

present stage of the functioning of industrial transport, the processing of car flows in the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise takes place under changing operating conditions, which leads to low efficiency in the interaction between production and transport. To solve this problem at the initial stage, it is necessary to carry out a functional analysis of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise for receiving and unloading bulk raw materials in a period of negative temperatures. In the course of the study, methods of analysis and synthesis were used to study the issue and main scientific publications on the state and ways to improve the efficiency of interaction between production and transport at metallurgical enterprises, as well as the methodology of functional analysis to study the flow processes of phase transformation in the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise. The paper has developed a model for the formation of operational and technical and economic indicators of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise for receiving and unloading bulk raw materials in a period of negative temperatures. The influence of production and external factors on the volume of transport work in the complex is analyzed. Based on the methodology of functional analysis, decomposition of the functions of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise as a system-technical complex at the macro level was carried out, which made it possible to evaluate its main functions and created the prerequisites for functional analysis of work at the micro level. Scientific novelty lies in the development of a general method for identifying the functions performed by the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise for receiving and unloading bulk raw materials, based on the provisions of functional analysis. The presented theoretical provisions on the functional analysis of the operation of the unloading complex of the transport system of a metallurgical enterprise made it possible to identify zones of concentration of an additional volume of transport work that directly affects the operational indicators of receiving and unloading bulk raw materials during negative temperatures, and can be further used in models for managing flow processes in transport - unloading systems.

Keywords. *Metallurgical enterprise, transport operation, processing capacity, functional analysis, unloading complex, transport system, decomposition of functions, identification of functions.*

Стаття надійшла 04.12.2022 р.

УДК 656.076.15:658.7:656.003(477)

doi.org/10.31498/2522-9990252023286736

Маслак Г. В., Тимофєєнко М.Ю.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ПОДОВЖЕНОГО РЕСУРСУ ТРАНСПОРТНИХ ОДИНИЦЬ

У сучасних виробничих умовах на металургійних підприємствах одним з основних видів промислового транспорту залишається залізничний. Через старіння тягового рухомого складу виникає проблема перерозподілу ресурсів на позапланові ремонти, через збільшення яких знижується якість планових ремонтів. Низька ефективність і працездатність системи технічного обслуговування і ремонту, обумовлені надлишком ремонтних потужностей і падінням обсягів перевезень, яка призводить до зменшення витрат виділених безпосередньо системі. В наслідок цього утримання локомотивів в міру їх подальшої експлуатації при даній

Транспортні технології

системі обслуговування і ремонту будуть поступово збільшуватися. Підприємство зазнає додаткових збитків, що вплине на собівартість товарної продукції. Для вирішення розглянутих проблем у роботі проведено комплексний аналіз системи планово-попереджувального ремонту локомотивного парку, що використовується на металургійних підприємствах повного циклу. Зазначені основні недоліки системи при використанні локомотивів, які досягли фізичного і морального зносу. Використовуючи світовий досвід проведення технічного обслуговування і ремонту рухомого складу залізничного транспорту, було з'ясовано, що найбільш перспективним видом ремонту є ремонт за технічним станом. Наведені основні переваги перед планово-попереджувальною системою, засновані на індивідуальному підході до обсягу і моменту початку ремонту обладнання кожного локомотива, з урахуванням його технічного стану. Виявлено заходи, засновані на використанні цільової функції, завдання якої полягає в мінімізації приросту відмов. Запропоновано алгоритм функціонування системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням фактичного технічного стану локомотива.

Ключові слова. Тепловоз, тяговий рухомий склад, технічне обслуговування, ремонт, планово-попереджувальна система, технічна експлуатація.

Постановка проблеми. Безпечна експлуатація та ремонт рухомого складу промислового залізничного транспорту є важливою і актуальною проблемою в справі забезпечення якості транспортного обслуговування та ефективності перевезень.

