

Для виконання формування багатогрупного составу за допомогою розробленої технології для кожного вагону початкового составу вказується номер групи до якої він належить. Кожній групі составу ставиться у відповідність певним чином отриманий код, кожна цифра якого являє собою логічний номер колії сортування вагону на етапі формування, рівному номеру розряду цієї цифри в коді. Нульовий етап формування складається із сортування вагонів з основної сортувальної гірки на колії першого групувального парку. Перший етап сортування передбачає виконання низки насувів та сортувань вагонів з колій першого групувального парку на колії другого, починаючи з колії, що має максимальний логічний номер і далі, по черзі, до колії з нульовим логічним номером. Після звільнення першого ГП-1 маневровий локомотив прямує по ходовій колії в ГП-2 де виконує аналогічні операції, щоправда, починаючи з колії з нульовим логічним номером, і далі, по черзі з колій по зростанню логічного номера.

Запропонована спеціальна (двостороння) технологія формування багатогрупних составів також може застосовуватись на сортувальному пристрої (рис. 2) без спорудження допоміжної двосторонньої гірки [4].

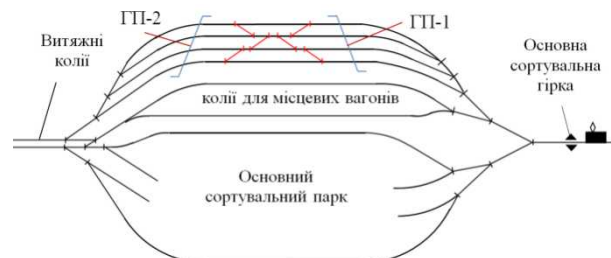


Рис. 2. Схематичне зображення конструкції двостороннього безгіркового пристрою

Для реалізації такої конструкції на визначених коліях основного сортувального парку необхідно вкласти ряд з'їздів, які

розіб'ють ці колії на два групувальні парки та дадуть змогу виконувати рух між коліями цих парків. Таке рішення дозволить знизити витрати на спорудження двостороннього сортувального пристрою, однак обсяг і тривалість маневрової роботи в даному випадку у порівнянні із запропонованою вище методикою будуть значно більшими.

Як було відмічено вище, наведені спеціалізовані сортувальні пристрої не зможуть забезпечити інтенсифікацію процесу формування багатогрупних составів без спеціальної технології формування, що базується на адаптованих для двостороннього формування найбільш дієвих методах формування багатогрупних составів [5, 6].

Одними із найбільш відомих методів формування багатогрупних составів є комбінаторний, розподільчий, метод рівномірного наростання, а також основний та подвійний ступеневий методи та деякі інші [6].

Для можливості виконання порівняльної оцінки ефективності вказаних методів за допомогою функціональної моделі необхідно виконати формалізацію вказаних методів.

Далі наведемо визначені основні аналітичні залежності для адаптованого до двостороннього формування комбінаторного методу (КМА).

а) номер групувального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на j -му етапі формування

$$P_{\text{вн}} = \begin{cases} \text{ОСП (витягування на ОСГ) при } j = 0 \\ \text{ГП-1 (насув на ДСГ) при } j \bmod 2 = 1, 0 \\ \text{ГП-2 (насув на ДСГ) при } j \bmod 2 = 0, j > 0 \end{cases};$$

б) номер групувального парку, на колії якого виконується сортування вагонів

$$P_c = \begin{cases} \text{ГП-1 при } j \bmod 2 = 0; \\ \text{ГП-2 при } j \bmod 2 = 1, 0 \end{cases};$$

в) логічний номер колії m_i витягування $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -му етапі

$$\mu_j = \mu_{\text{нак}} \text{ при } j = 0, \\ \text{відсутній при } j > 0.$$

г) логічний номер колії m_i насуву $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -му етапі (у випадку $m^* = m_1^* = m_2^*$)

$$\mu_{1j} = \mu_j + m^* - 1, \mu_j + m^* - 2, \dots, \mu_j + 1, \mu_j, \\ \text{при } \mu_j = 0, j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 1, 0,$$

$$\mu_{2j} = \mu_j, \mu_j + 1, \dots, \mu_j + m_2^* - 2, \mu_j + m_1^* - 1, \\ \text{при } \mu_j = 0, j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 0, j > 0, \\ \text{при цьому}$$

$$\mu_{2j+1} = \mu_{1j+1} = \mu_{j+1} = (\mu_j + m^* - 1) \bmod m^*.$$

д) логічний номер колії m_i сортування P_c -го парку на j -му етапі:

