

УДК 656.212

Р. В. ВЕРНИГОРА^{1*}, Л. О. ЄЛЬНІКОВА^{2*}

^{1*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта romav1@yandex.ua, ORCID 0000-0001-7618-4617

^{2*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373-15-12, ел. пошта elida@i.ua, ORCID 0000-0002-7657-2879

РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУ РОБОТИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ НА ОСНОВІ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ

Наведена методика розрахунку плану роботи локомотивного парку на основі даних, отриманих з імітаційної моделі роботи сортувальної станції та моделі локомотивного депо, що входять до складу прогновної моделі поїзної роботи залізничного напрямку.

Задача взаємного ув'язування локомотивів, бригад та составів у поїзді з подальшим плануванням їх відправлення вирішується, застосовуючи метод декомпозиції; при цьому задача розв'язується послідовно в два етапи: на I-му етапі призначаються бригади на локомотиви, на II-му – локомотиви з бригадами призначаються для обслуговування составів, враховуючи очікування вільної нитки графіка руху.

Призначення бригад на локомотиви вирішується за допомогою класичної задачі про призначення. Призначення локомотивів з бригадами на состави являє собою більш складну задачу, ніж призначення бригад на локомотиви тож, на другому етапі розробки плану роботи локомотивного парку застосовується математичний апарат багатокритеріальної задачі про призначення. При цьому, за допомогою експертних оцінок було виділено 6 найбільш значимих критеріїв, які впливають на якість оперативного плану роботи локомотивного парку: відповідність напрямку відправлення поїздів плечам обслуговування бригад, пріоритети составів, тривалість простою локомотивів, бригад та составів, а також вартість простою рухомого складу та бригад.

В результаті розв'язку задачі може бути отримано кілька рівнозначних планів, в кожному з яких відсутні заборонені перевезення, враховуються пріоритети відправлення составів, 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.

Ключові слова: план роботи локомотивного парку, багатокритеріальна задача про призначення, простий рухомого складу, пріоритет составів, плечі обороту бригад.

Вступ

В умовах дефіциту справного тягового рухомого складу через значну його зношеність (до 95 %), а також, враховуючи обмежені інвестиційні ресурси Укрзалізниці, одним з найбільш доцільних шляхів підвищення ефективності роботи локомотивного парку та локомотивних бригад є раціональне планування використання наявного парку локомотивів.

Розробка оперативних планів роботи локомотивного парку з урахуванням системи тягового обслуговування локомотивів та дотримання норм тривалості праці та відпочинку бригад може бути реалізована на базі адаптивної автоматизованої системи оперативного керування роботою локомотивного парку залізничного напрямку [1].

Аналіз літературних джерел та постановка задачі дослідження

Одним з основних етапів розробки оперативного плану роботи локомотивного парку є задача визначення найбільш раціональної схеми прикріплення локомотивів, бригад та составів вантажних поїздів один до одного, а також готових поїздів до ниток графіку руху. Так, у роботах російських вчених [2, 3] состав спочатку забезпечується локомотивом, а потім призначається бригада; у роботі [4] дана проблема розглядається за умови технології руху поїздів за розкладом, де нитка графіка руху спочатку забезпечується локомотивом та бригадою, а потім прикріплюється состав. Слід зазначити, що «жорсткий» графік руху вантажних поїздів в Україні наразі залишається лише у перспективі.

У роботі [5] оптимізація роботи локомотивів розглядається як «задача про призначення», де локомотиви з бригадами призначаються до составів, при цьому, не враховуються локомотиви на підходах до станції, а також не описана методика прикріплення бригад до локомотивів.

Метою даної роботи є створення методики розрахунку оперативних планів роботи локомотивного парку. У попередніх роботах розглядалися прогнозна модель поїзної роботи залізничного напрямку в цілому [6] та методика прогнозування моментів прибуття вантажних поїздів на технічні станції [7] зокрема. В даній статті наведена методика розрахунку плану роботи локомотивного парку на основі даних, отриманих з імітаційної моделі роботи сортувальної станції та моделі локомотивного депо [6].