Технічний стан локомотивів безпосередньо впливає на безпеку, ефективність і якість роботи залізничного транспорту. В процесі експлуатації вузли та агрегати локомотивів зношуються, їх технічне стан погіршується, зростає ймовірність відмов. Технічний стан локомотивів в експлуатації багато в чому визначається ефективністю системи технічного обслуговування і ремонту. В даний час технічне обслуговування і ремонт (ТОіР) локомотивів здійснюються по системі планово-попереджувального ремонту (ППР), характерною рисою якої є проведення профілактичних і ремонтних робіт через рівні і кратні періоди, виражені в кілометрах пробігу або календарних термінах.

Однак, при рівності і кратності призначених міжремонтних термінів існуюча система ППР не враховує зміну технічного стану і надійності, що виникає в наслідок дії різних умов експлуатації. Відсутність врахування цих особливостей є однією з причин підвищеної пошкоджуваності локомотивів в експлуатації, призводить до зменшення числа зайнятих у перевізному процесі локомотивів і погіршення транспортного забезпечення промислового підприємства залізничним транспортом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи вчених, пов'язаних з ремонтом і експлуатацією локомотивів мають численний характер і велику різноманітність [1, 2, 5, 6, 9]. Питанням організації ремонту, технології його проведення присвячена найбільша частина опублікованих ними робіт.

У міру розвитку теорії надійності і застосування її до локомотивів і методів їх експлуатації, з'явилися більш детальні роботи [3, 4, 7, 8, 10], що містять обґрунтовану теоретичну базу роботи, присвячені аналізу існуючих і аналізу оптимальних систем обслуговування і ремонту локомотивів. Їх основним напрямком робіт було управління технічним станом локомотивів шляхом оптимізації міжремонтних пробігів та обсягів робіт з урахуванням їх фактичного технічного стану.

Особливістю цих робіт, можна вважати прихильність їх до існуючої планово-попереджувальної системи ремонту і спробу обґрунтувати, виправдати, удосконалити її, але на превеликий жаль це не дозволило піти від її основних недоліків.

Зарубіжний досвід експлуатації та ремонту [1], в силу своєї принципової відмінності

Транспортні технології

від вітчизняного, ускладнює можливі варіанти його застосування. Однак вивчення досвіду обслуговування і ремонту локомотивів за кордоном дає можливість зробити порівняння з власним досвідом, розглянути його сильні і слабкі сторони, обґрунтувати принципи обслуговування локомотивів за кордоном і розглянути перспективу подальшого напрямку розвитку вітчизняного локомотивного господарства.

Мета роботи. Розробка заходів по вдосконаленню планово-попереджувальної системи ремонту локомотивного парку металургійного підприємства в умовах подовженого ресурсу транспортних одиниць.

Основний матеріал дослідження. Одним з найголовніших елементів, що визначають ефективність роботи промислового залізничного транспорту і якість транспортного обслуговування основного виробництва, є система ТОіР рухомого складу. Основними конкурентними перевагами сучасних підприємств, як правило, є стійке зростання ефективності та безпеки виробництва. Однак в даний час спостерігається погіршення якості і зниження ефективності транспортного обслуговування металургійного підприємства [9,12]. Це пояснюється втратою тяговим рухомим складом (ТРС) своїх первинних експлуатаційних якостей, що приводить до зменшення надійності та безвідмовності. Для запобігання цього застосовується управління технічним станом за локомотивом, яка полягає в обґрунтуванні і призначенні видів, і періодичності їх технічного обслуговування, видів і методів ремонту, критеріїв граничного стану, ступеня відновлення технічного ресурсу складових частин, тривалості експлуатації до списання тощо.

Система ППР забезпечує високу безпеку руху, більший коефіцієнт технічної готовності тягового рухомого складу, різночасність завантаження ремонтного обладнання та бригад. Але для високої ефективності планово-попереджувальної системи ремонту необхідне правильне призначення міжремонтних пробігів на основі даних про процеси зносу і прогнозування його розвитку. Основою для визначення міжремонтних пробігів є статистичні дані про несправності і відмови обладнання одиниць ТРС в експлуатації [2,6].

Зростання кількості аварійних відмов, при існуючій системі ТОіР свідчить про те, що існуюча на сьогоднішній день система обліку та аналізу ремонтних заходів не дозволяє ефективно здійснювати технічне обслуговування рухомого складу. Більша частина транспортних одиниць практично вичерпала свій ресурс, при фактичному терміні служби від 25 до 40 років, локомотиви досягли не тільки морального, а й фізичного зносу, що загрожує серйозними технічними, економічними та екологічними наслідками.