– для составу, який витягнуто з колії накопичення ОСП або насунутого з колії $\mu_j = 0$ $P_{\text{вн}}$ -го парку

$$\mu(g_i) \text{ якщо в } g_i \\ j_{k+j} = 0, j_{k+j-1} = \dots = j_{j+1} = j_j = 1, \\ \text{при } j \in [0, N - 1].$$

– для составу, що насувається з колії $\mu_j = 1, 0$ $P_{\text{вн}}$ -го парку

$$\mu_{2j} = \mu_{1j}, \text{ при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 1, 0, \\ \mu_{1j} = \mu_{2j}, \text{ при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 0, j > 0$$

Основні аналітичні залежності для адаптованого розподільчого методу наведемо далі (РМА). Вирази для визначення номеру групувального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на j -му етапі формування, номеру групувального парку, на колії якого виконується сортування вагонів для даного методу та логічний номер колії m_i витягування $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -му етапі повністю аналогічні відповідним виразам для двостороннього комбінаторного методу.

Інші характерні вирази наведено нижче:

а) логічний номер колії m_i насуву $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -м етапі

$$\mu_{1j} = m - 1, m - 2, \dots, 0 \\ \text{при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 1, 0,$$

$$\mu_{2j} = 0, 1, \dots, m - 2, m - 1 \\ \text{при } j \in [0, N - 1], j \bmod 2 = 0, j > 0.$$

д) логічний номер колії m_i сортування P_c -го парку на j -му етапі

$$\mu(g_i) = k, \text{ якщо в } g_i \\ j_{k+j} = 0, j_{k+j-1} = \dots = j_{j+1} = j_j = 1,$$

де $j \in [0, N - 1]$.

Істотним достоїнством двостороннього розподільного методу в порівнянні з класичним є відсутність необхідності збирання вагонів з усіх шляхів (крім нульового етапу), що дозволяє значно скоротити число вагонів, які переміщуються, в процесі маневрових пересувань.

Основні аналітичні залежності для адаптованого методу рівномірного наростання

(МРНА) наведемо далі. Як і для попередніх двох методів перші три залежності характерні і для даного методу.

Крім цього для даного методу характерне наступне:

а) кількість етапів N формування

$$N = \left\lceil \frac{\theta}{m^* - 1} \right\rceil \text{ при } m^* = m_1^* = m_2^*, m \in \mathbb{N},$$

б) логічний номер колії $\mu_j(\gamma_i)$ насуву $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -м етапі

$$\mu_j = \begin{cases} m_1^* - 1, & \text{при } j \bmod 2 \neq 0 \\ m_2^* - 1, & \text{при } j \bmod 2 = 0, j > 0 \end{cases},$$

е) логічний номер колії m_i сортування у P_c -му парку на j -му етапі:

$$\mu_j(\gamma_i) = \begin{cases} \gamma_i \bmod m^*, & \text{при } \lfloor \gamma_i / m^* \rfloor = j \\ m^* - 1, & \text{при } \lfloor \gamma_i / m^* \rfloor \neq j \end{cases}$$

при $j \in [0, N - 1], j > 0$,

$$\text{де } \gamma_i = \begin{cases} \theta, \theta - 1, \dots, & \text{для } P_c = \text{ГрП1} \\ 0, 1, 2, \dots, & \text{для } P_c = \text{ГрП2} \end{cases}$$

Для адаптованого основного ступеневого методу (ОСМА) маємо наступні характерні залежності:

а) номер груповального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на j -му етапі формування

$$P_{\text{вн}} = \begin{cases} \text{ОСП (витягування на ОСГ) при } j = 0; \\ \text{ГП-1 (насув на ДСГ) при } j = 1 \end{cases};$$