Розробка плану роботи локомотивів та локомотивних бригад

В даній роботі задачу взаємного ув'язування локомотивів, бригад та составів у поїзди з подальшим плануванням їх відправлення пропонується вирішувати, застосовуючи метод декомпозиції; при цьому ця задача розв'язується послідовно в два етапи: на I-му етапі призначаються бригади на локомотиви з урахуванням проведення ТО-1 та тривалості маневрових пересувань (якщо локомотив знаходиться в депо), на II-му – локомотиви з бригадами призначаються для обслуговування составів, враховуючи час на виконання технологічних операцій, пов'язаних з відправленням вантажних поїздів з технічних станцій та очікування вільної нитки графіка руху. Слід зазначити, що саме такий порядок у переважній більшості випадків застосовується на залізницях України при розробці оперативних планів роботи локомотивного парку.

Вихідними даними до цієї задачі є:

– прогнозні моменти готовності локомотивів та бригад до виконання ТО-1, а також прогнозні моменти готовності составів різних категорій до відправлення;

– відомості про наявність пріоритетних составів, простій яких в очікуванні відправлення повинен бути мінімальний;

– графік руху поїздів на напрямках;

– обмеження по часу роботи локомотивів (для вчасного проведення різних видів технічного обслуговування та ремонту);

– обмеження по часу роботи локомотивних бригад (для дотримання норм тривалості праці та відпочинку);

– інформація про тягові плечі роботи локомотивів, а також про плечі обороту бригад.

У якості критерію ефективності, на основі якого здійснюється оцінювання варіантів, доцільно обрати сукупні експлуатаційні витрати C , пов'язані з простоями локомотивів, бригад та составів вантажних поїздів в очікуванні відправлення. Витрати C враховують як тривалість простою локомотивів, бригад та составів, так і, власне, вартість простою рухомого складу та локомотивних бригад.

Отже, у загальному вигляді задача по розробці оперативного плану роботи локомотивного парку може бути сформульована наступним чином: існують множини бригад $B = \{B_1, B_2, \dots, B_i\}$, $i = 1, \dots, n$, локомотивів $L = \{L_1, L_2, \dots, L_j\}$, $j = 1, \dots, m$, а також множина составів $S = \{S_1, S_2, \dots, S_u\}$, $u = 1, \dots, v$, де n, m, v – кількість бригад, локомотивів та составів за період планування, відповідно. Необхідно для кожного состава визначити нитку відправлення, призначити по одному локомотиву та локомотивній бригаді; в свою чергу, кожен локомотив та бригада можуть обслуговувати лише один состав, на одну нитку графіка руху поїздів може бути призначений тільки один поїзд.

Оскільки метою поставленої задачі є мінімізація витрат, пов'язаних з непродуктивним простоем бригад, локомотивів та составів вантажних поїздів, цільова функція має наступний вигляд:

$$C = C_1 + C_2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

де C_1 – витрати, отримані на I-му етапі розв'язку задачі при призначенні бригади на локомотив;

C_2 – витрати, отримані на II-му етапі розв'язку задачі при призначенні локомотивів з бригадами для обслуговування составів.

Виходячи з математичної постановки задачі та виду цільової функції, найбільш доцільно вирішувати дану задачу розробки плану роботи локомотивного парку як «задачу про призначення», яку можна розв'язати Угорським методом [8].

Виконаємо постановку задачі для першого етапу. На технічній станції існує n бригад B_1, B_2, \dots, B_n та m локомотивів L_1, L_2, \dots, L_m . Експлуатаційні витрати, які виникають при призначенні бригади B_i на локомотив L_j позначимо через c_{ij} , $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$. Якщо $n \neq m$, необхідно ввести до задачі фіктивні бригади (якщо $n < m$) або фіктивні локомотиви (якщо $m < n$), щоб матриця витрат була квадратною; для фіктивних бригад або локомотивів $c_{ij} = \infty$. Необхідно так розподілити бригади по локомотивах, щоб мінімізувати сумарні витрати,

пов'язані з очікуванням призначення бригадам локомотивів або навпаки:

$$C_1 = \sum_{i,j=1}^n c_{ij} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Для того, щоб заповнити матрицю витрат, необхідно визначити величини c_{ij} таким чином:

– якщо бригада i очікує локомотив j ($M_{\text{гот}i}^{\text{бриг}} \leq M_{\text{гот}j}^{\text{лок}}$):

$$c_{ij} = (M_{\text{гот}j}^{\text{лок}} - M_{\text{гот}i}^{\text{бриг}}) \cdot r_b + (t_{\text{ТО-1}} + p) \cdot (r_b + r_l); \quad (3)$$

– якщо локомотив j очікує бригаду i ($M_{\text{гот}i}^{\text{бриг}} \geq M_{\text{гот}j}^{\text{лок}}$):

$$c_{ij} = (M_{\text{гот}i}^{\text{бриг}} - M_{\text{гот}j}^{\text{лок}}) \cdot r_l + (t_{\text{ТО-1}} + p) \cdot (r_b + r_l), \quad (4)$$

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, год;

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

На даному етапі для кожної пари локомотива з бригадою необхідно перевірити умови щодо періодичності виконання технічного обслуговування або ремонту локомотивів, а також дотримання норм тривалості праці та відпочинку бригад; якщо такі умови не виконуються, тобто i -та бригада не може бути призначена на j -ий локомотив то така пара i - j вважається забороненою: $c_{ij} = \infty$.

Після заповнення матриці витрат, задача може бути розв'язана класичним Угорським методом, в результаті чого отримуються пари локомотивів з бригадами $L_j B_i$, які будемо називати «локомотиво-бригадами». Також наприкінці першого етапу отримуємо моменти готовності локомотиво-бригад $M_{\text{гот}ji}^{\text{л-бр}}$, тобто час закінчення виконання ТО-1. Слід зазначити, що кількість локомотиво-бригад z повинна відповідати кількості бригад, якщо їх менше, ніж локомотивів ($n < m$) або навпаки – відповідати кількості локомотивів при $n > m$, тобто $z = \min\{n, m\}$.

Призначення локомотивів з бригадами на состави являє собою більш складну задачу, ніж призначення бригад на локомотиви, оскільки тут

існує більша кількість критеріїв, які впливають на кінцевий результат – оптимальний план роботи локомотивного парку. Відомо, що існують певні види вантажів, термін доставки яких повинен бути якомога меншим, тож состави з такими вантажами повинні бути відправлені з найменшою тривалістю непродуктивного простою на технічних станціях (пріоритетні поїзди). В локомотивних депо існує спеціалізація бригад по плечам обороту, відповідно, існують випадки, коли на момент готовності до відправлення состава певного напрямку немає готової до поїзної роботи локомотивної бригади для відправлення на відповідний напрямок. Таким чином, на етапі призначення локомотиво-бригад до составів необхідно враховувати не тільки тривалість та вартість простою рухомого складу і бригад, а також і такі критерії, як пріоритет та відповідність напрямку відправлення составів та плечей обороту бригад тощо. Слід зазначити, що для всіх пар (локомотиво-бригад та составів) не існує загального правила або умов допустимості обслуговування локомотиво-бригадами составів, але такі умови можна сформулювати для кожної конкретної пари $L_j B_i$ та S_u .

У зв'язку з цим, на другому етапі розв'язку задачі розробки плану роботи локомотивного парку пропонується застосовувати математичний апарат багатокритеріальної задачі про призначення [9, 10], математична постановка якої зводиться до наступного.

На II-му етапі маємо z локомотиво-бригад $L_j B_i$ та v составів вантажних поїздів S_1, S_2, \dots, S_v . Витрати, які виникають при призначенні локомотиво-бригади на состав S_u позначимо через c_{jiu} , $i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m, u = 1, \dots, v$. Окрім того, маємо множину із $\mathbf{K} = \{K_1, K_2, \dots, K_a, \dots, K_d\}$ критеріїв характеристик локомотиво-бригад та составів. Частина критеріїв відображає вимоги локомотиво-бригад до составів, решта – вимоги составів до локомотиво-бригад.

