

УДК 629.4.014

## ОБҐРУНТУВАННЯ КОНТРОЛЮ МАЛОЇ КІЛЬКОСТІ ПАРАМЕТРІВ МОДЕРНІЗОВАНОГО ТЕПЛОВОЗУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ НА НАДІЙНІСТЬ

Міхєєв С.О.

## SUBSTANTIATION OF CONTROL SMALL SCALE QUANTITY OF PARAMETERS IN UPGRADED LOCOMOTIVES START-RELIABILITY TESTING

Mikheev S.

*Автор статті на основі аналізу технічного стану парку тягового рухомого складу дає рекомендації по оновленню парку тепловозів. Наголошено на необхідності проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів з метою визначення їх робочих параметрів. Встановлена необхідність оптимізації вибору контрольних параметрів для зручності проведення експлуатаційних випробувань рухомого складу та зниження їх вартості. Складена та запропонована удосконалена модель проведення експлуатаційних випробувань із використанням малої кількості контрольних параметрів для визначення надійності. Вказано на взаємозв'язок між кількістю контрольних параметрів при випробуваннях, тривалістю їх проведення та вартістю, а також точністю результатів випробувань для задоволення вимог замовника випробувань.*

**Ключові слова:** випробування локомотивів, модернізація, модель експлуатаційних випробувань, оновлення парку тягового рухомого складу, контрольні параметри.

**Вступ.** В умовах нагальної потреби оновлення парку тягового рухомого складу (ТРС) для залізниць України, та обмеженості фінансування закупівель нових локомотивів постало питання у методах виходу із ситуації що склалася [1, 2]. Після прийняття «Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 - 2020 роки», в якій було проведено загальний аналіз технічного стану рухомого складу, та огляд ситуації по кожній серії ТРС компромісним рішенням було прийнято виконання модернізації тих серій локомотивів, яким це дозволяє технічний стан основних несучих конструкцій з огляду на необхідність подовження терміну їх служби, в середньому, ще на 15 років [3].

**Постановка проблеми.** Технічною комісією було встановлено, що в більшості локомотивів технічний стан головної рами та рам візків задовольняє вимогам для подовження терміну служби. З урахуванням потреби у локомотивів та відсутності закупівель

нових було прийнято рішення у проведенні модернізації тепловозів із заміною обладнання та вузлів розміщених вище головної рами. Після проведення модернізації тепловоза, відповідно до вимог на виготовлення продукції транспортного призначення [5, 6], локомотив підлягає випробуванням. Проведення експлуатаційних випробувань на надійність передбачає контроль досить широкого спектру параметрів роботи одиниці тягового рухомого складу та розрахунок великої кількості показників, за якими визначається зміна стану локомотива. Дана процедура представляє собою великий об'єм робіт та вимагає великої кількості задіяних спеціалістів, що в свою чергу вимагає досить суттєвого фінансування.

**Мета статті.** Обґрунтувати можливість контролю мінімального числа робочих параметрів при експлуатаційних випробуваннях модернізованого тепловозу без зниження рівня достовірності результатів при їх проведенні.

**Основний матеріал статті.** При оновленні парку ТРС постала проблема скорочення витрат на випробування. Як варіант виходу із ситуації було обрано виконання модернізації локомотивів, що дасть можливість зменшити витрати у порівнянні із придбанням нового ТРС. Однак, ще одним з етапів зниження вартості модернізації локомотива є скорочення витрат на проведення його випробувань, і, як наслідок, експлуатаційних в тому числі.

Після виконаної модернізації тепловозів із заміною силової установки постало питання визначення його надійності в умовах експлуатації. Відповідно до розробленої класифікації експлуатаційних випробувань ТРС [7 – 9], а також з урахуванням вимог замовника виконується вибір типу експлуатаційних випробувань – «експлуатаційні випробування на надійність». Даний тип випробувань передбачає контроль робочих характеристик і показників, за

якими і буде визначатись надійність роботи модернізованого тепловозу. Для можливості скорочення витрат на випробування виконано перебір всіх показників з метою його обмеження.