б) номер груповального парку, на колії якого виконується сортування вагонів

$$P_c = \begin{cases} \text{ГП-1 при } j = 0; \\ \text{ГП-2 при } j = 1 \end{cases};$$

в) максимальна кількість груп G_m , що може бути підібрана на m_1^* / m_2^* коліях

$$G_m = 0,5m^*(m^* + 1),$$

при $m^* = \min\{m_1^*; m_2^*\}$, где $m_1^*, m_2^* \in \mathbb{N}$,

г) логічний номер колії m_i насуву $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -му етапі

$$\mu_{1j} = m - 1, m - 2, \dots, 0 \text{ при } j = 1,$$

е) логічний номер колії m_i сортування P_c -го парку на j -му етапі:

$$m_i = g_i - 0,5(2m - h_i - 1)$$

де $h_i = m^* - 0,5(1 + \theta)$ при $j = 0$,

$$m_i = h_i + 1 \text{ при } j = 1.$$

Для подвійного ступеневого методу (ПСМА) характерні вирази наведені далі.

а) номер груповального парку, з колій якого відбувається витягування або насув вагонів на j -му етапі формування

$$P_{\text{вн}} = \begin{cases} \text{ОСП (витягування на ОСГ) при } j = 0; \\ \text{ГП-1 (насув на ДСГ) при } j = 1 \end{cases};$$

б) номер груповального парку, на колії якого виконується сортування вагонів

$$P_c = \begin{cases} \text{ГрП1 при } j \bmod 2 = 0; \\ \text{ГрП2 при } j \bmod 2 \neq 0 \end{cases};$$

в) максимальна кількість груп G_m , що може бути підібрана на m_1^* / m_2^* коліях

$$G_m = m^*(m^* + 1),$$

при $m^* = \min\{m_1^*; m_2^*\}$, где $m_1^*, m_2^* \in \mathbb{N}$,

г) логічний номер колії m_i насуву $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -му етапі

$$\mu_{1j} = 1, 0 \text{ при } j = 1,$$

$$\mu_{2j} = m - 1, m - 2, \dots, 0 \text{ при } j = 2.$$

д) логічний номер колії m_i сортування P_c -го парку на j -му етапі:

$$\mu(\gamma_i) = \begin{cases} 0, & \text{при } \gamma_i \bmod 2 = 0 \\ 1, & \text{при } \gamma_i \bmod 2 \neq 0 \end{cases}, \text{ при } j = 0,$$

$$\mu(\gamma_i) = \begin{cases} 0,5(\gamma_i - \eta_i^I(2m - \eta_i^I - 1) + 2), & \text{при } \gamma_i \bmod 2 = 1 \\ 0,5(\gamma_i - \eta_i^{II}(2m - \eta_i^{II} - 1) + 1), & \text{при } \gamma_i \bmod 2 = 0 \end{cases},$$

при $j = 1$,

$$\mu(\gamma_i) = \eta_i^{II} + 1, \text{ при } j = 2,$$

де

$$\eta_i^I = \left\lceil 0,5(2m - \sqrt{(2m+1)^2 - 4(\theta+2)} - 1) \right\rceil,$$

$$\eta_i^{II} = \left\lceil 0,5(2m - \sqrt{(2m+1)^2 - 4(\theta+1)} - 1) \right\rceil.$$

Логічний номер колії m_i збирання $P_{\text{вн}}$ -го парку на j -му етапі для методів ОСМА та ДСМА визначається аналогічно як і для КМА.

Даний метод за три етапи дозволяє сформувати багатогрупний состав з максимальною кількістю груп, практично вдвічі перевищує аналогічний у ОСМА. У той же час, потрібний колійний розвиток залежить від параметрів составу, що дозволяє говорити про недостатню універсальність двох останніх методів.

Численні експерименти з розробленою на основі наведених вище виразів функціональною моделлю дозволив встановити, що найбільш ефективним методом формування на двосторонньому сортувальному пристрої є адаптований розподільчий метод. Ілюстрація формування деякого багатогрупного составу двостороннім розподільчим методом наведено на рис. 3.

