

КРАШЕНІНІН О.С., д.т.н., професор (Український державний університет залізничного транспорту)

ШАПАТІНА О.О., к.т.н., доцент (Український державний університет залізничного транспорту)

КАЛИТИНСЬКА М.О., магістр (Український державний університет залізничного транспорту)

ЛИХОЛІТ Я.В., магістр (Український державний університет залізничного транспорту)

ГАЛЮК Р.М., магістр (Український державний університет залізничного транспорту)

Обґрунтування стратегії організації ремонту локомотивів на основі наявних ресурсів

В умовах дефіциту ресурсів сучасного обладнання, дефіциту кваліфікованих і професійних спеціалістів, слабого розвитку сервісу виникає необхідність обґрунтування оптимальної стратегії з організації ремонту з урахуванням наявних ресурсів.

В статті розглянуті питання, що пов'язані з формалізацією процедури прийняття рішення з урахуванням інформації щодо реалізації можливих ресурсів.

На підставі окремих складових, що визначають прийнятну стратегію за спеціальними алгоритмами визначається оптимальна ефективна стратегія з організації ремонтних заходів для обладнання локомотивів.

Ключові слова: функція ефективності, показник ефективності, стратегія організації ремонту.

Постанова проблеми.

Для економіки і промисловості нашої країни, в тому числі і для залізниць в цілому, необхідно оперативно приймати конкретні рішення щодо невідкладних заходів зі створення умов виживання і потенційного розвитку, тобто формувати стратегію проведення технічного обслуговування (ТО), поточного ремонту (ПР) з урахуванням наявних ресурсів ремонтного господарства, рівня запасів паливо-мастильних матеріалів і інших матеріальних запасів і наявного виробничого контингенту.

Причини такого становища склалися не одразу, але їх вирішення йшло або повільними темпами або відкладалися на невизначений термін. Це стосується як оновлення локомотивного парку, так і іншої залізничної інфраструктури. Особливо це стосувалося локомотивного господарства і його ремонтного господарства. Ступінь механізації і автоматизації ремонтної галузі не перевищує 25%, що пов'язано як зі складністю запровадження стійкої і стабільної технології обслуговування та ремонту обладнання локомотивів через різний їх віковий і технічний стан, так і нехтування або повільних темпів запровадження сучасного діагностичного і ремонтного обладнання [1-3]. На фоні цього і за умови наявних обставин чи не останнім чинником забезпечення ефективності ремонту залишається зважена політика (стратегія) в сфері управління

В практичному аспекті цікаві дослідження стосуються запровадження сервісу і обґрунтування

наявними ресурсами для конкретних умов експлуатації.

Це визначає актуальність задачі оперативного вибору з організації ТО, ПР, як вітчизняного, так і закордонного тягового рухомого складу (ТРС) в умовах сучасних реалій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Регулювання всією діяльністю залізничної галузі підпорядковане наказам і розпорядженням як на рівні держави, так і на рівні галузі. В них формулювалися проблеми залізничного транспорту і шляхи виходу з погіршеної ситуації на залізницях [1, 4, 5].

Значний вклад в реалізацію поставлених задач перед галуззю внесли вітчизняні вчені, які в своїх дослідженнях розглядали фундаментальні проблеми і прикладні задачі щодо розвитку залізничного транспорту.

Так за останні роки з'явилося багато публікацій, в яких розглядаються питання щодо врахування принципів і витрат на життєвий цикл у систему ТО і ПР локомотивів [2, 3, 6].

При цьому підкреслюється необхідність комплексного підходу щодо системи утримання ТРС, починаючи з проектування і виготовлення, витрат на експлуатацію, організацію ТО, ПР до утилізації окремого обладнання локомотивів [2].

В зв'язку з обмеженими можливостями реалізувати програму оновлення ТРС значний інтерес представляють дослідження теоретичного дислокації сервісних центрів на полігоні залізниць [2, 10, 11].

Однак важливими залишаються задачі щодо оперативного управління ресурсами при можливих альтернативах їх сполучення, що і визначає актуальність задач, що розглядаються в статті.

Мета та завдання дослідження.

Мета статті полягає в обґрунтуванні стратегії організації ремонту локомотивів з урахуванням наявних ресурсів окремих чинників, які є у підприємства з утримання локомотивів.

