

УДК 629.4.089

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.153.2015.64683>

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО КОРЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТО, ПР
ЛОКОМОТИВІВ В ПІСЛЯ НОРМАТИВНИЙ ПЕРІОД ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Докт. техн. наук О.С. Крашенінін

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К КОРЕКТИРОВКЕ ТЕХНОЛОГИИ ТО, ТР
ЛОКОМОТИВОВ В ПОСЛЕ НОРМАТИВНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Докт. техн. наук А.С. Крашенинин

**IMPROVED TECHNOLOGY APPROACHES TO CORRECTION MAINTENANCE,
CURRENT REPAIR LOCOMOTIVES REGULATORY PERIOD AFTER OPERATION**

Doct. of techn. sciences A. Krashenin

У зв'язку із фізичним і моральним зносом локомотивного парку важливим напрямком забезпечення ефективності експлуатаційної роботи залізничного транспорту в досяжній

перспективі є раціональне використання наявного рухомого складу в межах призначеного і подовження термінів служби. Разом з цим, як показують дослідження, для обладнання локомотивів не завжди повністю відомі необхідні характеристики їх надійності. Зокрема, це відноситься до функції розподілу часу непередбачених відмов обладнання, що в період після нормативної експлуатації не дозволяє в повній мірі досягти обґрунтованого обсягу робіт з ТО, ПР для забезпечення їх технічного стану.

В статті розглянуто підхід щодо врахування співвідношень наробки і технічного стану обладнання локомотивів за допомогою методу статистичних випробувань при коректуванні технології утримання локомотивів, особливо при перевищенні нормативних пробігів.

Ключові слова: *система утримання локомотивів, метод статистичного випробування.*

В связи с физическим и моральным износом локомотивного парка важным направлением обеспечения эффективности эксплуатационной работы железнодорожного транспорта в обозримой перспективе является рациональное использование имеющегося подвижного состава в пределах назначенного и удлинение сроков службы. Вместе с тем, как показывают исследования, для оборудования локомотивов не всегда полностью известны необходимые характеристики их надежности. В частности, это относится к функции распределения времени непредвиденных отказов оборудования, в период после нормативной эксплуатации не позволяет в полной мере достичь обоснованного объема работ по ТО, ПР для обеспечения их технического состояния.

В статье рассмотрен подход относительно учета соотношений наработки и технического состояния оборудования локомотивов с помощью метода статистических испытаний при корректировке технологии содержания локомотивов, особенно при превышении нормативных пробегов.

Ключевые слова: *система содержания локомотивов, метод статистического испытания.*

Due to the wear and tear of locomotive fleet important area to ensure operational efficiency of rail transport in the foreseeable future is the rational use of existing rolling stock within the assigned and longer life. However, studies show that for the equipment of locomotives are not always fully known necessary characteristics of their reliability. In particular, this applies to the distribution function of the time of unforeseen equipment failures, since the regulatory operation does not allow to fully achieve the sound volume of works on TO, PR for their technical condition.

The article describes the approach on accounting relations developments and technical state of equipment of locomotives by the method of statistical tests to adjust the technology content of locomotives, especially in excess of regulatory runs.

Key words: *the content of locomotives, the method of statistical tests.*

Вступ. Впродовж останніх років за завданням Укрзалізниці інтенсивно виконуються науково-технічні розробки і дослідження щодо збільшення термінів служби локомотивів без погіршення показників безпеки руху та надійності, що передбачає необхідність враховувати термін експлуатації при визначенні і коректуванні обсягів робіт з ТО, ТР.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Забезпечення подовження терміну експлуатації наявних локомотивів повинно

вирішуватись шляхом дотримання оптимального співвідношення заходів з коректування стратегії (міжремонтних пробігів) і тактики (обсягів ТО, ПР локомотивів).

Це потребує врахування співвідношень реальної наробки локомотива і технічного стану обладнання локомотивів для формування скоректованої системи утримання локомотивів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням визначення та поліпшення техніко-економічних показників функціонування тягового рухомого складу

приділяється багато уваги як в нашій країні, так і за кордоном. Фундаментальні дослідження в цьому напрямку виконувались і виконуються як в наукових організаціях так і на виробничих підприємствах.

Значна частина проведених досліджень щодо удосконалення системи утримання ТО, ПР локомотивів направлена на удосконалення конкретних технологічних заходів по їх утриманню, але іноді без врахування терміну їх експлуатації. Основні підходи побудовані на концепції заміни (списання, завершення терміну експлуатації) технічних засобів, коли собівартість експлуатації на старих технічних засобах стає більшою, ніж приведена собівартість, отримана за допомогою нових технічних засобів. Інші – концепції заміни технічних засобів по мірі збільшення терміну служби, коли починають критично зменшуватися величини витрат на відновлення капітальних вкладень, а також рості відставання старого технічного засобу від нового за експлуатаційними показниками.