Дану проблему можна вирішити при використанні додаткової інформації, яка при застосуванні класичної моделі випробувань не використовується. При використанні класичного методу вихідними даними для розрахунку є необхідний показник надійності  $S_{TP}$  та прийнятий ризик замовника продукції  $\beta = 1 - \gamma$  ( $\gamma$  – довірча імовірність). При цьому максимальну кількість контрольних параметрів при експлуатаційних випробуваннях на надійність, що проводяться без відмов визначають за формулою:

$$F_{rel}^{work} = F_{rel}^{work}(S_{TP}, \beta) = \frac{\ln \beta}{\ln S_{TP}} \quad (1)$$

де  $S_{TP}$  – показник надійності, який встановлено замовником випробувань;  
 $\beta$  – прийнятий ризик замовника експлуатаційних випробувань на надійність.

Основний недолік класичної схеми експлуатаційних випробувань ТРС полягає в тому, що в цьому випадку не враховуються усі його фактичні можливості. Ці можливості можна врахувати, якщо додатково відомо гарантоване значення ресурсної збитковості  $\eta$  і коефіцієнта варіації  $\nu$  [10, 11].

Для одержання такої інформації експлуатаційні випробування проводяться за планом [NUN] (до відмови всіх  $N$  виділених локомотивів), що дасть можливість по отриманому ряду відмов визначити необхідну для зменшення кількості випробувань інформацію.

Проведені дослідження показали, що облік характеристик ресурсної збитковості дозволяє суттєво зменшити тривалість експлуатаційних випробувань на надійність. На зменшення тривалості експлуатаційних випробувань також впливає використання інформації про інших видах збитковості (включаючи структурну  $m$ ), а також про коефіцієнт форсування  $k^{\phi}$ , що враховує більш тяжкі умови випробувань. При розробці такої методики важливо мати уяву про індивідуальний вплив кожного з перерахованих вихідних даних:  $S_{TP}$ ,  $\beta$ ,  $\eta$ ,  $\nu$  на тривалість експлуатаційних випробувань на надійність для різних видів законів розподілу й випадкових процесів.

З аналізу результатів проведених досліджень [12] випливає, що в загальному випадку формула для визначення мінімальної кількості контрольних параметрів при проведенні експлуатаційних випробувань при обліку закону розподілу й характеристик  $\eta$ ,  $\nu$  розподілу ресурсу має вигляд

$$F = F(S_{TP}, \beta, \eta, \nu) = \frac{\ln \beta}{W(\Omega) \ln S_{TP}} = \frac{n_0(S_{TP}, \beta)}{W(S_{TP}, \eta, \nu)}, \quad (2)$$

де  $W(\Omega)$  – коефіцієнт зменшення кількості контрольних параметрів для заданого показника надійності  $S_{TP}$  у порівнянні з біноміальною схемою при обліку конкретного закону розподілу ресурсу й фактичних дослідних характеристик ресурсу (коефіцієнта варіації  $\nu$ ) і гарантованого значення ресурсної надмірності  $\eta$ ).

Для оцінки впливу кількості контрольних параметрів можна використовувати формулу (1), з якої слідує, що зміна кількості контрольних параметрів для випробувань при зміні параметрів РТР та  $\beta$  необхідно визначати за формулами:

$$\frac{\partial f}{\partial S_{TP}} = \frac{S_{TP} \cdot \ln \beta}{(\ln S_{TP})^2} = -\frac{f_0(S_{TP}, \beta)}{S_{TP} \cdot \ln S_{TP}}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial \beta} = \frac{\beta^{-1}}{\ln S_{TP}} = \frac{n_0(S_{TP}, \beta)}{\beta \cdot \ln \beta}. \quad (4)$$

При значеннях  $S_{TP} = 0,95$  та  $\beta = 0,15$ , які прийняті для ТРС встановлено, що вплив ризиків замовника на зміну кількості контрольних параметрів при випробуваннях майже на порядок нижче ніж вплив показника надійності.