З урахуванням цього сформульовані наступні задачі для виконання постановленої задачі:

1. Вибрати показники, що характеризують ефективність відповідної стратегії ремонтних заходів.
2. Визначити оптимальну стратегію організації ремонтних заходів при різній кількості чинників, що характеризують її ефективність.
3. Формалізувати пошук оптимального плану виконання ремонтних заходів за спеціальним алгоритмом.

Виклад основного матеріалу.

На залізницях України експлуатується як вітчизняний, так і закордонний ТРС.

Прийнята планово-попереджувальна система ремонту, яка довгий час була домінуючою для вітчизняного ТРС, вже майже вичерпала свої ресурси і практично не дозволяє підтримувати високий рівень ефективності закордонного ТРС як по обсягу, та і по глибині оцінки його технічного стану. Спроба забезпечити підтримку технічного стану власними силами важко реалізується, хоча і є досить цікаві наробки і технології. Але в цілому на практиці ще досі не проведені ремонти великого обсягу, що робить доцільним запровадження адаптивної системи ремонту, базуючись на окремих чинниках, що визначають ефективність ремонтних заходів.

З урахуванням цього розглянемо задачу вибору і порівняння планів з прийняття стратегії організації ТО, ПР, зокрема, для закордонного рухомого складу, що експлуатується в нашій країні (загалом це стосується і іншого рухомого складу в сучасних реаліях). Оскільки організація виробництва передбачає поєднання у часі і просторі особистих і речових елементів виробництва, а саме людей, знаряддя і предметів праці, в якості показників ефективності кожного плану оберемо наступні:

W_1 – імовірність своєчасного і якісного проведення ТО, ПР локомотивам (рівень організації праці і можливості її реалізації), $W_1 = 0,5-1,0$;

W_2 – кількість задіяного обладнання для проведення ТО, ПР локомотивів (наявність ремонтного обладнання, оснащення, приладів контролю і діагностування окремих систем і агрегатів локомотива), $W_2 = 1-20$;

W_3 – обсяг додаткових резервів для проведення ТО, ПР локомотивів (можливість залучення додаткового обладнання і ремонтного персоналу), $W_3 = 0-10$.

Сформуємо плани u_1, u_2, u_3, u_4, u_5 , що характеризуються наступними показниками

$$x(u_1) = (0,92;15;1)^T;$$

$$x(u_2) = (0,92;8;6)^T;$$

$$x(u_3) = (0,8;4;1)^T;$$

$$x(u_4) = (0,915;5;1)^T;$$

$$x(u_5) = (0,915;6;0)^T.$$

Плани характеризують співвідношення значень W_1, W_2, W_3 . В такій постановці необхідно обрати план, який кращий за інші. Для рішення такої задачі з дискретною кінцевою множиною стратегій використовуємо метод [12]

$$u^* : \max_{u \in U} \sum_{i=1}^m \gamma_i W_i(u); \quad (1)$$

де γ_i – будь-яке позитивне число;

$$\gamma_i = \frac{1}{\delta_i} \sum_{j=i+1}^m \gamma_j \Delta_j, \quad i = m-1, m-2, \dots, 2, 1 \quad (2)$$

δ_i – нижня оцінка максимально можливого приросту значення i -го показника, що визначається за умови:

$$0 < \delta_i \leq \min \{W_i(u) - W_i(v)\}, \quad u, v \in U, \quad W_i(u) \neq W_i(v); \quad (3)$$

Δ_i – верхня оцінка максимально можливого приросту значення i -го показника, що визначається за умови:

$$\Delta_i = \max_{u \in U} W_i(u) - \min_{u \in U} W_i(u); \quad (4)$$

Визначимо значення коефіцієнтів $\gamma_i, i = \overline{1,3}$ і

u^* . Враховуючи, що показники W_2 і W_3 доцільно мінімізувати, проведемо їх еквівалентне перетворення:

$$\tilde{W}_2 = -W_2; \quad \tilde{W}_3 = -W_3.$$

Обираємо $\gamma_2 = 1$, оскільки показник W_2 в ранговому ряду поставлено останнім (головним з двох останніх планів є мінімальні витрати).

