

УДК 656.212

Л. О. ЄЛЬНІКОВА<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта elida@i.ua, ORCID 0000-0002-7657-2879

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ПАРКУ ВАНТАЖНИХ ЛОКОМОТИВІВ

**Мета.** Удосконалити методику оперативного керування роботою парку вантажних локомотивів, що дасть можливість зменшити непродуктивні простой рухомого складу на технічних станціях та забезпечить своєчасне відправлення поїздів, а також ритмічність доставки вантажів. **Методика.** Вирішення поставленої задачі виконується з використанням методу декомпозиції та математичного апарату багатокритеріальної задачі про призначення. На першому етапі розроблення плану роботи локомотивного парку вирішується задача оптимального призначення локомотивних бригад на поїзні локомотиви як «задача про призначення», мінімізуючи витрати, пов'язані з непродуктивним простоем бригад і локомотивів. На етапі призначення локомотивів з бригадами до складів враховується не тільки тривалість та вартість простою рухомого складу і бригад, але і пріоритет состава та обмеження щодо відповідності напрямку відправлення складів та плечей обороту бригад тощо. У зв'язку з цим, на другому етапі розв'язку задачі розроблення плану роботи локомотивного парку застосовується математичний апарат багатокритеріальної задачі про призначення. **Результати.** Окрім обмежень щодо періодичності виконання технічного обслуговування локомотивів і дотриманням норм праці та відпочинку локомотивних бригад, враховуються відповідність плечей обслуговування бригад напрямкам відправлення складів, а також відповідність сили тяги локомотива масі состава. При цьому, зменшується тривалість та вартість непродуктивних простоїв рухомого складу та бригад, а також враховується пріоритетність відправлення складів вантажних поїздів з технічних станцій. **Наукова новизна.** Удосконалено методику оперативного керування роботою локомотивного парку за рахунок використання багатокритеріальної задачі про призначення, а також вперше враховані такі критерії, як пріоритет складів, відповідність плечей обслуговування бригад напрямкам відправлення складів, а також відповідність сили тяги локомотива масі состава. **Практична значимість.** Використання розробленого методу дозволяє скоротити тривалість непродуктивних простоїв рухомого складу та локомотивних бригад на 5-10 %, експлуатаційні витрати, пов'язані з простоем складів, локомотивів та бригад – на 10-15 %.

*Ключові слова:* план роботи локомотивного парку, простий рухомого складу, метод декомпозиції, багатокритеріальна задача про призначення.

### Вступ

Для ефективного управління перевізним процесом, для своєчасної доставки вантажів та ритмічності перевезень, окрім розробки власне графіку руху поїздів, необхідно також розробити план роботи локомотивів, який забезпечує своєчасне відправлення поїздів зі станцій формування вантажопотоків, а також включає план прикріплення локомотивів до поїздів в пунктах обороту. Слід зазначити, що не дивлячись на те, що проблема розробки ефективного плану роботи локомотивного парку не є новою та над нею працювали видатні вчені-залізничники 20-го століття, вирішення цієї задачі є актуальним і по теперішній час.

В умовах демонополізації ринку вантажних перевезень висуваються нові, більш жорсткі умови щодо ефективності використання рухомого складу та раціональної організації перевізного процесу на залізничному транспорті. То-

му проблема ефективного використання наявного парку вантажних локомотивів є актуальною. Покращити показники використання рухомого складу можна за рахунок удосконалення оперативного керування роботою парку вантажних локомотивів, що дасть можливість зменшити непродуктивні простой рухомого складу на технічних станціях та забезпечить своєчасне відправлення поїздів, а також ритмічність доставки вантажів українськими залізницями.

### Аналіз літературних джерел та постановка задачі дослідження

Одним з основних етапів розробки оперативного плану роботи локомотивного парку є визначення найбільш раціональної схеми прикріплення локомотивів, бригад та складів вантажних поїздів один до одного, а також поїздів до ниток графіку. Зазначимо, що цій проблемі

присвячено досить багато робіт; наприклад, автори праць [1, 2] задачу розробки іменних розкладів роботи локомотивних бригад розв'язують за допомогою методів цілочисельного програмування, а саме як «задачу комів'язера», при цьому запропоновані методики використовуються при русі вантажних поїздів за «жорсткими» нитками графіку.

