

МІНІСТЕРСТВО ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ
ЦЕНТР ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ»

ЗІНЬКІВСЬКИЙ АРТЕМ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 629.4.018; 629.018

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ
ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ
МОДЕРНІЗОВАНИХ ТЕПЛОВОЗІВ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі Експлуатації та ремонту рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту, Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Фалендиш Анатолій Петрович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра Експлуатація та ремонт рухомого складу, професор.

Офіційні опоненти – доктор технічних наук,
Горобець Володимир Леонідович,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту ім. академіка В. Лазаряна, галузева науково-
дослідна лабораторія динаміки та міцності рухомого складу,
головний науковий співробітник

– кандидат технічних наук, Дьомін Ростислав Юрійович,
Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр
залізничного транспорту України», перший заступник
директора – начальник центру технічного аудиту
Укрзалізниці.

Захист відбудеться «06» вересня 2013 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.885.01 Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» за адресою: 03038, м. Київ, вул. Федорова, 39.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» за адресою: 03038, м. Київ, вул. Федорова, 39.

Автореферат розісланий «01» серпня 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. Г. Грищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Вступ

В теперішній час, згідно із статистичними даними, на залізницях України перевізна робота здійснюється парком тепловозів, який в основному відпрацював свій термін експлуатації більш ніж на 70%. Згідно з прогнозними планами Укрзалізниці, існуючий парк вантажних тепловозів необхідно поновити або модернізувати для забезпечення перевізної роботи на неелектрифікованих ділянках залізниць України.

В цих умовах особливої уваги до себе, а точніше до допуску в експлуатацію модернізованих тепловозів, вимагає процес проведення експлуатаційних випробувань. Одним з ефективних та перспективних шляхів вирішення задачі проведення експлуатаційних випробувань є удосконалення методів та моделей їх проведення.

Актуальність теми дисертації.

Велике значення у виконанні перевізного процесу транспортної галузі відіграє локомотивне господарство. На залізницях України магістральна і маневрова робота більш ніж на 90% виконується парком локомотивів, які належать до другого покоління рухомого складу, що виробив свій назначений ресурс. Згідно з прогнозними планами Укрзалізниці обсяги перевезень набуватимуть тенденцій зростання, що потребує збільшення парку локомотивів на 20% до 2020 року.

Відповідно до «Комплексної програми оновлення парку рухомого складу залізниць України на 2008–2020 роки», затвердженої Наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 р., № 1259 оновлення парку тягового рухомого складу (ТРС) передбачається за рахунок придбання нових локомотивів та комплексної модернізації деяких серій, що знаходяться в експлуатації.

Високий ступінь зносу парку тепловозів, недостатність фінансування закупівлі нових та електрифікація вантажоінтенсивних напрямків виводить на перше місце необхідність його оновлення за рахунок модернізації наявних локомотивів. Але не залежно, чи то новий локомотив буде розроблятися, чи він буде модернізуватися, перш ніж його випустити на шляхи Укрзалізниці, необхідно провести приймальні випробування. Кінцевими випробуваннями при їх проведенні являються експлуатаційні. Тому виникає необхідність наукового обґрунтування та оптимізації їх проведення з урахуванням нормативної документації, що регламентує постановку на виробництво та введення в експлуатацію рухомого складу. Це визначає актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами.

Дисертаційна робота виконана у відповідності з «Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки». Наукові результати дисертаційної роботи отримані в Українській державній академії залізничного транспорту при виконанні науково-дослідних робіт: «Наукове обґрунтування структурних реформ в локомотивному господарстві залізниць України» (ДР 0108U000079), «Проведення порівняльних випробувань тепловозів з дизелями, що обладнані електронними регуляторами різних систем, розробка

рекомендацій» (ДР 0107U006534), «Розробка програми-методики та проведення порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованого тепловоза серії М62М (виробництва «Rail Polska Sp. z o. o.») на економічну ефективність» (ДР 0110U003307), «Дослідження та розробка технічних рекомендацій з визначення раціональної системи технічного обслуговування та поточного ремонту модернізованих тепловозів М62 дизелями закордонного виробництва з урахуванням регіону їх експлуатації та конструктивних особливостей» (ДР 0111U007695), «Розробка проекту технічного завдання та програми приймальних випробувань модернізованого тепловоза серії М62 силовою установкою по проекту Rail Polska Sp. z o. o.» (ДР 0112U003129), «Розробка програми експлуатаційних випробувань на надійність модернізованих тепловозів М62 дизелями зарубіжного виробництва та проведення експлуатаційних випробувань на надійність» (ДР 0112U003130).