Визначимо δ_1 :

$$0 < \delta_1 \leq \min\{[0,92-0,8], [0,92-0,915], [0,915-0,8]\} = 0,05, \text{ прийmemo } \delta_1=0,01.$$

Аналогічно визначимо δ_2 :

$$0 < \delta_2 \leq \min\{[-15+8], [-15+4], [-15+5], [-15+6], [-8+4], [-8+5], [-8+6], [-4+5],$$

$[-4+6], [-5+6]\} = 1, \text{ прийmemo } \delta_2=1.$

Визначимо δ_3 :

$$0 < \delta_3 \leq \min\{[-1+6], [-1+0], [-6+0]\} = 1, \text{ прийmemo } \delta_3=1.$$

Визначаємо Δ_i :

$$\text{Так } \Delta_1 \geq \max[0,92;0,8;0,915] - \min[0,92;0,8;0,915] = 0,92 - 0,8 = 0,12;$$

приймемо $\Delta_1=0,2$.

$$\Delta_2 \geq \max[-15;-8;-4;-5;-6] - \min[-15;-8;-4;-5;-6] = -4 + 15 = 11;$$

приймемо $\Delta_2=20$.

$$\Delta_3 \geq \max[-1;-6;0] - \min[-1;-6;0] = 0 + 6 = 6; \text{ прийmemo } \Delta_3=10.$$

Оскільки наведена методика відноситься до числових значень, що принципово не впливає на задач, пов'язаних з прийняттям рішень, що підсумкові результати. Рекомендуються експертами, прийняті значення δ_i , Δ_i не завжди відповідають правилам округлення

Визначаємо:

$$\gamma_3 > \frac{1}{\delta_3} \cdot (\gamma_2 \cdot \Delta_2) = \frac{1}{1} \cdot 1 \cdot 20 = 20, \text{ прийmemo } \gamma_3=25.$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{\delta_1} \cdot (\gamma_2 \cdot \Delta_2 + \gamma_3 \cdot \Delta_3) = \frac{1}{0,01} \cdot (1 \cdot 20 + 25 \cdot 10) = 27 \cdot 10^3, \text{ прийmemo } \gamma_3=3 \cdot 10^4.$$

Після цього визначаємо значення цільової функції $\varphi(u_j) = \sum_{i=1}^3 \gamma_i W_i(u_j)$, $j = \overline{1,5}$.

$$\varphi(u_1) = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,92 + 1 \cdot (-15) + 25 \cdot (-1) = 27560;$$

$$\varphi(u_2) = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,92 + 1 \cdot (-8) + 25 \cdot (-6) = 27442;$$

$$\varphi(u_3) = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,8 + 1 \cdot (-4) + 25 \cdot 0 = 23996;$$

$$\varphi(u_4) = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,915 + 1 \cdot (-5) + 25 \cdot (-1) = 27420;$$

$$\varphi(u_5) = 3 \cdot 10^4 \cdot 0,915 + 1 \cdot (-6) + 25 \cdot 0 = 27444.$$

Таким чином, $\max_{u_j \in U} \varphi(u_j) = 27560$ і $u^* = u_1$.

Тобто при забезпеченні рівня організації праці в розмірі 0,92, наявності ремонтного обладнання, оснащення, приладів контролю і діагностування окремих систем і агрегатів локомотива в розмірі 15 одиниць, можливості залучення додаткового обладнання і ремонтного персоналу, в розмірі одиниці

ефективність реалізації стратегії ТО, ПР локомотивів найвища.

При числі компонент векторного показника ефективності більше п'яти зручно вирішувати задачу таким чином

$$u^* : \min \sum_{i=1}^m (\bar{\Delta} - W_i(u_j))^p, \quad (5)$$

$$\bar{\Delta} \geq \max_{u \in U} \max_{i \in j} W_i(u); \quad (6)$$

$$p \geq \frac{\ln m}{\ln \bar{\Delta} - \ln(\bar{\Delta} - \delta)}. \quad (7)$$

У випадку, коли $\bar{\Delta} = \delta$, то p невизначено і величину $p > 0$ можна приймати будь-якою, але зручніше $p = 1$.

Проілюструємо реалізацію такої ситуації, додавши план u_6 , що характеризується параметрами

$x(u_6) = (0,91;7;2)$ і додамо план W_4 (кількість

спеціалістів-ремонтників для виконання ТО, ПР) на рівні (10,5,3,3,4,5).