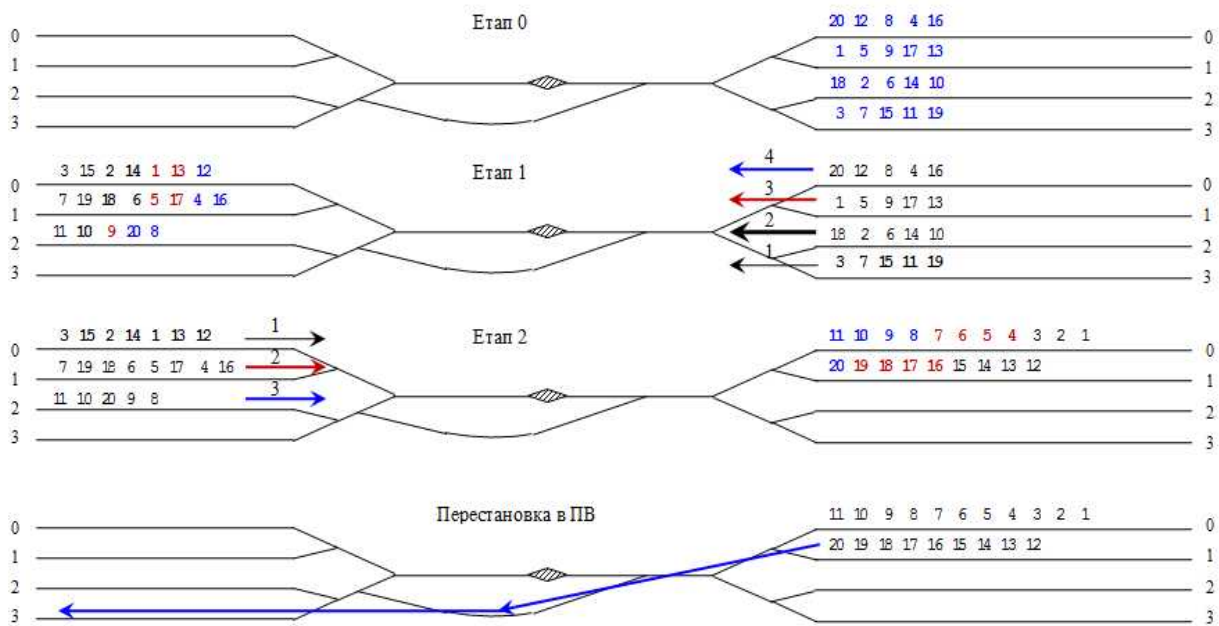


Рис. 3. Ілюстрація формування багатогрупного складу двостороннім розподільчим методом

Для перевірки ефективності запропонованих сортувальних пристроїв виконаємо з їх допомогою моделювання формування потоку із 100 складів з кількістю вагонів рівною від 20 до 35 вагонів (див. табл. 1).

В розглянутих потоках складів кількість логічних груп прийнята випадковою, що розподілена за нормальним законом. Формування багатогрупного складу

виконується за кращим методом серед класичних (варіант №1 – 3) та спеціальним чином адаптованих методів (варіант №4, 5) формування багатогрупних складів. Для виконання досліджень була використана розроблена функціональна модель формування багатогрупних складів, побудована на базі наведеної вище формалізації методів.

Таблиця 1

Результати моделювання формування потоку складів

Сортувальний пристрій	$T_{\phi}, хв$			
	20	25	30	35
Основна сортувальна гірка (ОСГ)	16,86	22,04	29,35	39,43
Витяжна колія у хвості парку С-1 (ВК ОСП)	23,08	31,91	42,12	52,6
Односторонній допоміжний гірочний пристрій (ОС ДГП)	16,54	21	28,75	38,01
Двосторонній допоміжний гірочний пристрій (ДС ДГП)	15,74	20,61	27,24	35,67
Двосторонній безгірочний пристрій (ДС ДБГП)	19,7	27,13	36,3	44,48

За даними, що наведені у таблиці 1 побудуємо графіки залежностей тривалості формування багатогрупних складів від типу сортувального пристрою та кількості вагонів у складі. Вказані залежності наведені на рис. 4.