При ППР не менше 50% виконаних технічних обслуговувань за регламентом виконуються без фактичної їхньої необхідності. Крім того, для багатьох транспортних одиниць обслуговування й ремонт за регламентом не знижує частоту виходу їх з ладу. Більше того, надійність роботи машин і обладнання після технічного обслуговування, якщо воно передбачає розбирання механізму або заміну деталей, часто знижується, іноді тимчасово, до моменту їхнього приробляння, а іноді це зниження надійності обумовлене появою дефектів [14].

Тобто до недоліків наявної системи ППР слід віднести:

- застарілі нормативи проведення технічного обслуговування і ремонту, які не враховують вичерпаний ресурс, використовуваних локомотивів;
- недовикористання ресурсу деталей та вузлів при проведенні планового ремонту;
- проведення регламентованих ремонтів збільшує можливі помилки монтажу та викликає повторне виникнення зношувань при прироблянні.

У зв'язку з існуючими проблемами з'явилася потреба в зміні підходів до організації ТОіР локомотивів. Існуюча система ППР тягового рухомого складу не відповідає сучасним умовам експлуатації. Тому для ефективності її застосування, потрібне постійне вдосконалення

Транспортні технології

підходів до організації та проведення ТОіР, серед яких вишукування резервів збільшення міжремонтних пробігів і скорочення обсягів робіт з огляду і відновлення [3,8].

Ґрунтуючись на світовій і вітчизняній практиці сервісного обслуговування транспортних засобів, можна зробити висновок, що найбільш ефективним видом ремонту є ремонт за технічним станом. На відміну від планового виду ремонту, коли, згідно з нормативно-технічною документацією, планування обсягів ремонту, кількість ремонтів, моментів постановки на ремонт, тривалості ремонту, а також витрати на ремонт здійснюється на тривалий період для кожної серії локомотивів, ремонт за технічним станом – це індивідуальний підхід, коли планується періодичність і обсяг контролю технічного стану відповідно до нормативно-технічною документацією для кожної серії локомотивів, а обсяг і момент початку ремонту визначаються технічним станом обладнання кожного локомотива. Він дозволяє скоротити витрати праці і матеріалів на технічне обслуговування і поточний ремонт за рахунок усунення дефектів кожного контрольованого вузла, запобігти зростанню витрат при прискореному старінні парку локомотивів, знизити рівень пошкоджуваності діагностованих вузлів тягового рухомого складу і підвищити економічність експлуатації локомотивів [1,5].

У світовій практиці за рахунок впровадження систем діагностування перейшли до системи ремонту з урахуванням фактичного технічного стану локомотивів, що дозволило істотно знизити витрати на утримання локомотивного парку. Однак повністю перейти на ремонт локомотивів за фактичним технічним станом не вдалося поки що нікому [13]. Тому його потрібно здійснювати поетапно, вирішуючи проблеми по обмеженому обладнанню, аж до повного охоплення всього обладнання локомотивів.

Тому пропонується розробка заходів з формування початкового етапу переходу від планово-попереджувальної системи ТОіР локомотивів промислового підприємства до системи, заснованої на фактичному стані локомотивів.

Одним із напрямків зменшення витрат на ремонт є використання цільової функції завдання якої полягає в мінімізації приросту відмов протягом звітного відрізка часу.

$$\sum_{t=1}^{T_o} \sum_{i=1}^N (m_{i,t-1} - m_{i,t}) \rightarrow \min \quad (1)$$

де: t - розрахунковий момент часу; T_o - звітний період; N - кількість одиниць рухомого складу; i - номер одиниці рухомого складу; $m_{i,t}$ - кількість відмов на i -му локомотиві в t -й момент часу.

$$m_{i,t} = \sum_t (1 - m_i) \quad (2)$$

де - m_i ознака працездатності i -го локомотива, значення $m_i = 1$ означає повну працездатність локомотива, в іншому випадку $m_i = 0$.