Кожен з підходів має свої переваги і недоліки, але в деякій мірі не спроможний в повній мірі забезпечити тривале і ефективне використання локомотивів за призначенням.

Визначення мети та задачі дослідження. Метою статті є розробка методики коректування ТО, ПР локомотивів в після нормативний період експлуатації методом статистичних випробувань.

Основна частина дослідження. Відомий ряд методів визначення оптимальних режимів технічного обслуговування обладнання локомотивів, заснованих на аналітичному зв'язку параметрів, що характеризують стан локомотивів або їх обладнання з показниками ефективності – рівнем безвідмовності, трудовими або матеріальними витратами. Застосування цих методів при обґрунтуванні режимів ТО, ПР показало можливість використання єдиного підходу при обґрунтуванні нормативів ТО, ПР обслуговування та одного з їх елементів – діагностики. Однак чисто аналітичні методи мають певні обмеження та недоліки.

Аналітичний розв'язок завдання серйозно ускладнюється в умовах варіації наробітків на відмови або несправності, фактичних періодичностей і трудомісткостей технічного обслуговування і ремонту.

Досвід показує на доцільність використання для розв'язку подібних завдань методу статистичних випробувань.

Сутність і процедура методу статистичних випробувань зводиться до побудови штучної моделі, що володіє необхідними властивостями реальної системи; до експериментуванню зі штучною моделлю, тобто одержанню необхідних залежностей, оцінок, характеристик; до визначення точності отриманих результатів. Реалізація методу статистичних випробувань зводиться до «розіграшу» окремих випадкових величин і одержанню їх комбінацій відповідно до моделі реального процесу.

Так трудомісткість технічного обслуговування може бути отримана методом статистичних випробувань в такий спосіб:

- створюються масиви, що характеризують розподіл трудомісткості технічного обслуговування кожної операції. Масив включає фактичні експериментальні дані або дані, розраховані виходячи з виду і параметрів закону розподілу випадкової величини;

- з кожного масиву у випадковому порядку вибирається одне значення випадкової величини;

- випадкові значення трудомісткостей підсумовують і дають одну реалізацію випадкового процесу трудомісткості обслуговування групи операцій;

- повторюючи багаторазово розіграші та підсумовування, одержують статистичний матеріал, який потім обробляють методами математичної статистики.

Розглянемо деяку монотонну зміну параметра технічного стану обладнання δ за часом або пробігом за випадковий наробіток на відмову, що має вигляд $x_i(\bar{x}, \sigma\bar{x}, v\bar{x})$ (рис. 1). Для обладнання проводиться ТО, яке в загальному випадку складається з контрольної частини, виконуваної із середньою періодичністю \bar{l}_i , що має варіацію (l_i, v_j, σ_j) , і виконавської, що проводиться за результатами контролю з деякою імовірністю, стаціонарне значення якої дорівнює коефіцієнту повторюваності K .

Як наробіток на відмову, так і фактичні періодичності технічного обслуговування, можуть задаватися

Рухомий склад залізниць

аналітично у вигляді конкретних законів розподілу і їх параметрів $(\bar{l}, \sigma_c, v_e, \bar{x}, \delta_x; v_x)$, а також і масивом фактичних даних $[X]$, $[l]$.

В обох випадках при використанні методу статистичного випробування обираються у випадковому порядку і дорівнюються для пари випадкових величин – наробіток і періодичність: $x_i - l_i, x_k - l_k$ і т.д. стан відмови та відповідний наробіток на відмову x_i звичайно зв'язуються з конкретним припустимим значенням параметра технічного стану δ_d , що є точковою оцінкою.

Враховуючи, що як визначення самого значення граничного стану, так і визначення пробігу або часу роботи, йому відповідного, мають певну точність, доцільно ввести

наступні поняття: допуск на параметр технічного стану $\Delta\delta = \delta_1 - \delta_2$; допуск до наробітку на відмову. Параметри $\Delta x = x_i^{\max} - x_i^{\min}$ і x_i^{\min} відповідають порогу прогнозу (або чутливості діагностики)

$$x_i^{\min} = \varepsilon_n x_i; 0 \leq \varepsilon_n \leq 1,$$

де ε_n - коефіцієнт чутливості прогнозу, що залежить від точності застосовуваних контрольно-діагностичних методів, наявності інформації про закономірності зміни параметра технічного стану й ступені його розсіювання.