У виконанні вказаних науково-дослідних робіт автор брав безпосередню участь як відповідальний виконавець і виконавець.

Мета і задачі дослідження.

Метою дисертаційної роботи є вирішення наукового завдання – удосконалення процесу проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів за рахунок вибору раціональної номенклатури параметрів, що контролюються і визначаються при їх проведенні.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати аналіз існуючого стану проведення експлуатаційних випробувань локомотивів, розробити заходи по їх удосконаленню;
- уточнити класифікацію експлуатаційних випробувань тягового рухомого складу та визначити номенклатуру техніко-економічних показників, які їх характеризують;
- розробити заходи по вибору раціональної номенклатури показників для контролю технічного стану локомотивів під час проведення їхніх експлуатаційних випробувань;
- удосконалити методи проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів типу М62 та провести комплекс випробувань;
- оцінити ефект від впровадження удосконалених методів проведення експлуатаційних випробувань на прикладі модернізованих тепловозів типу М62.

Об'єкт досліджень – процес проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів.

Предмет досліджень – методи та моделі проведення експлуатаційних випробувань тягового рухомого складу.

Методи дослідження.

При виконанні дисертаційної роботи під час обробки статистичної інформації по випробуванням локомотивів застосовано методи математичної статистики та теорії імовірності. При уточненні класифікації та розробці структурних формул створення моделі експлуатаційних випробувань застосовано числові методи вирішення рівнянь, теорії моделювання та оптимізації. Вибір контрольних показників, по типам експлуатаційних випробувань виконаний за допомогою аналітичних та експертних методів. Для виконання вибору критеріїв порівняння

результатів випробувань локомотивів застосовано методи евристичного прогнозування, ітераційного та варіаційного числення.

Достовірність теоретичних положень, висновків і рекомендацій роботи підтверджено результатами експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів типу М62.

Наукова новизна одержаних результатів.

Вирішено наукове завдання удосконалення процесу проведення експлуатаційних випробувань локомотивів за рахунок вибору раціональної кількості контрольних параметрів роботи, що контролюються і визначаються на основі використання нових методів та моделей.

Вперше:

- встановлено залежність між ступенем достовірності результатів та кількістю контрольних показників при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів;

- розроблено модель порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованого ТРС, яка враховує раціональну кількість параметрів для спостереження, план спостережень, критерій випробувань та тривалість їх проведення;

- розроблено модель експлуатаційних випробувань модернізованого ТРС на працездатність, яка враховує раціональну кількість параметрів для спостереження, план спостережень, критерій працездатності та тривалість їх випробування.

Отримали подальший розвиток:

- метод визначення номенклатури контрольних параметрів при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів, в частині вибору показників по критерію їх використання;

- уточнена та структурована класифікація експлуатаційних випробувань тягового рухомого складу залізниць за ознакою функціонального призначення на порівняльні, оцінювальні та надійності;

- процедура проведення експлуатаційних випробувань, яка враховує розширення та уточнення процесу вибору контрольних показників, їх збір, обробку та визначення результатів.

Практичне значення одержаних результатів.

Отримано науково-обґрунтовані програми і методики проведення експлуатаційних випробувань, в яких реалізація отриманих теоретичних досліджень дозволила забезпечити необхідну достовірність результатів, що отримуються та зменшити витрати на проведення випробувань.

Результати роботи впроваджено:

- у Державній адміністрації залізничного транспорту України при узгодженні програми-методики порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на економічну ефективність;

- у ТОВ «Рейл Ворлд Україна» при виконанні договорів про науково-технічну співпрацю та розробці програм-методик порівняльних експлуатаційних випробувань та програми-методики приймальних випробувань, а також при проведенні самих випробувань;

– у виробничий процес ДТГО «Львівська залізниця» при виконанні договорів про науково-технічну співпрацю та розробці програм-методик експлуатаційних випробувань на працездатність, при проведенні самих випробувань, а також при розробці рекомендацій по обслуговуванню та ремонту модернізованих тепловозів типу М62;

– у навчальний процес підготовки бакалаврів, спеціалістів та магістрів за спеціальністю «Локомотиви та локомотивне господарство» Української державної академії залізничного транспорту та Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів при вивченні дисциплін «Випробування нового та модернізованого тягового рухомого складу», «Методологія інженерної та наукової роботи»;

і вони включають до себе:

– порядок визначення та складання раціональної номенклатури контрольних показників при проведенні відповідного типу експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів;

– алгоритм та рекомендації по порядку збору та обробки статистичної інформації при проведенні експлуатаційних випробувань ТРС;

– алгоритм та математичну модель проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів для визначення показників їх надійності та працездатності;

– рекомендації по проведенню робіт з підвищення надійності тепловозів за результатами їх експлуатаційних випробувань;

– уточнену класифікацію експлуатаційних випробувань рухомого складу.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджуються відповідними актами та матеріалами на впровадження.