Параметр відповідності $R_{jiu}(K_a)$ за критерієм K_a характеризує різницю між вимогами локомотиво-бригади $L_j B_i$ та можливостям состава S_u , або навпаки – різницю між вимогами состава S_u та можливостями локомотиво-бригади $L_j B_i$. Якщо по критерію K_a вимоги повністю співпадають з можливостями, то $R_{jiu}(K_a) = 0$, в протилежному випадку – $R_{jiu}(K_a) = 1$. Для пари $\{L_j B_i, S_u\}$ значення параметрів відповідності по кожному критерію формують вектор параметрів відповідності \mathbf{R}_{jiu} .

Для формальної оцінки якості призначення $\{L_j B_i, S_u\}$ можна використати ранг G_{jiu} – суму відхилень по кожному компоненту вектора параметрів відповідності:

$$G_{jiu} = \sum_{a=1}^d R_{jiu}(K_a) . \quad (5)$$

Призначення $\{L_j B_i, S_u\}$ вважається ідеальним, якщо $G_{jiu} = 0$, якість призначення погіршується зі зростанням значення G_{jiu} . Ідеальним рішенням багатокритеріальної задачі про призначення є таке, при якому всі пари призначень $\{L_j B_i, S_u\}$ є ідеальними.

Таким чином, цільова функція (1) приймає вигляд

$$\begin{cases} C_1 \rightarrow \min, \\ G \rightarrow \min, \end{cases} \quad (6)$$

де G – сумарний ранг призначень локомотивів з бригадами на состави згідно отриманого плану роботи локомотивного парку, що включає в себе, в тому числі, вартість простою рухомого складу та бригад та розраховується як

$$G = \sum_{j,i,u=1}^{m,n,v} G_{jiu} . \quad (7)$$

При вирішенні даної задачі, за допомогою експертних оцінок були виділені найбільш значимі критерії $\mathbf{K} = \{K_1, K_2, \dots, K_6\}$, які впливають на якість плану роботи локомотивного парку.

Так, критерій $K_1 = \{k_1, k_2, \dots, k_p, \dots, k_g\}$ відображає основні напрямки відправлення вантажних поїздів з технічної станції згідно плану формування поїздів, а також плечі обороту локомотивних бригад (наприклад, станція Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці формує поїзди на П'ятихатки, Красноармійськ тощо, а локомотивні бригади депо ТЧ-1 можуть обслуговувати вантажні поїзди у напрямках Запоріжжя, Кривого Рогу тощо).

Критерій $K_2 = \{0, 1\}$ відображає наявність ($K_2 = 0$) або відсутність ($K_2 = 1$) пріоритету відправлення у u -го состава.

Критерій $K_3 = \{l_{ju}\}$ є оцінкою тривалості простою j -ого локомотива від моменту його готовності до проведення ТО-1 до моменту відправлення поїзда зі станції у випадку призначення на u -ий состав.

Критерій $K_4 = \{b_{iu}\}$ є оцінкою тривалості простою i -ої локомотивної бригади від моменту готовності до виконання ТО-1 до моменту відп-

равлення поїзда зі станції у випадку призначення на u -ий состав.

Критерій $K_5 = \{s_{uji}\}$ є оцінкою тривалості простою u -ого состава від моменту його готовності до причеплення локомотиво-бригади $L_j B_i$ до моменту відправлення зі станції.

Критерій $K_6 = \{c_{jiu}\}$ є оцінкою вартості простою i -ої бригади, j -ого локомотива та u -ого состава для призначення $\{L_j B_i, S_u\}$.

Параметри відповідності за критеріями K_3, K_4, K_5 розраховуються на основі матриці тривалості простою локомотивів, бригад та составів; параметри відповідності за критерієм K_6 розраховуються на основі матриці вартості простою рухомого складу та бригад.

Отже, вирішення задачі розробки плану роботи локомотивного парку на II-му етапі складається з наступних кроків:

1) складання матриці тривалості простою локомотивів, бригад та составів розмірністю $z \times v$ для пар $\{L_j B_i, S_u\}$, де кожна клітинка містить три значення: простій состава t_u^s , локомотива t_j^l та простій бригади t_i^b ;

2) складання матриці вартості простою розмірністю $z \times v$ для пар $\{L_j B_i, S_u\}$, де кожна клітинка містить сумарне c_{jiu} значення вартості простою составів, локомотивів та бригад при відповідному призначенні;

3) формування матриці векторів відповідності;

4) формування матриці рангів призначень;

5) розв'язок матриці рангів призначень за допомогою одного з відомих методів (наприклад, Угорського алгоритму).