Тоді отримаємо плани проведення ремонту $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6$, що будуть характеризуватися наступними показниками

$$x(u_1) = (0,92;15;1;10);$$

$$x(u_2) = (0,92;8;6;5);$$

$$x(u_3) = (0,8;4;1;3);$$

$$x(u_4) = (0,915;5;1;3);$$

$$x(u_5) = (0,915;6;0;4);$$

$$x(u_6) = (0,91;7;2;5).$$

Розрахуємо значення $\bar{\Delta}$

$$\bar{\Delta} \geq \max_{u \in U} \max_{i \in j} W_i(u) = \max(15,8,4,5,6,7) = 15.$$

Прийmemo $\bar{\Delta} = 20$.

Визначаємо значення δ за формулою

$$\delta < \min \{ [W_i(u) - W_i(u)] \}$$

$$0 < \delta \leq \min \{ [-15+8], [-15+4], [-15+5], [-15+6], [-15+7], [-8+4], [-8+5], [-8+6],$$

$$[-8+7], [-4+5], [-4+6], [-4+7], [-5+6], [-5+7] \} = 1, \text{ прийmemo } \delta=0,1.$$

Визначаємо p

$$p \geq \frac{\ln 4}{\ln 20 - \ln(20 - 0,1)} = \frac{1,39}{3,00538 - 3,00035} = \frac{1,39}{0,005} = 278.$$

Визначаємо параметри задачі

$$\Delta \geq \bar{\Delta} - \min_{u \in U} \min_{i \in j} W_i(4) = 20 - \min(1, 1, 5, 3, 3, 4, 5) = 17.$$

Приймаємо $\Delta = 17$.

$$\gamma_4 = 1, \quad \gamma_3 = \frac{17}{0,1} \cdot (\gamma_2 \cdot \Delta_2) = \frac{17}{0,1} \cdot 1 \cdot 1 = 170, \quad \text{приймаємо } \gamma_3 = 200,$$

$$\gamma_2 > \frac{17}{0,1} \cdot (1 + 200) = 34170, \quad \text{приймаємо } \gamma_2 = 3,5 \cdot 10^4,$$

$$\gamma_1 = \frac{17}{0,1} \cdot (1 + 200 + 3,5 \cdot 10^4) = 5,94 \cdot 10^6, \quad \text{приймаємо } \gamma_1 = 6 \cdot 10^6.$$

В даному випадку розрахуємо значення $\varphi(u_i)$ за формулою (1)

$$\varphi(u_1) = 6 \cdot 10^6 \cdot 0,92 + 3,5 \cdot 10^4 \cdot (-15) + 170 \cdot (-1) + 1 \cdot (-10) = 4,99 \cdot 10^6;$$

$$\varphi(u_2) = 6 \cdot 10^6 \cdot 0,92 + 3,5 \cdot 10^4 \cdot (-8) + 170 \cdot (-6) + 1 \cdot (-5) = 5,23 \cdot 10^6;$$

$$\varphi(u_3) = 6 \cdot 10^6 \cdot 0,8 + 3,5 \cdot 10^4 \cdot (-4) + 170 \cdot 0 + 1 \cdot (-3) = 4,66 \cdot 10^6;$$

$$\varphi(u_4) = 6 \cdot 10^6 \cdot 0,915 + 3,5 \cdot 10^4 \cdot (-5) + 170 \cdot (-1) + 1 \cdot (-3) = 5,31 \cdot 10^6;$$

$$\varphi(u_5) = 6 \cdot 10^6 \cdot 0,915 + 3,5 \cdot 10^4 \cdot (-6) + 170 \cdot 0 + 1 \cdot (-4) = 5,27 \cdot 10^6;$$

$$\varphi(u_6) = 6 \cdot 10^6 \cdot 0,91 + 3,5 \cdot 10^4 \cdot (-7) + 170 \cdot (-2) + 1 \cdot (-5) = 5,21 \cdot 10^6.$$

Як видно з наведених розрахунків, при додаванні планів і показників ефективності оптимальною стратегією буде стратегія $u^* = u_4$, для якої $\max_{u \in U} \varphi(u_j) = 5,31 \cdot 10^6$. Тобто залучення до реалізації стратегії ТО, ПР локомотивів спеціалістів-

ремонтників високої кваліфікації передбачає вибір іншої стратегії.