Особистий внесок здобувача.

Усі наукові результати роботи отримані особисто автором. У працях, написаних у співавторстві дисертанту належить:

[2, 3, 4, 13] – визначено переваги модернізації тепловозів М62 над серійними тепловозами по результатам порівняльних експлуатаційних випробувань за розробленою математичною моделлю проведення; [5, 17] – визначено необхідність проведення модернізації для підвищення надійності та ефективності роботи ТРС; [6] – виконано аналіз отриманих результатів проведених експлуатаційних випробувань, визначено показники надійності локомотивів на основі зібраних даних; [7] – зроблено висновки про необхідність урахування проведеної модернізації моторвагонного рухомого складу при створенні парку рухомого складу для регіональних перевезень після розділення існуючих локомотивних депо; [8, 9, 16] – сформовано модель експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів типу М62 на працездатність; [10] – проаналізовано результати експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів із встановленими електронними регуляторами частоти оборотів та потужності дизеля; [15] – запропоновано модель вибору контрольних показників для модернізованих тепловозів за результатами їх випробувань.

Всі роботи за темою дисертації проводилися в Українській державній академії залізничного транспорту та на Львівській залізниці.

Апробація результатів дисертації.

Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідалися й отримали схвалення на наступних міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференціях:

IV, V міжнародні науково-практичні конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології» (Україна, м. Київ, ДЕГУТ, 2008, 2011 рр.);

I, II, III науково-практичні конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (Україна, м. Красний Лиман, м. Донецьк 2010, 2011, 2012 рр.);

III міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (Ізраїль, м. Тель-Авів, 2012 р.);

XXXVI научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства (Україна, м. Харків, ХНАМГ, 2012 р.);

Основні положення дисертації неодноразово доповідалися на засіданнях кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДАЗТ з 2008 по 2012 р. Повністю дисертація доповідалась в 2012 році на розширеному засіданні кафедри за участю членів спеціалізованої вченої ради та на науковому семінарі Державного підприємства «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України» (м. Київ, 2012 р.).

Публікації. У 9 публікаціях фахових видань опубліковані основні наукові результати дисертації, 9 праць додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота має вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел та додатки. Повний обсяг дисертації складає 203 сторінки, у тому числі 147 сторінок основного тексту, 7 таблиць, 18 рисунків, 6 додатків на 37 сторінках, список використаних джерел включає 145 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи, задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, подано інформацію про апробацію роботи і публікації основних результатів.

Перший розділ присвячений аналізу стану ТРС залізниць України. Проаналізовано роботи по проведенню випробувань рухомого складу та його складових за останні роки. Виконано огляд нормативної документації по проведенню випробувань рухомого складу. Сформульовано комплекс вимог, що пред'являються до експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів.

На основі аналізу існуючих напрацювань по випробуванням рухомого складу для залізниць України встановлено, що визначення дійсних (робочих) характеристик ТРС під час проведення випробувань є одним із головних завдань при введенні його в експлуатацію. Це завдання тісно пов'язане з дослідженнями експлуатаційних випробувань модернізованих локомотивів.

Задачам проведення випробувань ТРС присвячено велику кількість наукових праць, виконаних на базі таких наукових установ, як ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, ДП «ДНДЦ УЗ», УкрДАЗТ, СНУ ім. В. Даля, УкрНДІВБ, ПАТ «ХК Луганськтепловоз», «ВНИИЖТ» та інші. Найбільш вагомий внесок в цьому напрямку зробили: Басов Г. Г., Батюшин І. Є., Богаєвський О. Б., Боднар Б. Є., Голубенко О. Л., Головінов Г. Г., Горбунов М. І., Горобець В. Л., Грищенко С. Г., Гундар В. П., Далека В. Х., Донченко А. В., Дробаха В. І., Дьомін Р. Ю., Дьомін Ю. В., Маслієв В. Г., Матяш В. О., Мокроусов С. Д., Мямлін С. В., Носков В. І., Самсонкін В. М., Тартаковський Е. Д., Ткаченко В. П., Фалендиш А. П., Черняк А. Ю., Черняк Ю. В., та інші. В своїх роботах вони розглядають, в основному, випробування вузлів, систем та допоміжних систем локомотивів. Але в працях розглянутих вчених недостатньо уваги приділено проведенню експлуатаційних випробувань, особливо вибору параметрів, які необхідно контролювати.