В роботі [3] наведена методика добового та поточного планування роботи локомотивних бригад, яка на основі відомостей про розміри руху, спосіб обслуговування ділянок бригадами, поточний поїзний стан, наявність бригад в пункту обороту на початок періоду планування, заплановані «вікна» дозволяє розрахувати змінно-добовий план регулювання локомотивними бригадами, що включає дані про явки бригад (по пунктам їх проживання) на добу з розбиттям по змінах, а також дані про повернення бригад пасажирями та підсилку в пункти обороту. Проте, в цій роботі не визначено порядок розрахунку моментів прибуття поїздів на станції основного та оборотного депо.

Для удосконалення процесу оперативного планування роботи локомотивного парку у статті [4] використовуються багатокритеріальні нечіткі моделі задачі про оптимальне призначення, де в якості критеріїв використовуються економічна оцінка та оцінка ефективності призначення локомотива на поїзда; при цьому, не враховується такий показник як пріоритет відправлення поїзда з технічної станції.

В роботі [5] запропонована модель оптимального графіка обороту локомотивів, основу якої складає динамічна транспортна задача. Представлена модель дозволяє розробити графіки роботи кожного локомотива, розрахувати показники їх роботи та оптимальну кількість локомотивів. Проте, графік обороту локомотивів розробляється тільки з урахуванням обслуговування составів, та не враховуються графік та особливості роботи локомотивних бригад.

В представленій роботі постановка задачі визначення оптимального призначення бригад на локомотиви та состави вантажних поїздів зводиться до наступного: нехай є множини бригад  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ , локомотивів  $L = \{L_1, L_2, \dots, L_m\}$ ,  $j = 1, \dots, m$  та составів  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_v\}$ ,  $u = 1, \dots, v$ , де  $n, m, v$  – кількість бригад, локомотивів і составів за період планування. Існують певні обмеження технічного та технологічного характеру  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$ , де  $k$  – кількість обмежень. В залежності від того, як поєднуються окремі елементи цих мно-

жин  $\{B_i, L_j, S_u\}$ , можна отримати певний ефект  $e_{iju}$ . Якщо  $i$ -та бригада  $B_i$  обслуговує  $j$ -й локомотив  $L_j$  та відправляється з  $u$ -м составом  $S_u$ , то відповідна змінна  $x_{iju}$  ( $i = 1, \dots, n$ ,  $j = 1, \dots, m$ ,  $u = 1, \dots, v$ ) приймає значення  $x_{iju} = 1$ , інакше  $x_{iju} = 0$ . Необхідно з урахуванням обмежень  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$  знайти такі поєднання  $\{B_i, L_j, S_u\}$  (призначити бригади на локомотиви та до составів), при яких загальний ефект буде максимальним, тобто

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{u=1}^v e_{iju} \cdot x_{iju} \rightarrow \max. \quad (1)$$

Враховуючи тривимірність поставленої задачі взаємного ув'язування локомотивів, бригад та составів у поїзди з подальшим плануванням їх відправлення на 4-8 год, в роботі пропонується застосовувати метод декомпозиції; при цьому, ця задача розв'язується послідовно в два етапи [6].

#### Визначення оптимального призначення бригад на локомотиви

На першому етапі розробки плану роботи локомотивного парку вирішується задача оптимального призначення локомотивних бригад на поїзні локомотиви. Ця задача може бути вирішена як «задача про призначення» та формулюється наступним чином: існують множини бригад  $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ ,  $i = 1, \dots, n$  та локомотивів  $L = \{L_1, L_2, \dots, L_m\}$ ,  $j = 1, \dots, m$ , де  $n, m$  – кількість бригад і локомотивів за період планування. Отримати розв'язок даної задачі можна одним з відомих методів, наприклад, Угорським [7].

Метою задачі I-го етапу є мінімізація витрат, пов'язаних з непродуктивним простоем бригад і локомотивів, тому цільова функція має наступний вид:

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

з обмеженнями

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, i = 1, \dots, n, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, j = 1, \dots, m, \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, \quad (5)$$

$$n \leq n^*, \quad (6)$$

$$m \leq m^*, \quad (7)$$

де  $c_{ij}$  – витрати, пов'язані з непродуктивним простоем бригад і локомотивів;

$x_{ij}$  – змінна, що характеризує призначення бригади  $i$  на локомотив  $j$ :  $x_{ij} = 1$ , якщо  $i$ -та бригада призначена на  $j$ -ий локомотив, у зворотному випадку  $x_{ij} = 0$ ;

$n^*$ ,  $m^*$  – штат локомотивних бригад та експлуатований парк локомотивів на зміну відповідно.