Проведені розрахунки показали, що запропонований двосторонній сортувальний пристрій дозволяє сформувати багатогрупний склад на 5,7 % – 10,1 % швидше, ніж при формуванні з основної гірки, а у порівнянні з формуванням у хвості основного сортувального парку ефект становить 31,4 % – 38,2 %. В той

же час, використання двостороннього безгірочного сортувального пристрою дозволяє формувати багатогрупні склади на 13 % – 15 % швидше ніж у хвості сортувального парку, а спорудження такого пристрою не вимагає суттєвих витрат.

Для обґрунтування доцільності спорудження вказаного пристрою в кожному конкретному випадку необхідно виконати економічні розрахунки, які повинні врахувати як тривалість формування багатогрупного складу за допомогою запропонованого пристрою так і

їх кількість, а також вартість спорудження двосторонньої гірки малої потужності. Однак виконання таких розрахунків в даній статті не було заплановано.

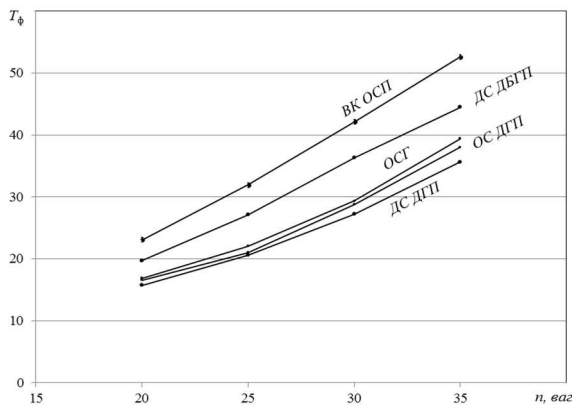


Рис. 4. Графіки залежностей тривалості формування від кількості вагонів для різних варіантів сортувальних пристроїв

Враховуючи сказане вище, для виконання робіт з формування відносно невеликої кількості багатогрупних составів рекомендується використовувати двосторонній безгірочний сортувальний пристрій, при цьому на 13 % – 15 % скорочується тривалість даної роботи у порівнянні з тривалістю виконання її на витяжній колії у хвості сортувального парку, та забезпечується звільнення від цієї роботи основної сортувальної гірки.

Наукова новизна та практична значимість

Зважаючи на те, що авторами було вперше розроблено методику адаптації відомих методів формування багатогрупних составів для їх двостороннього формування то є усі підстави стверджувати, що наукова новизна запропонованої методики безсумніву існує.

Практична значимість запропонованої методики є безсумнівною, оскільки встановлено, що використання допоміжного двостороннього сортувального пристрою та спеціальної технології формування багатогрупних составів сприяють ліквідації операцій витягування та збірки вагонів з колій групвальних парків, що дозволяє зменшити обсяг, а відтак і тривалість маневрової роботи, а необхідність насуву незначних груп вагонів з відносно малою сумарною масою на допоміжну гірку сприяє зниженню енергетичних затрат маневрового локомотиву.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бобровський, В. І. Дослідження ефективності конструкції сортувальної гірки з горбами різної висоти [Текст] / В. І. Бобровський, Є. Б. Демченко // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - Дніпропетровськ, 2014. - Вип. 8. - С. 20-26.
2. Аксёнов В.И., Норматов М. Н. Эффективность секционирования путей сортировочных парков станций для переработки местного вагонопотока // Совершенствование методов организации движения поездов, грузовой работы и проектирования станций. Ташкент, 1974. с. 44-51.
3. Ray С. Полугорка с противоуклоном для повторной сортировки – новое эффективное средство формирования многогруппных поездов. Ж. д. мира. 1976. № 12. с. 64-68.
4. Бобровский, В. И. Двустороннее сортировочное устройство для интенсификации процесса формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Сковрон // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения — Ростов-на-Дону: РГУПС, 2013. — Вып. 2(23) — С. 7—12.
5. Jacob, R. Multistage methods for freight train / Rico Jacob, Peter Martoon, Jens Maue, Marc Nunkesser // 7th Workshop on algorithmic approaches for transportation modeling, optimization and systems. 2007. – P. 158–174.
6. Бобровский В. И., Сковрон И. Я. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 19 – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2007. – с. 88-93.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Бобровським В. І. (Україна)

Надійшла до редколегії 21.10.2019.