Використовувана математична модель представлена у вигляді алгоритму управління ефективністю і працездатністю системи ремонту (рисунок 1). Алгоритм спрямований на оптимізацію резервів і розробку варіантів перекладу системи ремонту на більш високі рівні ефективності і працездатності.

Транспортні технології

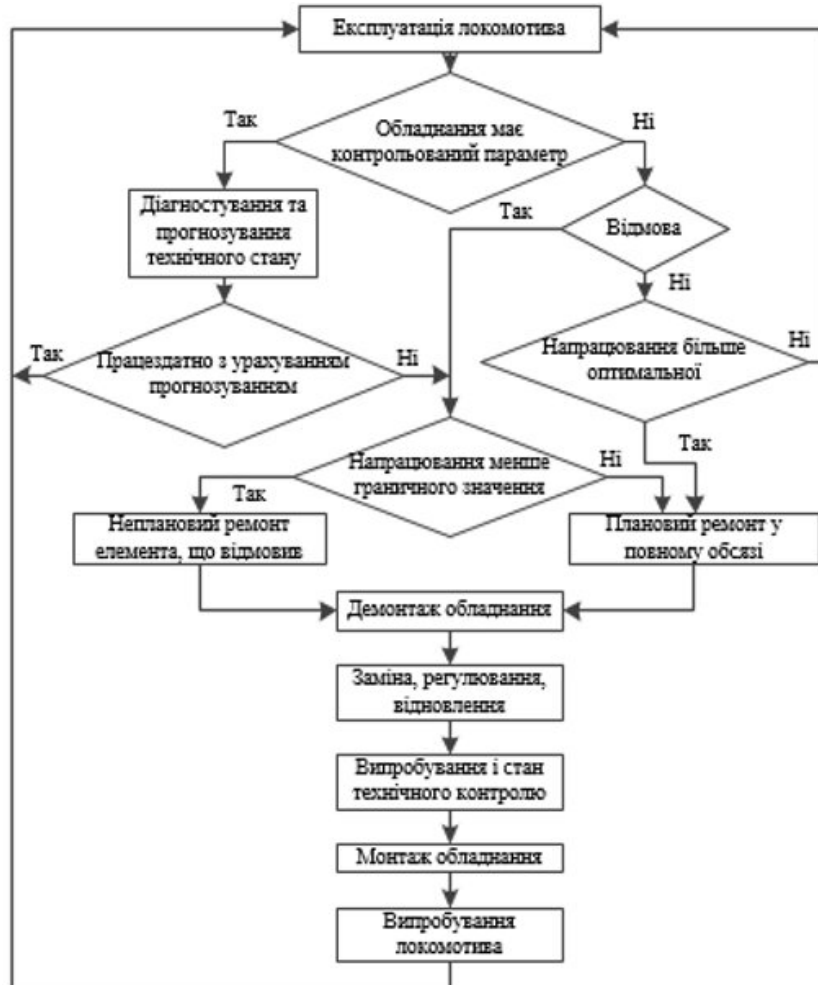


Рисунок 1 – Алгоритм функціонування системи технічного обслуговування та ремонту з урахуванням фактичного технічного стану локомотива

Одним з найбільш ефективних шляхів вирішення даної проблеми буде відступ від звичної планово-попереджувальної системи ТОіР, і перехід на більш досконалий метод із застосуванням логістичного підходу на підставі визначення та аналізу параметрів закону розподілу.

Закон розподілу - функція, що дозволяє визначити ймовірність того, що випадкова величина приймає певне значення або потрапляє в деякий інтервал. В нашому випадку під величинами приймаються відмови вузлів і агрегатів експлуатованих на підприємстві локомотивів. Аналіз динаміки відносної кількості відмов локомотивного парку допоможе визначити ступінь напрацювання локомотива в інтервалі експлуатації.

Показники для аналізу на сучасному ТРС отримують з даних бортових систем діагностування, встановлених на кожному окремому локомотиві. Однак, в рамках існуючої ситуації, в якій рухомий склад експлуатується на вичерпаному або продовженому ресурсі не представляється можливим отримати дані про відмови шляхом застосування даних систем діагностики.