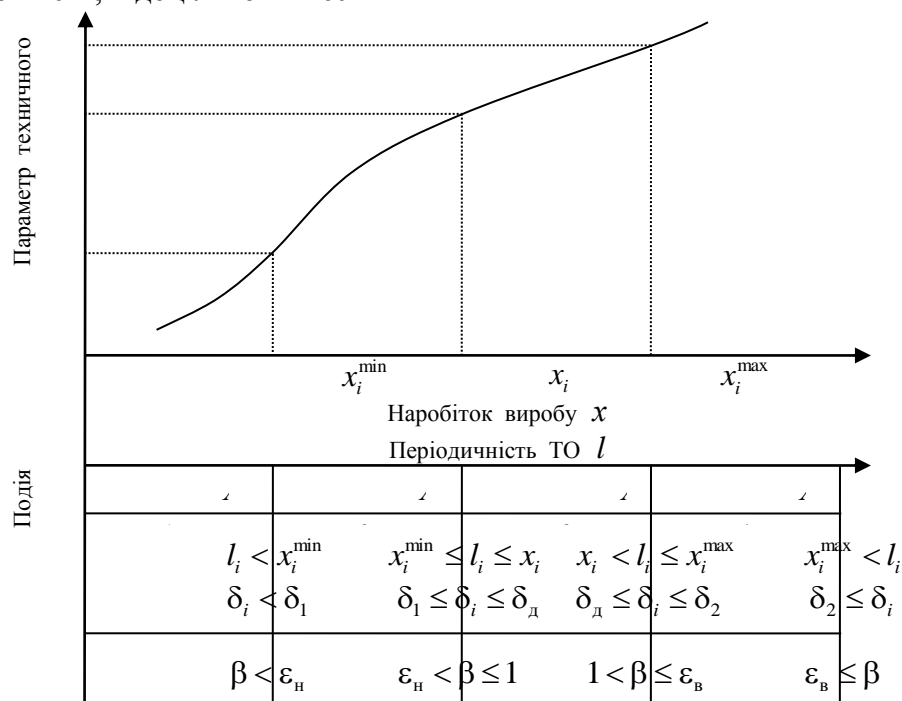


Рис. 1

Між Δx і $\Delta\delta$ існує наступна залежність;

$$\Delta\delta \cong \Delta x \operatorname{tg} \alpha = \bar{a},$$

де \bar{a} - середня інтенсивність зміни параметра технічного стану в зоні відмови. При значнім розсіюванні значення \bar{a} може бути замінене на $a_d = \bar{a} \cdot \mu$, де μ - коефіцієнт максимальної інтенсивності зміни параметра технічного стану.

При випадковій комбінації x_i і l_i можливі чотири події (рис. 1):

Перша подія A_1 : $l_i < x_i^{\min}$; $\delta_i < \delta_1$ - контрольна частина операції виконується, виконавська частина не виконується; Друга подія A_2 : $x_i^{\min} \leq l_i \leq x_i$; $\delta_1 \leq \delta_i \leq \delta_d$ - контрольна частина виконується, виконавська частина операції виконується з урахуванням попередження; Третя подія A_3 : $x_i < l_i \leq x_i^{\max}$; $\delta_d \leq \delta_i \leq \delta_2$ - контрольна частина операції виконується, виконавська частина виконується з урахуванням допуску;

Четверта подія A_4 : $x_i^{\min} < l_i$; $\delta_2 < \delta_i$ - відмова. Якщо подія A_4 пов'язана з фізичною відмовою, а не з фіксацією стану ($\delta_i \geq \delta_2$), то контрольна частина не виконується, а виконавська частина зводиться до усунення відмови, тобто проведенню ремонту.

Таблиця 1

Подія	Вартість		Імовірність	Число реалізацій	Подія	Вартість		Імовірність	Число реалізацій
	Контрольна частина (контроль і ухвалення рішення)	Виконавська частина				Контрольна частина (контроль і ухвалення рішення)	Виконавська частина		
A_1	r_1	$d_1=0$	P_1	n_1	A_3	r_3	d_3	P_3	n_3
A_2	r_2	d_2	P_2	n_2	A_4	r_4	d_4	$P_4=3$	n_4

При переході від події A_1 до наступних подій невизначеність при ухваленні рішення скорочується, тому в загальному випадку слушне співвідношення $r_1 > r_2 > r_3 > r_4$, причому при фізичній відмові $r_4=0$.

Сумарні питомі витрати на обслуговування та ремонт за цикл дорівнює

$$C_{\Sigma} = \frac{\alpha}{l} [P_1 r_1 + P_2 r_2 + P_3 r_3 + P_4 (c + r_4) + kd]$$

Наробіток на випадок відмови при проведенні профілактичних технологічних заходів і відповідний параметр потоку відмов дорівнюють:

$$\bar{L} = \frac{(n_1 + n_2 + n_3) \cdot \bar{l}}{n_4} = \frac{\bar{l}}{\alpha P_4};$$

$$\lambda_{II} = \frac{\alpha P_4}{l}.$$

Умови економічної ефективності технологічних заходів $C_{\Sigma} \leq C'_{II}$ або

$$\left\{ \frac{c}{x} - \frac{\alpha}{l} [P_1 r_1 + P_2 r_2 + P_3 r_3 + P_4 (c + r_4) + kd] \right\} \geq 0$$