Але проведемо розрахунки вибору оптимального плану організації стратегії ТО, ПР локомотивів згідно з формулою (5).

При цьому приймемо значення $p = 1$.

Тоді значення u_i

$$u_1 : \min[(17 - 0,92) + (17 - 15) + (17 - 1) + (17 - 10)] = 41,08;$$

$$u_2 : \min[(17 - 0,92) + (17 - 8) + (17 - 6) + (17 - 5)] = 48,08;$$

$$u_3 : \min[(17 - 0,8) + (17 - 4) + (17 - 0) + (17 - 3)] = 60,2;$$

$$u_4 : \min[(17 - 0,915) + (17 - 5) + (17 - 1) + (17 - 3)] = 58,085;$$

$$u_5 : \min[(17 - 0,915) + (17 - 6) + (17 - 0) + (17 - 4)] = 57,085;$$

$$u_6 : \min[(17-0,91) + (17-7) + (17-2) + (17-5)] = 53,09.$$

З наведених розрахунків $u^* = \min \sum_{i=1}^m (\Delta - W_i(u))$ приймає мінімальне значення для плану

$$u^* = u_1 = 41,08.$$

Порівнюючи ці розрахунки з розрахунками, що проведені за формулами (1) – (4), можна констатувати, що остаточне рішення слід примати при співпадінні двох методик, згідно алгоритму (рис.1).