У відсутності бортових систем діагностування для отримання та обробки інформації, необхідної для прогнозування зміни технічного стану локомотива за його експлуатаційними показниками можливе застосування засобів табличного процесора MS Excel. Такий підхід

Транспортні технології

може мати велике значення на початковій стадії впровадження системи ТОіР локомотивів за їх фактичним технічним станом.

Підвищення якості та вдосконалення процесів ТОіР забезпечують скорочення часу простою локомотивів під час проведення обслуговування, збільшення корисної роботи, а в результаті – прискорення перевезень. Удосконалення системи й організації технічного обслуговування повинно забезпечити краще використання локомотивів за часом і потужністю в поєднанні з підвищенням їх експлуатаційної надійності [3].

ВИСНОВКИ

Продуктивність і конкурентоспроможність металургійного виробництва в значній мірі залежить від технічної готовності транспорту забезпечити ефективне виконання перевізного процесу підприємства та покладає високу відповідальність на його ремонтну базу.

Аналіз наукових праць і досліджень в області організації ремонту локомотивів дозволили зробити висновок, що в теперішніх умовах виникла необхідність в коригуванні існуючої системи ТОіР для скорочення витрат на утримання рухомого складу.

Проведена оцінка існуючої системи ППР локомотивів, завдання якої попередити виникнення несправностей, зменшити зношування деталей і знизити темп погіршення технічного стану рухомого складу. Зростання кількості аварійних відмов, при існуючій системі ТОіР свідчить про не відповідність сучасним експлуатаційним умовам.

Розглянувши світовий досвід сервісного обслуговування транспортних засобів зроблено висновок, що найбільш ефективним видом ремонту є ремонт за фактичним технічним станом, але перехід до цієї системи відразу неможливий і вимагає великої підготовки.

Запропоновано застосування математичної моделі оптимізації управління ефективністю і працездатністю системи ремонту ТРС підприємства заснованої на мінімізації відмов і збоїв, яка представлена у вигляді алгоритму.

Список використаних джерел:

1. Головатый А. Т. Лебедев Ю. А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом. — М.: Транспорт, 1977. 159с.
2. Ремонт тепловозов. Рахматулин М. Д. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Транспорт», 1977. 447 с.
3. Босов А. А., Боднар Е. Б., Мосендз А. И. Основная задача совершенствования системы планово-предупредительных ремонтов локомотивов // Вісник Східноукр. нац. ун-т №7(41).-Луганськ:-2001. С. 93 – 97.
4. Белан А. П. Эффективность работы тепловозов по системе двух модулей / А. П. Белан // Промышленный транспорт XXI век. 2005. – № 3. – С. 36 – 38.
5. Эксплуатация и ремонт подвижного состава европейских дорог железных дорог. «Железные дороги мира», Русское издание, 1972 г. №8, 13-24 с.
6. Яковлев Г. Ф., Иунихин А. И., Колесников Ю. М. и др. «Поток и ритм в локомотиворемонтном производстве», М. Транспорт, 1978, 174 с.
7. Боднар Є. Б. Методи визначення міжремонтних періодів локомотивів // Зб. наук. праць. Дніпропетровського держ. техн. ун-ту залізн. тр-ту. Транспорт. Випуск 9. -Дн-ск: ДПТ - 2001. С. 33 – 37.
8. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов / Данковцев В. Т. – М. : УМЦ ЖДТ, 2007. – 558 с.
9. Головатый А. Т. Лебедев Ю. А. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов за рубежом. — М.: Транспорт, 1977. 159с.