При виборі оптимальних показників РТР та  $\beta$  оцінку впливу показників на зміну необхідної кількості контрольних параметрів можна визначити за формулою:

$$\Delta n_0 = \frac{\partial f}{\partial \bar{S}_{TP}} \cdot \Delta \bar{S}_{TP} + \frac{\partial f}{\partial \bar{\beta}} \Delta \bar{\beta}, \quad (5)$$

де  $\Delta \bar{S}_{TP}$ ,  $\Delta \bar{\beta} = -\Delta \tilde{\gamma}$  – відповідно зміна показників надійності та ризику замовника (або довірчої межі), %.

Таким чином, після встановлення рівня необхідної надійності та рівня ризику замовника випробувань виконується вибір кількості контрольних показників для експлуатаційних випробувань модернізованого тепловоза на надійність, які утворюють масив показників випробувань:

$$Q_{rel} = \{C_{mal}(\nu), \nu, Z_{rep}^j, K_{rep}^j\} \quad (6)$$

де  $C_{mal}(\nu)$  – кількість відмов, які сталися під час експлуатаційних випробувань;

$\nu$  – пробіг за час експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на надійність;

$Z_{rep}^j$  – пробіг між відповідними технічними обслуговуваннями (ТО) та поточними ремонтами (ПР), які проведені за час експлуатаційних випробувань;

$K_{rep}^j$  – тривалість відповідних технічних обслуговувань (ТО) та поточних ремонтів (ПР), які проведені за час експлуатаційних випробувань.

Як вже було відмічено для випробувань встановлено план спостережень [NUN], який дає змогу проконтролювати всі локомотиви, які приймають участь у випробуваннях та встановити величину безвідмовного пробігу локомотива. Головним обмеженням при проведенні випробувань є відсутність відмов чи несправностей у локомотивів за час відведення на експлуатаційні випробування на надійність ( $C_{mal}(v) = 0$ ).

**Висновки.** Оновлення парку ТРС вимагає значних капіталовкладень, однак їх можна скоротити за рахунок модернізації існуючих тепловозів. Модернізація локомотивів вимагає проведення випробувань, вартість яких також можна скоротити за рахунок обмеження переліку контрольних параметрів тільки необхідним мінімумом. Для проведення експлуатаційних випробувань на надійність було встановлено масив контрольних показників та умови їх проведення, які забезпечують визначення надійності роботи модернізованого маневрового локомотиву з необхідною для замовника точністю та достовірністю.

Відповідно до вибраного об'єму контрольних показників, було проведено експлуатаційні випробування модернізованого тепловоза ЧМЕЗ, в результаті яких визначено його основні робочі показники та відповідність заданому рівню надійності.