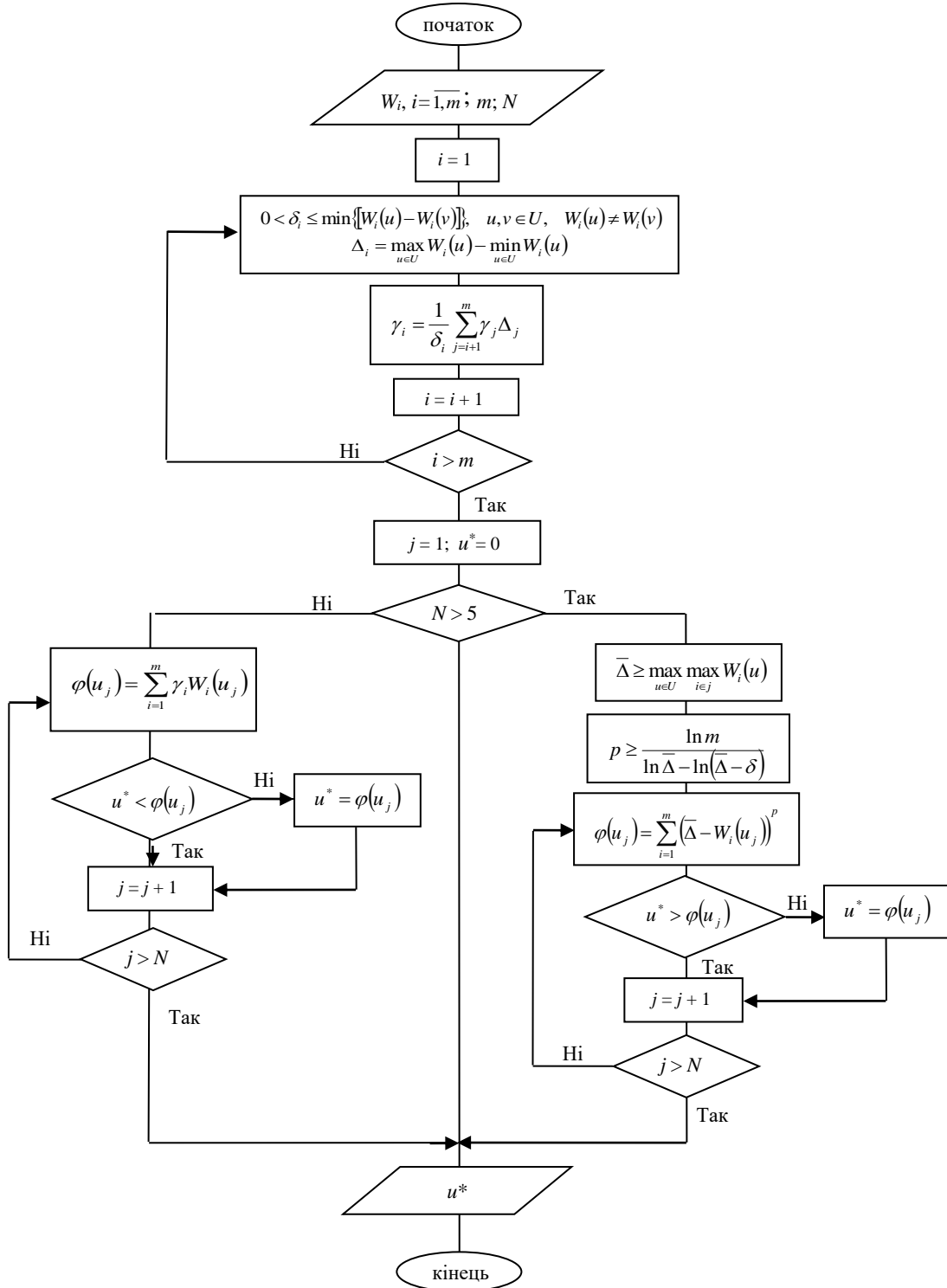


Рис. 1 Структурна схема вибору оптимального плану стратегії організації ремонтних заходів при проведенні ТО, ПР локомотивів

Висновки.

1. Визначені чинники показників ефективності для обраної стратегії організації ремонтних заходів, а саме: імовірність своєчасного і якісного проведення ТО, ПР локомотива (рівень організації праці і можливості її реалізації), кількість необхідного обладнання для проведення ТО, ПР локомотивів (наявність ремонтного обладнання, оснащення, приладів контролю і діагностування окремих систем і агрегатів локомотива), обсяг додаткових резервів для проведення ТО, ПР локомотивів (можливість залучення додаткового обладнання і ремонтного персоналу).
2. Проведені процедури пошуку організації оптимального плану стратегії організації ТО, ПР локомотивів при кількості показників ефективності $m=3$ в умовах обмеженості ресурсів і потужностей депо, а саме план $u^*=u_1$ при значенні $W_1=0,92$; $W_2=15$; $W_3=1$.
3. Виконані розрахунки для оцінки організації оптимального плану проведення ремонтних заходів при кількості показників ефективності $m>4$, показали, що остаточний вибір стратегії організації ТО, ПР локомотивів слід приймати при співпадінні двох методик, що приводяться у статті. Розширення діапазону чинників показників ефективності дозволяє маневрувати наявними ресурсами для обрання оптимальної стратегії ТО, ПР локомотивів.
4. Розроблений алгоритм вибору оптимального плану стратегії організації ремонтних заходів при проведенні ТО, ПР локомотивів дозволяє проводити перевірки з остаточного прийняття рішення щодо вибору стратегії ТО, ПР локомотивів.

Список використаних джерел

1. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (затверджена Постановою КМУ в 16.12.2000 №1390 із змінами від 26.10.2011 року №1106). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-%D0%BF#Text> (дата звернення: 23.11.2023).
2. Тартаковський Е.Д., Уманець М.Г., Аулін Д.О. Визначення життєвого циклу тягового рухомого складу (ТРС). *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2006. №72. С. 82-86.
3. Крашенінін О.С., Фалендиш А.П. Оцінка життєвого циклу локомотивів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2001. Вип.46. С. 55-58.
4. Закон України «Про залізничний транспорт України» від 06.09.2019 за № 1196-1. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=66737 (дата звернення: 23.11.2023).
5. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки (затверджена наказом МТЗУ від 14.10.2008 №1259). К.: ДНДЦ Укрзалізниці, 2009. 299 с.
6. Понтичелли К. Стоимость жизненного цикла железнодорожного подвижного состава: от теории к практике. *Техника железных дорог*, 2009. №4. 74 с.
7. Integrated Optimization of Rolling Stock Scheduling and Flexible Train Formation Based on Passenger Demand for an Intercity High-Speed Railway / Peng Zhao, Yawei Li, Baoming Han, Ruixia Yang, Zhiping Liu. *Sustainability*, MDPI, 2022. Vol. 14(9), P. 1-22. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5650> (дата звернення: 23.11.2023).
8. Калабухін Ю.Є., Тартаковський Е.Д. Теоретичні положення оновлення тягового рухомого складу з урахуванням життєвого циклу. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2009. Вип. 111. С. 106-120.
9. Калабухін Ю.Є., Фалендиш А.П. Визначення економії експлуатаційних витрат маневрових тепловозів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*, 2003. Вип. 54. С. 127-132.
10. Bismark R.D.K. Agbelie, Samuel Labi, Kumares C. Sinha. Estimating the marginal costs of bridge damage due to overweight vehicles using a modified equivalent-vehicle methodology and in-service data on life-cycle costs and usage. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2017. Vol. 95. P. 275-288.
11. Gurov S.V., Utkin L.V. Reliability and optimization of systems with periodic modifications in the probability and possibility contexts, *Microelectron. Reliab*, 1997. Vol. 37, No. 5. P. 801-808.
12. Калабухін Ю. Є. Методологія та результати оцінки техніко-економічних показників використання сучасних маневрових тепловозів для роботи на маневровій горці. *Зб. наукових праць. Х.: УкрДАЗТ*, 2009. Вип. 110. С. 19-30.