Перед заповненням матриці векторів відповідності, слід визначити їх елементи по кожному критерію для кожного призначення $\{L_j B_i, S_u\}$.

Для визначення відповідності напрямку відправлення u -ого состава плечу обороту бригади B_i використовуємо наступну формулу:

$$R_{jiu}(K_1) = \begin{cases} 0, & k_i = k_u, \\ 1, & k_i \neq k_u \end{cases}, \quad (8)$$

де k_i, k_u – плече обороту i -ої бригади та напрямком відправлення u -го состава.

Якщо напрямком відправлення u -ого состава не співпадає з плечем обороту i -ої бригади ($R_{jiu}(K_1) = 1$), то призначення $\{L_j B_i, S_u\}$ вважається забороненим ($G_{jiu} = \infty$) і не розглядається при розробці плану роботи локомотивного парку.

Оцінювати тривалість простою j -ого локомотива в очікуванні відправлення з u -им составом будемо як

$$R_{ju}(K_3) = \begin{cases} 0, t_{ju}^l = \min\{t^l\}, \\ \frac{t_{ju}^l}{\max\{t^l\}}, \min\{t^l\} < t_{ju}^l < \max\{t^l\}, \\ 1, t_{ju}^l = \max\{t^l\}, \end{cases} \quad (9)$$

де t^l – сукупність тривалостей простою локомотивів з матриці простою составів, локомотивів та бригад.

Слід зазначити, що при недотриманні періодичності проведення технічного обслуговування або ремонту у зв'язку зі значні простоем j -ого локомотива в очікуванні u -го состава, таке призначення вважається забороненим ($G_{ju} = \infty$).

Аналогічно розраховуються решта параметрів відповідності.

Необхідно відмітити, що у результаті вирішення задачі може бути отримано кілька рівнозначних планів. У кожному такому плані відсутні заборонені перевезення, враховуються пріоритети відправлення составів, забезпечується періодичність виконання технічного обслуговування і ремонтів локомотивів, а також дотримуються норми тривалості праці та відпочинку локомотивних бригад. В цьому випадку остаточне рішення по вибору плану роботи локомотивного парку приймає оперативно-диспетчерський персонал.

Висновки

Наведена методика розробки плану роботи локомотивного парку на основі багатокритеріальної задачі про призначення дозволяє врахувати не тільки тривалість та вартість непродуктивного простою рухомого складу та локомотивних бригад, але й такі критерії, які не мають грошового вираження, наприклад, відповідність напрямку відправлення вантажного поїзда плечу обороту бригади. Запропонована методика може стати основою для адаптивної автоматизованої системи оперативного планування роботи локомотивного парку на залізничних напрямках.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Вернигора, Р. В. Перспективи створення адаптивної системи оперативного керування роботою локомотивів та локомотивних бригад / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Транспортні системи і тех-

нології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 4. – С. 25-29.

2. Некрашевич, В. И. Технология комплексного оперативного планирования работы локомотивов грузового движения в условиях автоматизации / В. И. Некрашевич, А. И. Моргунов // Вестник ВНИИЖТа. – 2005. – № 3. – С. 20-25.

3. Некрашевич, В. И. Технология комплексного оперативного планирования работы локомотивных бригад грузового движения в условиях автоматизации / В. И. Некрашевич // Вестник ВНИИЖТа. – 2007. – № 1. – С. 28-35.

4. Ковалев, Н. В. Твердый график движения поездов – основа коренного улучшения организации работы локомотивных бригад / Н. В. Ковалев, В. Л. Сальченко // Вестник ВНИИЖТа. – 2008. – № 1. – С. 38-42.

5. Жуковицький, І. В. Створення нових можливостей АСК ВП УЗ із підтримки оперативного планування призначення локомотивів до складу вантажних поїздів / І. В. Жуковицький, А. Б. Устенко, О. Л. Зіненко // Інформ.-кер. сист. на залізн. транспорті. – 2011. – № 5. – С. 51-56.