Обмеження (3) вимагає, щоб кожна бригада була призначена тільки на один локомотив, обмеження (4) – на кожний локомотив була призначена тільки одна бригада.

Якщо  $n \neq m$ , необхідно ввести до задачі «фіктивні» бригади (якщо  $n < m$ ) або локомотиви (якщо  $m < n$ ), щоб матриця витрат була квадратною; для фіктивних бригад або локомотивів  $c_{ij} = \infty$ .

При розробці плану роботи локомотивного парку слід дотримуватись певних обмежень щодо роботи як локомотивів, так і бригад, оскільки  $j$ -й локомотив може бути задіяний у поїзній роботі, якщо виконується умова

$$t_{\text{період.}} > t_{\text{факт. роб. } j} + t_{\text{прост. } j} + t_{\text{поїздки } j}, \quad (8)$$

де  $t_{\text{період.}}$  – періодичність виконання ТО-2 чи інших видів технічного обслуговування або ремонту;

$t_{\text{факт. роб. } j}$  – фактична тривалість роботи локомотива (від моменту виконання останнього технічного обслуговування або ремонту);

$t_{\text{прост. } j}$  – тривалість простою  $j$ -го локомотива в очікуванні бригади (составу);

$t_{\text{поїздки } j}$  – прогнозна тривалість поїздки, що планується. Якщо технічне обслуговування локомотива може бути виконане тільки в основному депо, то  $t_{\text{поїздки } j}$  розраховується в обидва кінця з урахуванням обороту локомотива; якщо технічне обслуговування локомотива може бути виконане в оборотному депо, то  $t_{\text{поїздки } j}$  розраховується в одну сторону.

По кожному пункту явки локомотивних бригад встановлюється межа допустимого часу знаходження бригади на роботі з моменту явки, по закінченні якого забороняється відправлення її в поїздку  $t_{\text{макс}}^{\text{бриг}}$ :

$$t_i^b \leq t_{\text{макс}}^{\text{бриг}}, \quad (9)$$

де  $t_i^b$  – тривалість простою  $i$ -ї бригади від моменту явки до закінчення виконання ТО-1 з локомотивом.

Бригада  $i$  очікує локомотив  $j$ , якщо вона го-

това до проведення ТО-1 раніше, ніж локомотив, тобто  $M_{\text{гот } i}^{\text{бриг}} \leq M_{\text{гот } j}^{\text{лок}}$ ; локомотив очікує бригаду, якщо  $M_{\text{гот } i}^{\text{бриг}} \geq M_{\text{гот } j}^{\text{лок}}$ . Отже, для того, щоб розрахувати витрати, пов'язані з простоем локомотивів та бригад, необхідно визначити величини  $c_{ij}$  таким чином:

$$c_{ij} = \begin{cases} (M_{\text{гот } j}^{\text{лок}} - M_{\text{гот } i}^{\text{бриг}}) \cdot r_b + (t_{\text{ТО-1}} + p) \cdot (r_b + r_l), & \text{якщо } M_{\text{гот } i}^{\text{бриг}} \leq M_{\text{гот } j}^{\text{лок}} \\ (M_{\text{гот } i}^{\text{бриг}} - M_{\text{гот } j}^{\text{лок}}) \cdot r_l + (t_{\text{ТО-1}} + p) \cdot (r_b + r_l), & \text{якщо } M_{\text{гот } i}^{\text{бриг}} \geq M_{\text{гот } j}^{\text{лок}} \end{cases} \quad (10)$$

де  $r_b$  – питомі витрати на 1 годину простою бригади, грн;

$r_l$  – питомі витрати на 1 годину простою на станції магістрального електровоза (тепловоза) без бригади у вантажному русі, грн.;

$t_{\text{ТО-1}}$  – тривалість проведення ТО-1;

$p$  – тривалості маневрових пересувань від локомотивного депо до колії приймально-відправного парку.

На даному етапі для кожної пари локомотива з бригадою необхідно перевірити виконання умов (8), (9); якщо умови не виконуються, тобто  $i$ -та бригада не може бути призначена на  $j$ -й локомотив, то така пара вважається заборонею:  $c_{ij} = \infty$ .