Скорочення параметра потоку відмов у міжремонтних періодах у випадку прийняття відповідного технологічного варіанта:

$$\Delta\lambda = \lambda'_{II} - \lambda_{II} = \frac{\bar{L} - \bar{x}}{xL}$$

або

У таблиці 1 наведені вартості і імовірності реалізації подій.

$$\Delta\lambda = \frac{\bar{l} - \bar{x} P_4 \alpha}{\bar{x} l} = \frac{\beta - \alpha P_4}{l},$$

звідки визначаємо просте правило доцільності проведення технологічних заходів з обслуговування по безвідмовності.

Крім цього, надається можливість визначення середньої вартості (трудомісткості) проведення технологічних операцій:

$$d_{II} = \alpha [P_1 r_1 + P_2 (r_2 + d) + P_3 (r_3 + d)].$$

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку.

1. Запропонований метод дозволяє реалізувати кілька варіантів оптимізації, серед яких найважливішими є наступні.

Варіант 1 – при заданих характеристиках безвідмовності або довговічності обладнання $(\bar{x}; \sigma_x; v_x)$, вартості ремонту c , а також припустимій безвідмовності в міжремонтні періоди $1 - P_4$ визначити доцільність технологічних заходів і режимів їх проведення $(\bar{l}; \sigma_l; v_l; r_1; r_2; r_3; r_4; d)$.

Варіант 2 – при заданих характеристиках безвідмовності або довговічності обладнання $(\bar{x}; \sigma_x; v_x)$, а також їх ремонтпридатності $(r_1; r_2; r_3; r_4; c; d)$ визначити доцільність відповідних технологічних заходів, їх режими та імовірність відмов у міжремонтні періоди.

Варіант 3 – при заданих характеристиках безвідмовності або довговічності обладнання $(\bar{x}; \sigma_x; v_x)$, вартості ремонту s і виконавської частини операції (d_n) визначити режими технологічних заходів $(\bar{l}; \sigma_j; v_j)$ і їх стратегію (з контролем, без контролю, із прогнозом і т.д.), а також точність і вартість контрольно-діагностичних операцій устаткування $(r_1; r_2; r_3; r_4; \varepsilon_n; \varepsilon_b)$.

2. Розроблена процедура є подальшим розвитком техніко-економічного і економіко-

імовірнісного методів, поєднує можливі організаційні і технологічні варіанти, що виникають при розв'язку технологічних завдань, і дозволяє: вибрати стратегію і режим технологічних заходів; визначити та коректувати технологію та організацію виконання.

3. . профілактичних робіт (без контролю, з контролем різної глибини і вартості).

Список використаних джерел

- 1 Тартаковский, Э.Д. Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: Монография [Текст] / Э.Д. Тартаковский, С.Г.Грищенко, Ю.Е.Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск: Изд-во «Наулирис». 2011. – 174 с. – Ил. 63 табл. 12, список лит. 191 наим.
2. Азгальдов, Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) [Текст]. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
3. Бурдаков, В.Д. Об оценки технического уровня транспортных средств [Текст] // Стандарты и качество, 1988. – С. 112
4. Смирнов, Н.Н. и др. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов [Текст]. – М.: Транспорт, 1974, - 364 с.
5. Г.Хантли. Анализ размерностей [Текст]. – М. Мир, 1970. – 176 с.
6. Сухарев Э.А. Теория эксплуатационной надежности машин / Лекционный курс [Текст]. – Рівне: Видавництво УДАВГ, 1997, 162 с.
7. Степанов, М.Н. Статические методы обработки результатов механических результатов / Справочник [Текст]. – М.: Машиностроение, 1985. – 232с.
8. Галкин, В.Г. Надежность тягового подвижного состава. / В.Г. Галкин, В.П. Парамзин, В.А. Четвергов. Учеб. Пособие для вузов ж.-д. трансп. [Текст] // М.: Транспорт, 1981, 184 с.
9. Северцев, Н.А. Надежность сложных систем в эксплуатации и обработке: Учебное пособие для вузов. [Текст]. – М.: Высш. шк., 1989. – 432 с.
10. Решетов, Д.Н. Надежность машин [Текст] / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высшая шк., 1988.
11. Козлов Б.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики [Текст]. Б.А. Козлов, И.А. Ушаков // М.: Изд-во «Советское радио», 1975 – 472с.

Крашенінін Олександр Семенович, доктор технічних наук, професор кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу»

Krasheninina Aleksandr, d-r science, professor department of operation and maintenance of rolling stock Ukraine State University of Railway Transport. Tel.:

Стаття поступила 21.04.2015