#### Література

1. «Укрзалізниця» починає оновлення локомотивного парку [Електронний ресурс] / Режим доступу: [vchasnik.ua/ukraina/237473ukrzaliznytsya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka](http://vchasnik.ua/ukraina/237473ukrzaliznytsya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka) – Назва з екрану.
2. «Укрзалізниця» до 2015 г. модернізує 1,5 тис. тепловозів [Електронний ресурс] / Режим доступу: [www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzaliznytsia-do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys-teplovovozov/](http://www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzaliznytsia-do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys-teplovovozov/) – Назва з екрану.
3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 - 2020 роки [Текст] -К.: ТОВ«НВП Поліграфсервіс», 2009.- 301 с.
4. ОСТ 32.181-2001. Порядок заказа, разработки, постановки на производство, проведения испытаний и утилизации железнодорожной техники [Текст]. – Введ. 2001-10-05. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2001. IV, 63 с. – (Система разработки и постановки продукции на производство).
5. ГСТУ 32.0.08.001-97. Порядок розроблення та поставлення продукції на виробництво для потреб залізничного транспорту в системі Міністерства транспорту України [Текст]. - Введ. 1999-05-10 - Київ: Галузевий стандарт України: Міністерство транспорту України, 2000. I, 96 с.
6. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Текст]. – Взамен ГОСТ 16504-74. введ. 1982-01-01. – М.: Госстандарт: Изд-во стандартов, 1981. – IV, 24 с. (Система государственных испытаний продукции).
7. Зінківський, А. М. Модель вибору техніко-економічних показників при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованих локомотивів [Текст] / А. М. Зінківський, Ю. В. Білецький // Городской электротранспорт, электроснабжение и освещение городов: научн. – техн. конф.: 24 – 26 апреля 2012 г.: программа и тезисы. – Харьков, 2012. С. 29-30.
8. Кучеренко, А. М. Модель проведення експлуатаційних випробувань [Текст] / А. М. Кучеренко // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: наук. – практ. конф.: матер. конф., – Київ, 2011. – С. 89.
9. Переверзев, Е.С., Фалько, Л.В. Некоторые вопросы обоснования объемов испытаний на надежность при наличии априорной информации о законе распределения наработки до отказа // Надежность и контроль качества. – 1984. № 6. – С. 24 – 29.
10. Переверзев, Е.С., Шапошников, В.А., Митрошин, П.П., Рыбась, В.С. Подтверждение заданного уровня надежности минимальным числом испытаний // Все-союз. Науч.-техн. Симп. «Надежность и качество в приборостроении и радиоэлектронике: Тез. Докл. – М.: Радио и связь, - 1986. – Ч. 2. – С. 33 – 34.
11. Рыбась, В.С. Исследование влияния различных видов избыточности и закона распределения ресурса на объем испытаний технических систем [Текст] / В.С. Рыбась, В.Г. Курасов // Надежность технических систем: Сб. научн. трудов / АН Украины. Ин-т техн. механики. Редкол.: Переверзев Е.С. (отв. Ред.) и др. – Киев: наук. думка. – 1991. – С. 102 – 107.

#### References

1. «Ukrzaliznytsya» nachinaet obnovenie lo-komotivnogo parka [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: [vchasnik.ua/ukraina/237473ukrzaliznytsya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka](http://vchasnik.ua/ukraina/237473ukrzaliznytsya-nachinaet-obnovlenie-lokomotivnogo-parka) – Nazva z ekranu.
2. «Ukrzaliznytsya» do 2015 g. moderniziruet 1,5 tys. teplovovozov [Jelektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: [www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzaliznytsia-do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys-teplovovozov/](http://www.rzd-partner.ru/news/lokomotivy/ukrzaliznytsia-do-2015-g--moderniziruet-1-5-tys-teplovovozov/) – Nazva z ekranu.
3. Kompleksna programa onovlennja zaliznich-nogo ruhomogo skladu Ukraїni na 2008 - 2020 roki [Tekst] -K.: TOV«NVP Poligrafservis», 2009.- 301 s.
4. OST 32.181-2001. Porjadok zakaza, razrobot-ki, postanovki na proizvodstvo, provedenija ispy-tanij i utilizacii zheleznodorozhnoj tehniky [Tekst]. – Vved. 2001-10-05. – Minsk: Mezghos. sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii; M.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 2001. IV, 63 s. – (Sistema razrobotki i postanovki produkcii na proizvodstvo).
5. GSTU 32.0.08.001-97. Porjadok rozroblennja ta postavlennja produkcii na virobnicтво dlja pot-reb zalizničnogo transportu v sistemi Ministerstva transportu Ukraїni [Tekst]. - Vved. 1999-05-10 - Kiїv: Galuzevij standart Ukraїni: Ministerstvo transportu Ukraїni, 2000. I, 96 s.
6. GOST 16504-81. Ispytanija i kontrol' ka-čestva produkcii. Osnovnye terminy i opredele-nija [Tekst]. – Vzamen GOST 16504-74. vved. 1982-01-01. – M.: Gosstandart: Izd-vo standartov, 1981. – IV, 24 s. (Sistema gosudarstvennyh ispytanij pro-dukcii).
7. Zin'kiv'skij, A. M. Model' vioru tehniko-ekonomičnih pokaznikov pri provedenni ekspluata-cijnih viprobuvan' modernizovanih lokomotiviv [Tekst] / A. M. Zin'kiv'skij, Ju. V. Bilec'kij // Go-rodskoj jelektrotransport, jelektrosnabzhenie i osveshenie gorodov: nauchn. – tehn. konf.: 24 – 26 ap-relja 2012 g.: programma i tezis. – Har'kov, 2012. S. 29-30.
8. Kucherenko, A. M. Model' provedennja eks-pluatacijnih viprobuvan' [Tekst] / A. M. Kucheren-ko // Problemi ta