Після визначення  $c_{ij}$ , задача може бути розв'язана одним з відомих методів, в результаті чого отримуються пари локомотивів з бригадами  $\mathbf{L}^* = \{L_1^*, \dots, L_h^*, \dots, L_z^*\}$ ,  $h = 1, \dots, z$ . Також наприкінці першого етапу отримуємо моменти готовності локомотивів з бригадами  $M_{\text{гот } ji}^{\text{л-бр}}$ , тобто час закінчення виконання ТО-1. Слід зазначити, що кількість локомотивів з бригадами  $z$  відповідає кількості бригад, якщо їх менше, ніж локомотивів ( $n < m$ ) або навпаки ( $n > m$ ) – відповідає кількості локомотивів, тобто  $z = \min\{n, m\}$ .

### Визначення оптимального призначення локомотивів з бригадами на состави

Призначення локомотивів з бригадами на состави являє собою більш складну задачу, ніж призначення бригад на локомотиви, оскільки в цьому випадку існує більша кількість критеріїв та обмежень, які впливають на кінцевий результат – оптимальний план роботи локомотивного парку. Відомо, що існують певні види вантажів, термін доставки яких повинен бути мінімальним, тож состави з такими вантажами повинні бути відправлені з найменшою трива-

лістю непродуктивного простою на технічних станціях. В локомотивних депо існує визначена спеціалізація бригад по плечам обороту, й, відповідно, трапляються випадки, коли на момент готовності до відправлення состава певного напрямку немає готової до поїзної роботи локомотивної бригади для відправлення на цей напрямок.

Таким чином, на етапі призначення локомотивів з бригадами до составів необхідно врахувати не тільки тривалість та вартість простою рухомого складу і бригад, але й такі критерії, як пріоритет состава та обмеження щодо відповідності напрямку відправлення составів та плечей обороту бригад тощо. Слід зазначити, що для всіх пар (локомотивів з бригадами та составів) не існує загального правила або умов допустимості обслуговування локомотивів з бригадами составів, але такі умови можна сформулювати для кожної конкретної пари  $L_h^* = \{B_i L_j\}$  та  $S_u$ .

У зв'язку з цим, на другому етапі розв'язку задачі розроблення плану роботи локомотивного парку пропонується застосовувати математичний апарат багатокритеріальної задачі про призначення [8, 9], математична постановка якої в даному випадку зводиться до наступного.

Маємо  $z$  локомотивів з бригадами  $L_1^*, L_2^*, \dots, L_z^*$  та  $v$  составів вантажних поїздів  $S_1, S_2, \dots, S_v$ . Ефективність призначення локомотива з бригадою  $L_h^*$  на состав  $S_u$  позначимо через  $G_{hu}, h=1, \dots, z, u=1, \dots, v$ . Необхідно так розподілити локомотиви з бригадами по складах, щоб сумарна ефективність призначень була максимальною:

$$G = \sum_{h=1}^z \sum_{u=1}^v G_{hu} x_{hu} \rightarrow \max, \quad (11)$$

з обмеженнями

$$\sum_{h=1}^z x_{hu} = 1, u=1, \dots, v, \quad (12)$$

$$\sum_{u=1}^v x_{hu} = 1, h=1, \dots, z, \quad (13)$$

$$x_{hu} \in \{0,1\}, h=1, \dots, z, u=1, \dots, v, \quad (14)$$

де  $G_{hu}$  – параметр ефективності призначення локомотива з бригадою  $L_h^*$  на состав  $S_u$ ;

$x_{hu}$  – змінна, що характеризує призначення локомотива з бригадою  $h$  на состав  $u$ :  $x_{hu} = 1$ , якщо  $h$ -й локомотив з бригадою призначений

на  $u$ -й состав, у зворотному випадку  $x_{hu} = 0$ .

Окрім того, на цьому етапі розробки оперативного плану роботи локомотивного парку необхідно перевіряти виконання умов (8) та (9).

При призначенні локомотива з бригадою на состав необхідно перевірити відповідність сили тяги локомотива  $F_h$  масі состава  $Q_u$ :

$$F_h \geq Q_u. \quad (15)$$

Локомотивні бригади кожного депо мають перелік плечей обслуговування  $\Phi = \{\phi_1, \dots, \phi_e, \dots, \phi_p\}, e=1, \dots, p$  і, як правило, кожна бригада має досвід роботи по одному чи декількома напрямками. Перелік напрямків плечей обслуговування бригад співпадає з напрямками відправлення составів вантажних поїздів. Тож, при призначенні  $h$ -го локомотива з бригадою на  $u$ -й состав необхідно, щоб плече обслуговування бригади співпадало з напрямком відправлення состава, тобто

$$\phi_{eh} = \phi_{eu}. \quad (16)$$

Якщо умови (15), (16) не виконуються, то таке призначення вважається забороненим:  $G_{hu} = -\infty$ .