6. Вернигора, Р. В. Структура та принципи функціонування прогностичної моделі роботи залізничного напрямку / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Транспортні системи і технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2015. – Вип. 9. – С. 16-22.

7. Вернигора, Р. В. Дослідження ефективності використання нейронних мереж при прогнозуванні прибуття поїздів на технічні станції / Р. В. Вернигора, Л. О. Єльнікова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3/3 (75). – С. 23-27.

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

9. 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.

10. Чибісов, Ю. В. Застосування методів багатокритеріальної оптимізації для вирішення задачі розподілу вагонів по вантажним фронтам / Ю. В. Чибісов, Ю. С. Шульга // Транспортні системи і технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 7. – С. 65-72.

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

Надійшла до редколегії 06.11.2015.

Прийнята до друку 10.11.2015.

РАЗРАБОТКА ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНА РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИИ

Приведенная методика расчета плана работы локомотивного парка на основе данных, полученных с имитационной модели работы сортировочной станции и модели локомотивного депо, входящих в состав прогнозной модели поездной работы железнодорожного направления.

Задача взаимной увязки локомотивов, бригад и составов в поезда с последующим планированием их отправления решается, применяя метод декомпозиции; при этом, задача решается последовательно в два этапа: на I-м этапе назначаются бригады на локомотивы, на II-м – локомотивы с бригадами назначаются для обслуживания составов, учитывая ожидания свободной нитки графика движения.

Назначение бригад на локомотивы решается с помощью классической задачи о назначении. Назначение локомотивов с бригадами на составы представляет собой более сложную задачу, чем назначение бригад на локомотивы поэтому, на втором этапе разработки плана работы локомотивного парка применяется математический аппарат многокритериальной задачи о назначении. При этом, с помощью экспертных оценок было выделено 6 наиболее значимых критериев, влияющих на качество оперативного плана работы локомотивного парка: соответствие направления отправления поездов плечам обслуживания бригад, приоритеты составов, продолжительность простоя локомотивов, бригад и составов, а также стоимость простоя подвижного состава и бригад.

В результате решения задачи может быть получено несколько равнозначных планов, в каждом из которых отсутствуют запрещенные перевозки, учитываются приоритеты отправления составов, обеспечивается периодичность выполнения технического обслуживания и ремонтов локомотивов, а также соблюдаются нормы продолжительности труда и отдыха локомотивных бригад. Окончательное решение по выбору плана работы локомотивного парка принимает оперативный диспетчерский персонал.

Ключевые слова: план работы локомотивного парка, многокритериальная задача о назначении, простой подвижного состава, приоритет составов, плечи оборота бригад.

R. VERNIGORA, L. ELNIKOVA

DESIGN OF OPERATIONAL WORK PLAN OF LOCOMOTIVE PARK ON THE BASIS OF MULTICRITERIAL ASSIGNMENT PROBLEM

The method of calculation of locomotive park work plan based on data received from simulation model of sorting station and locomotive depot model that are part of the predictive model of rail direction work is presented.

The problem of mutual linkage of locomotives, crews and composition in trains and then planning their departure is solved using the method of decomposition; the problem is solved sequentially in two phases: at the I-th phase crews are appointed on locomotives, at the II-nd – locomotives with crews are appointed to trains, given the expectation of free schedule thread.

Appointment of crews at locomotives is solved using classical assignment problem. Appointment of locomotives with crews at compositions is a more difficult task than the appointment of crews at locomotives, so at the second phase of development of the locomotive park work plan is used mathematical apparatus of multicriterial assignment problem. In this case, through expert assessments were allocated six most important criteria that affect the quality of the operational work plan of the locomotive park: accordance the direction of train departure to maintenance shoulders of crews, compositions priorities, downtime of locomotives, crews and compositions, as well as the cost of downtime of rolling stock and crews.

As a result of problem solution can be obtained several equivalent plans, in each of which there are no forbidden transportations, departure priorities of compositions are taken into account, provided periodicity of maintenance and repairs of locomotives, as well as adhered norms of work and rest duration of locomotive crews. The final decision about the choice of the locomotive park work plan makes the operational dispatching staff.

Keywords: locomotive park work plan, multicriterial assignment problem, downtime of rolling stock, composition priority, maintenance shoulders of crews.