- perspektivi rozvitku transport-nih sistem v umovah reformuvannya zaliznchnogo transportu: upravlinnja, ekonomika i tehnologii: na-uk. – prakt. konf.: mater. konf., – Kiiiv, 2011. – S. 89.
9. Pereverzev, E.S., Fal'ko, L.V. Nekotorye voprosy obosnovaniya ob#emov ispytaniy na nadezhnost' pri nalichii apriornoj informacii o zakone raspredeleniya narabotki do otkaza // Na-dezhnost' i kontrol' kachestva. – 1984. № 6. – S. 24 – 29.
  10. Pereverzev, E.S., Shaposhnikov, V.A., Mit-roshin, P.P., Rybas', V.S. Podtverzhdenie zadannogo urovnja nadezhnosti minimal'nym chislom ispy-taniy // Vsesojuzn. Nauch.-tehn. Simp. «Nadezhnost' i kachestvo v priborostroenii i radioelektronike: Tez. Dokl. – M.:Radio i svjaz', - 1986. – Ch. 2. – S. 33 – 34.
  11. Rybas', V.S. Issledovanie vlijaniya razlich-nyh vidov izbytochnosti i zakona raspredeleniya resursa na ob#em ispytaniy tehniceskikh sistem [Tekst] / V.S. Rybas', V.G. Kurasov // Nadezhnost' tehniceskikh sistem: Sb. nauchn. trudov / AN Ukrai-ny. In-t tehn. mehaniki. Redkol.: Pereverzev E.S. (otv. Red.) i dr. – Kiev: nauk. dumka. – 1991. – S. 102 – 107.

**Михеев С.А. Обоснование контроля малого количества параметров модернизированного тепловоза при проведении эксплуатационных испытаний на надежность.**

*Автор статьи на основе анализа технического состояния парка тягового подвижного состава дает рекомендации по обновлению парка тепловозов. Отмечена необходимость проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов с целью определения их рабочих параметров. Установлена необходимость оптимизации выбора контрольных параметров для удобства проведения эксплуатационных испытаний подвижного состава и снижения их стоимости. Составлена и предложена усовершенствованная модель проведения эксплу-*

*атационных испытаний с использованием малого количества контрольных параметров для определения надежности. Указана взаимосвязь между количеством контрольных параметров при испытаниях, продолжительностью их проведения и стоимостью, а также точностью результатов испытаний для удовлетворения требований заказчика испытаний.*

**Ключевые слова:** испытание локомотивов, модернизация, модель эксплуатационных испытаний, обновление парка тягового подвижного состава, контрольные параметры.

**Mikheev C. Rationale control to small-amount parameters modernized locomotive during the operational reliability tests.**

*The author based on the analysis of the condition of the park traction rolling stock makes recommendations to update the fleet of locomotives. The necessity of conducting performance tests of modernized locomotives to determine their operating parameters. The necessity of optimizing the choice of control parameters for the convenience of operational testing of rolling stock and reducing their cost. Drafted and proposed an improved model performance test using a small number of control parameters to determine reliability. Contains the relationship between the number of control parameters during the test, the duration of their conduct and value, and accuracy of the test results to meet customer requirements testing.*

**Keywords:** test locomotives, modernization, model performance tests renewal of traction rolling stock, control parameters.

**Міхеев С.О.** – аспірант УкрДАЗТ.

Рецензент: д.т.н., проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

Стаття подана 01.04.2015