Окрім того, маємо три критерії ефективності призначення  $h$ -го локомотива з бригадою на  $u$ -й состав, кожний з яких має вагу  $w_1, w_2, w_3$ , що може бути встановлено експертно.

Параметр ефективності призначення  $h$ -го локомотива з бригадою на  $u$ -й состав визначається як

$$G_{hu} = w_1 \lambda_u + w_2 \tau_{hu} + w_3 y_{hu}, \quad (17)$$

де  $\lambda_u$  – параметр пріоритетності відправлення  $u$ -го состава;

$\tau_{hu}, y_{hu}$  – параметри відповідно тривалості та вартості простою  $h$ -го локомотива з бригадою та  $u$ -го состава до відправлення зі станції з урахуванням очікування вільної нитки графіка руху поїздів.

Оскільки критерії ефективності мають різні одиниці виміру та відрізняються по абсолютних значенням, то їх доцільно нормалізувати та перейти до відносних показників, величини яких коливаються в межах  $0 \dots 1$ .

Параметр пріоритетності відправлення  $u$ -го состава залежить від категорії пріоритету  $K = \overline{1, a}$  (де  $a$  – кількість категорій пріоритетності), що, в свою чергу, залежить від ситуації на період планування. Для составів з найвищим пріоритетом відправлення  $K = 1$ , для составів з найнижчим пріоритетом (або при відсутності

пріоритету)  $K = a$ . Таким чином, параметр пріоритетності відправлення состава  $u$  визначається за допомогою виразу

$$\lambda_u = (a - K + 1) / a. \quad (18)$$

Слід зазначити, що перерахунок параметрів пріоритетності відбувається щоразу при появі нового складу, готового до відправлення.

Параметри тривалості  $\tau_{hu}$  розраховуються на основі матриці тривалості простою локомотивів з бригадами та складів з урахуванням очікування вільної нитки графіка руху поїздів. Матриця тривалості простою, розмірністю  $z \times v$  формується для пар  $\{L_h^*, S_u\}$ , де кожна клітинка містить чотири значення: простій бригади  $t_i^b$ , локомотива  $t_j^l$ , состава  $t_u^s$  та сумарний простій рухомого складу та бригади  $t_{hu}$ .

Параметр тривалості простою локомотива з бригадою  $h$  та состава  $u$  з урахуванням очікування нитки графіка руху поїздів визначається як

$$\tau_{hu} = 1 - \frac{t_{hu}}{\max\{t\}}, \quad (19)$$

де  $\max\{t\}$  – максимальне значення тривалості простою матриці.

Матриця вартості тривалості простою рухомого складу та локомотивних бригад, розмірністю  $z \times v$  також формується для пар  $\{L_h^*, S_u\}$ , де кожна клітинка містить сумарне  $c_{hu}$  значення вартості простою складів, локомотивів та бригад при відповідному призначенні:

$$c_{hu} = t_i^b \cdot r_b + t_j^l \cdot r_l + t_u^s \cdot r_s, \quad (20)$$

де  $r_s$  – питомі витрати на 1 поїздо-годину простою на станції у вантажному русі, грн.

Параметр вартості тривалості простою локомотива з бригадою  $h$  та состава  $u$  з урахуванням очікування нитки графіка руху поїздів визначається як

$$y_{hu} = 1 - \frac{c_{hu}}{\max\{c\}}, \quad (21)$$

де  $\max\{c\}$  – максимальне значення вартості простою матриці.

Після визначення всіх параметрів (пріоритетності, тривалості та вартості) необхідно заповнити матрицю ефективності призначень (табл. 1) з урахуванням обмежень (8), (9), (15) та (16). Параметр ефективності призначення  $h$ -го локо-

мотива з бригадою на  $u$ -й склад розраховується за допомогою (17).