Транспортні технології

10. Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов / В. И. Бервинов. – М. : УМЦ ЖДТ, 2008. – 332 с.
11. Акулиничев В. М. Организация перевозок на промышленном транспорте: Учебник. — М.: Высш. шк., 1983. — 247 с.
12. Дудкин Е.П., Корнилов С.Н. Оценка эффективности системы ремонта подвижного состава промышленного железнодорожного транспорта и планирование этапов ее реконструкции / Транспорт: наука, техника, управление. 2003. No 10. С.13-16.
13. Бабков, Ю.В. Принципы усовершенствования системы технического обслуживания и ремонта тепловозов 2ТЭ25А [Текст] / Ю.В. Бабков, В.А. Перминов, Е.Е. Белова // Локомотив. – 2013. – No 9. – С. 34 – 36.
14. Басов, Г. Г. Вибір системи технічного обслуговування та ремонту нового наукоємного рухомого складу міського та приміського транспорту / Г. Г. Басов, А. П. Фалендиш, П. О. Харламов, І. О. Бабіч. // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – Вип. 72. – С. 275–281.

Маслак Г. В., Тимофеев М.Ю.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОДЛЕННОГО РЕСУРСА ТРАНСПОРТНЫХ ЕДИНИЦ

В современных производственных условиях на металлургических предприятиях одним из основных видов технологического транспорта остается железнодорожный. Из-за старения тягового подвижного состава возникает проблема перераспределения ресурсов на внеплановые ремонты, из-за увеличения которых снижается качество плановых ремонтов. Низкая эффективность и работоспособность системы технического обслуживания и ремонта, обусловленные избытком ремонтных мощностей и падением объемов перевозок, приводит к уменьшению расходов выделенных непосредственно системе. В следствие этого содержание локомотивов по мере их дальнейшей эксплуатации при данной системе обслуживания и ремонта будут постепенно увеличиваться. Предприятие несет дополнительные убытки, что повлияет на себестоимость товарной продукции. Для решения рассматриваемых проблем в работе проведен комплексный анализ используемой на металлургических предприятиях полного цикла системы планово-предупредительного ремонта локомотивного парка. Указаны основные недостатки системы при использовании локомотивов, достигших физического и морального износа. Используя мировой опыт проведения технического обслуживания и ремонта подвижного состава железнодорожного транспорта, было выяснено, что наиболее перспективным видом ремонта является ремонт по техническому состоянию. Приведены основные преимущества перед планово-предупредительной системой, основанные на индивидуальном подходе к объему и моменту начала ремонта оборудования каждого локомотива, с учетом его технического состояния. Выявлены меры, основанные на использовании целевой функции, задача которой заключается в минимизации прироста отказов. Предложен алгоритм функционирования системы технического обслуживания и ремонта с учетом фактического технического состояния локомотива.

Ключевые слова. Тепловоз, тяговый подвижной состав, техническое обслуживание, ремонт, планово-предупредительная система, техническая эксплуатация.

MODERNIZATION OF THE PLANNED WARNING SYSTEM REPAIR OF THE LOCOMOTIVE FLEET OF A METALLURGICAL ENTERPRISE IN CONDITIONS OF EXTENDED SERVICE LIFE OF TRANSPORT UNITS

In modern production conditions at metallurgical enterprises, one of the main types of technological transport remains railway. Due to the aging of traction rolling stock, there is a problem of reallocation of resources for unscheduled repairs, due to the increase in which the quality of planned repairs decreases. Low efficiency and operability of the maintenance and repair system, due to an excess of repair capacity and a drop in traffic volumes, which leads to a reduction in the costs allocated directly to the system. As a result, the maintenance of locomotives will gradually increase as they are further operated under this maintenance and repair system. The company will suffer additional losses, which will affect the cost of marketable products. To solve the problems under consideration, a comprehensive analysis of the system of preventive maintenance of the locomotive fleet used at metallurgical enterprises of the full cycle is carried out in the work. The main disadvantages of the system when using locomotives that have achieved physical and moral wear and tear are indicated. Using the world experience of carrying out maintenance and repair of rolling stock of railway transport, it was found out that the most promising type of repair is repair for technical condition. The main advantages over the planned preventive system are given, based on an individual approach to the volume and moment of starting repair of each locomotive's equipment, taking into account its technical condition. Measures based on the use of the objective function are identified, the task of which is to minimize the increase in failures. An algorithm for the functioning of the maintenance and repair system is proposed, taking into account the actual technical condition of the locomotive.

Keywords. Diesel locomotive, traction rolling stock, maintenance, repair, scheduled warning system, technical operation.

Стаття надійшла 10.05.2021.