Прийнята до друку 29.10.2019.

МЕТОДЫ ДВУСТОРОННЕГО ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ

Целью работы является ускорение формирования многогранных составов, как на горочных, так и на безгорочных двусторонних сортировочных устройствах за счет адаптации известных методов формирования многогранных составов для использования на двустороннем сортировочном устройстве. Для адаптации были выбраны наиболее известные и наиболее эффективные методы формирования многогранных составов, среди которых методы комбинаторный, распределительный, равномерного нарастания, а также основной и двойной ступенчатый методы. **Методика.** Для исследования процесса формирования многогранных составов применяются методы комбинаторики, математической статистики и функционального моделирования. Формализация классических односторонних методов формирования взята из существующих научных публикаций. Адаптация указанных методов предусматривается для возможности эффективной работы по формированию многогранных составов на двусторонних сортировочных устройствах. **Результаты.** В работе была выполнена формализация методов формирования многогранных составов. На базе полученных зависимостей построена функциональную модель данного процесса, адекватно имитирующую все стадии работы с указанными составами. В результате выполненных исследований с помощью функциональной модели была выполнена оценка эффективности использования предложенной методики при формировании многогранных составов на различных сортировочных устройствах для формирующихся составов с различными характеристиками. **Практическая значимость.** Разработана методика формирования многогранных составов позволяет ускорить данный процесс и сократить продолжительность простоя местного вагона на сортировочных станциях. Для этого разработанная методика должна быть включена в качестве дополнительного программного блока в системе поддержки принятия решений диспетчерским персоналом станции. При наличии доступа к информации о вагонах многогранных составов и специализации путей для многогранных подбора вагонов система поддержки сможет имитировать процесс формирования многогранных составов различными методами, и предложить в качестве плана маневровой работы порядок формирования некоторым методом, обеспечивающий минимальную продолжительность формирования данного состава.

Ключевые слова: местные вагоны; методы формирования многогранных составов; двустороннее сортировочное устройство; горка малой мощности; функциональное моделирование

I. SKOVRON, Y. DEMCHENKO, A. DOROSH, V. MALASHKIN

METHODS OF DOUBLE DIRECTION FORMATION OF MULTI-GROUP TRAINS

The purpose of the work is to accelerate the formation of multi-group trains, both on humps and on non-humps double-sided sorting devices by adapting the known methods of multi-group trains forming for use on a double-sided sorting devices. Well known and most effective methods of the multi-group trains formation such as combinatorial, distribution, uniform growth methods, as well as the basic and double step methods were selected for the adaptation. **Methodology.** To study the process of multi-group trains forming, methods of combinatorics, mathematical statistics and functional modeling was used. The formalization of classical single-sides methods of train forming was based on existing research. Adaptation of these methods was performed to provide the effective multi-group trains forming on double-sided sorting devices. **Results.** The methods of multi-group trains forming were formalized in the article. Based on the obtained dependencies, a functional model of this process was built. The model adequately imitates all stages of the multi-group trains forming process. Using the functional model the effectiveness of proposed forming methodology of the multi-group trains with different characteristics on various sorting devices was evaluated. **Practical significance.** The developed methodology of the multi-group trains forming allows to speed up the sorting process and reduces the dwell time of local cars at marshalling yards. For this purpose the methodology should be included as an additional program unit into the decision support system for the stations dispatch staff. Based on the information about the cars of multi-group trains and specialization of the classification tracks the support system can imitate the formation process according to various methods and as a solution gives the shunting plan built on method which provides minimal duration of train forming.

Keywords: local cars; methods of multi-group trains forming; double-sided sorting device; low power hump; functional modeling