Таблиця 1

Матриця ефективності призначень

		Склади вантажних поїздів		
		$S_1$	...	$S_v$
Пари локомотивів з бригадами	$L_1^*$	$G_{11}$	...	$G_{1v}$
	...	...	$G_{hu}$	...
	$L_z^*$	$G_{z1}$	...	$G_{zv}$

Подальше вирішення задачі виконується одним з відомих методів розв'язку задачі про призначення. При цьому, цільова функція ефективності призначень  $\{L_h^*, S_u\}$  досягає свого максимального значення.

Таким чином, у результаті розв'язку задачі оптимального призначення локомотивних бригад на локомотиви та склади вантажних поїздів з подальшим їх відправленням з технічних станцій, отримується оперативний план роботи локомотивного парку на 4-8 год. Необхідно зазначити, що в результаті може бути отримано кілька рівнозначних планів. У кожному такому плані відсутні заборонені перевезення, враховуються пріоритети відправлення складів, забезпечується періодичність виконання технічного обслуговування і ремонтів локомотивів, а також дотримуються норми тривалості праці та відпочинку локомотивних бригад. Остаточне рішення по вибору плану роботи локомотивного парку приймає оперативний диспетчерський персонал.

Для оцінки ефективності запропонованої процедури було проведено порівняльний аналіз виконаного та розробленого планів роботи локомотивного парку для станції Нижньодніпровськ-Вузол. Так, при використанні розробленої методики розрахунку оперативних планів роботи локомотивного парку, простій рухомого складу зменшився на 7 %, при цьому, загальні експлуатаційні витрати, пов'язані з простоєм рухомого складу та локомотивних бригад зменшились на 15 % порівняно з планом роботи локомотивного парку, який був фактично реалізований.

## Висновки

Представлена методика оперативного планування роботи локомотивного парку окрім обмежень щодо періодичності виконання тех-

нічного обслуговування локомотивів і дотриманням норм праці та відпочинку локомотивних бригад, враховує відповідність плечей обслуговування бригад напрямкам відправлення составів, а також відповідність сили тяги локомотива масі состава. При цьому, зменшується тривалість та вартість непродуктивних простоїв рухомого складу та бригад, а також враховується пріоритетність відправлення составів вантажних поїздів з технічних станцій.

Використання розробленого методу дозволяє скоротити тривалість непродуктивних простоїв рухомого складу та локомотивних бригад на 5-10 %, експлуатаційні витрати, пов'язані з простоем составів, локомотивів та бригад, – на 10-15 %.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пазойский, Ю. О. Автоматизация составления графика работы локомотивных бригад в пригородном сообщении / Ю. О. Пазойский // Вестник ВНИИЖТ. – 1996. – № 4. – С. 33-39.
2. Ковалев, Н. В. Твердый график движения поездов – основа коренного улучшения организации работы локомотивных бригад / Н. В. Ковалев, В. Л. Сальченко // Вестник ВНИИЖТ. – 2008. – № 1. – С. 38-42.
3. Кирпичев, Д. А. Сменно-суточное и текущее планирование / Д. А. Кирпичев // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 11. – С. 30-32.
4. Жуковицкий, И. В. Моделирование процесса оперативного планирования работы локомотивного парка і локомотивних бригад / И. В. Жуковицкий, В.

Л. О. ЕЛЬНИКОВА

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТЫ ПАРКА ГРУЗОВЫХ ЛОКОМОТИВОВ

**Цель.** Усовершенствовать методику оперативного управления работой парка грузовых локомотивов, что даст возможность уменьшить непроизводительные простои подвижного состава на технических станциях и обеспечит своевременное отправление поездов, а также ритмичность доставки грузов. **Методика.** Решение поставленной задачи выполняется с использованием метода декомпозиции и математического аппарата многокритериальной задачи о назначениях. На первом этапе разработки плана работы локомотивного парка решается задача оптимального назначения локомотивных бригад на поездные локомотивы как «задача о назначении», минимизируя затраты, связанные с непродуктивным простоем бригад и локомотивов. На этапе назначения локомотивов с бригадами к составам необходимо учесть не только продолжительность и стоимость простоя подвижного состава и бригад, но и приоритет состава и ограничения, связанные с соответствием направления отправления составов и плеч оборота бригад и т.д. В связи с этим, на втором этапе решения задачи разработки плана работы локомотивного парка применяется математический аппарат многокритериальной задачи о назначениях. **Результаты.** Кроме ограничений по периодичности выполнения технического обслуживания локомотивов и соблюдения норм труда и отдыха локомотивных бригад, учитываются соответствие плеч обслуживания бригад направлениям отправления составов, а также соответствие силы тяги локомотива массе состава. При этом, уменьшается продолжительность и стоимость непроизводительных простоев подвижного состава и бригад, а также учитывается приоритетность отправления составов грузовых поездов с технических станций. **Научная новизна.** Усовершенствована методика оперативного управления работой локомотивного парка за счет использования многокритериальной задачи о

В. Скалзуб, О. В. Ветрова, О. Л. Зіненко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. – С. 74-78.