Krashenin O.S., Shapatina O.O., Kalitinska M.O., Liholev Y.V., Galuk R.M. Justification of locomotive repair organization strategy based on available resources.

Abstract. For the economy and industry of our country, including the railways as a whole, it is necessary to quickly make specific decisions regarding urgent measures to create conditions for survival and potential development.

The reasons for this situation did not develop immediately, but their solution was either slow or postponed indefinitely. This applies both to the renewal of the locomotive fleet and to other railway infrastructure. This was especially true of the locomotive industry and its repair industry.

The degree of mechanization and automation of the repair industry does not exceed 25%, which is connected both with the difficulty of introducing stable and stable technology for the maintenance and repair of locomotive equipment due to their different age and technical condition, and with the neglect or slow pace of introduction of modern diagnostic and repair equipment. Against this background and under the conditions of the existing circumstances, a balanced policy in the field of management of available resources for specific operating conditions remains almost the last factor in ensuring the efficiency of repairs

This determines the urgency of the task of operational selection and implementation of the plan for the organization of maintenance, current repair, both domestic and foreign traction rolling stock in the conditions of modern realities.

So in the conditions of shortage of resources of modern equipment, shortage of qualified and professional specialists, weak development of the service, there is a need to substantiate the optimal measures for the organization of repairs, taking into account the available resources.

The article discusses issues related to the formalization of the decision-making procedure taking into account information on the implementation of possible resources.

On the basis of individual components that determine the adopted strategy, the optimal effective strategy for organizing repair activities for locomotive equipment is determined using special algorithms.

Key words: *efficiency function, performance indicator, repair organization strategy.*

Крашенінін Олександр Семенович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу, Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID ID: 0000-0001-7462-3372. Тел.: +38 (097) 9917099. E-mail: krashenin@kart.edu.ua

Шапатіна Ольга Олександрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри управління вантажною і комерційною роботою, Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID ID: 0000-0002-9185-6212. Тел.: +38 (066) 8124889. E-mail: shapatina.uvkr@kart.edu.ua

Калитинська Марина Олексіївна, магістрант кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу, Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 6859752. E-mail: kalitinska79@gmail.com

Лихоліт Ярослав Володимирович, магістрант кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу, Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (095) 9105825. E-mail: liholet2705@gmail.com

Галук Руслан Михайлович, магістрант кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу, Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (098) 9676160. E-mail: klinovograd@gmail.com

Krashenin Oлександр Semenovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID ID: 0000-0001-7462-3372. Tel.: +38 (097) 9917099. E-mail: krashenin@kart.edu.ua

Shapatina Olga Oleksandrivna, PhD (Tech), associate professor of department of management of freight and commercial work, Ukraine state university of railway transport. Tel.: ORCID ID: 0000-0002-9185-6212. Tel.: +38 (066) 8124889. E-mail: shapatina.uvkr@kart.edu.ua

Kalitinska Maryna Oleksiivna, master of Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State

University of Railway Transport. Tel.: +38 (095) 6859752. E-mail: kalitinska79@gmail.com

Liholek Yaroslav Volodymyrovych, master of Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: +38 (095) 9105825. E-mail: liholet2705@gmail.com

Galuk Ruslan Mykhailovych, master of Department of Operation and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: +38 (098) 9676160. E-mail: klinovograd@gmail.com