5. Козлов, П. А. Модель оптимального графика оборота поездных локомотивов / П. А. Козлов, С. П. Вакуленко // Вестник ВНИИЖТ. – 2015. – № 2. – С. 15-20.

6. Вернигора, Р. В. Розробка оперативного плану роботи локомотивного парку на основі багатокритеріальної задачі про призначення / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Транспортні системи та технології перевезень. – 2015. – Вип. 10. – С. 16-22. – doi : 10.15802/tstt2015/57062.

7. Таха, Хэмди А. Введение в исследование операций. 6-е издание / Хэмди А. Таха. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.

8. Никонов, О. Я. Математические методы решения многокритериальной задачи о назначениях / О. Я. Никонов, О. А. Подоляка, А. Н. Подоляка, Е. В. Скакалина // Вестник ХНАДУ. – 2011. – № 55. – С. 103-112.

9. Чибісов, Ю. В. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації для вирішення задачі розподілу вагонів по вантажним фронтам / Ю. В. Чибісов, Ю. С. Шульга // Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – Вип. 7. – С. 65-72. – doi : 10.15802/tstt2014/35994.

*Стаття рекомендована до публікації к.т.н., доц. Вернигора Р. В. (Україна)*

Надійшла до редколегії 08.11.2016.

Прийнята до друку 10.11.2016.

назначениях, а также впервые учтены такие критерии, как приоритет составов, соответствие плеч обслуживания бригад направлениям отправления составов, а также соответствие силы тяги локомотива массе состава. **Практическая значимость.** Использование разработанного метода позволяет сократить продолжительность непроизводительных простоев подвижного состава и локомотивных бригад на 5-10%, эксплуатационные расходы, связанные с простоями составов, локомотивов и бригад - на 10-15%.

*Ключевые слова:* план работы локомотивного парка, простой подвижного состава, метод декомпозиции, многокритериальная задача о назначении.

L. YELNIKOVA

## **THE IMPROVEMENT OF METHOD OF THE OPERATIONAL MANAGEMENT OF FREIGHT LOCOMOTIVES PARK WORK**

**Purpose.** To improve the method of the operational management of freight locomotives park work that will make it possible to reduce unproductive downtime of the rolling stock at the technical stations and ensure the timely departure of trains, as well as the rhythm of cargo delivery. **Methodology.** The solution of the problem is performed using the decomposition method and the mathematical apparatus of multicriterial assignment problem. At the first stage of elaboration of the locomotive park work plan solves the problem of optimal assignment of locomotive crews on train locomotives as «assignment problem», minimizing the costs of unproductive downtime of crews and locomotives. At a stage of elaboration of locomotives with crews to compositions must be taken into account not only the duration and the cost of rolling stock and crews downtime, but also the priority of the composition and limitations associated with the accordance of the composition departure directions to crews turnover shoulders, etc. In this regard, at the second stage of solving the problem of elaboration of the locomotive park work plan is used the mathematical apparatus of multicriterial assignment problem. **Findings.** In addition to restrictions about the frequency of performing the locomotives maintenance and compliance of labor and rest standards of locomotive crews, is taken into account accordance of the crews maintenance shoulders to the compositions departure directions, as well as accordance of the locomotives traction to the compositions weight. At the same time, it decreases the duration and cost of unproductive downtime of the rolling stock and crews, as well as takes into account the departure priority of the freight compositions from technical stations. **Originality.** Improved methods of operational management of the locomotive park work through the use of the multicriterial assignment problem, and for the first time takes into account such criteria as the priority of composition, accordance of the crews maintenance shoulders to the compositions departure directions, and accordance of the locomotives traction to the compositions weight. **Practical value.** The use of this method allows to reduce the duration of unproductive downtime of the rolling stock and locomotive crews by 5-10%, the operating costs associated with downtime of the compositions, locomotives and crews - by 10-15%.

*Keywords:* locomotive park work plan, downtime of rolling stock, decomposition method, multicriterial assignment problem.