При розгляді класифікацій різних видів випробувань встановлено, що експлуатаційні випробування входять до класифікацій за умовами і місцем проведення, по категоріям та до складу приймальних випробувань. Аналіз нормативних документів показав, що чіткого визначення типів експлуатаційних випробувань ТРС немає.

У другому розділі викладено визначення проблематики експлуатаційних випробувань ТРС в сучасних умовах залізниць України. При виконанні досліджень проведення порівняльних випробувань тепловозів використані методи математичної статистики та теорії імовірності, а також методи статистичного аналізу та розрахунку імовірності безвідмовної роботи локомотивів.

При уточненні класифікації та розробці структурних формул математичної моделі експлуатаційних випробувань застосовано числові методи вирішення диференціальних рівнянь, теорій моделювання та оптимізації.

Для удосконалення процесу проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів та визначення параметрів їх експлуатації застосовано методи достовірної оцінки вхідної та вихідної інформації, методи прогнозування ресурсу та діагностування. Для оцінки і обробки отриманих результатів застосовано методи статистичної та аналітичної роботи з базами даних. Методом експертної оцінки обрані контрольні параметри роботи локомотивів, що проходять випробування.

Адекватність побудованих математичних моделей процесу проведення експлуатаційних випробувань застосовано умовні методи оптимізації та методи нелінійного програмування. При проведенні експлуатаційних випробувань для визначення працездатності модернізованих локомотивів з напрацюванням на відмову застосовано емпіричні методи оцінки технічного стану локомотива.

У третьому розділі з використанням аналітичних, фасетних та експертних методів була уточнена та структурована класифікація експлуатаційних випробувань за ознакою функціонального призначення, що розподіляє їх на три типи: порівняльні, оцінювальні (визначальні), надійності та їх підтипи (рис. 1). Дана класифікація дозволить більш швидко та чітко встановлювати тип та відповідну йому мету експлуатаційних випробувань модернізованого ТРС.

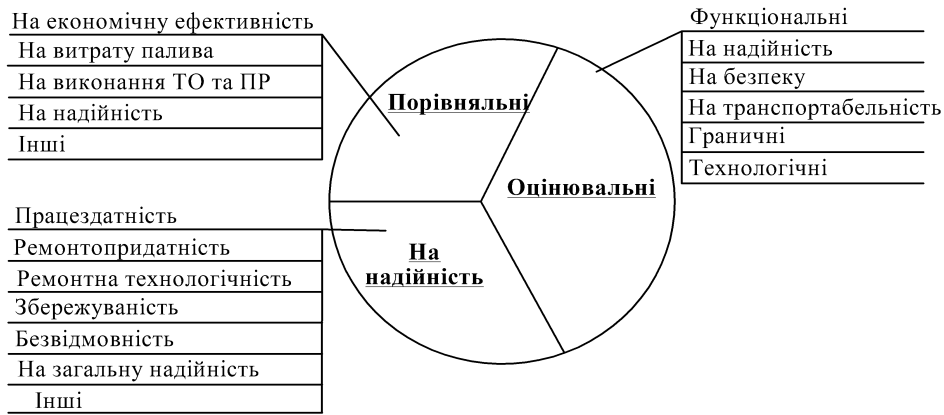


Рис. 1. Класифікація експлуатаційних випробувань тягового рухомого складу

Відповідно до визначених типів експлуатаційних випробувань встановлено плани спостережень. Для проведення експлуатаційних випробувань вибрано раціональну номенклатуру показників роботи локомотивів.

При співставленні завдань, які вирішуються при проведенні експлуатаційних випробувань, було удосконалено існуючу процедуру. При цьому процедура експлуатаційних випробувань викладена у вигляді логічно-послідовних етапів з урахуванням вибору контрольних параметрів роботи модернізованих локомотивів: визначення мети експлуатаційних випробувань ТРС; вибір виду експлуатаційних випробувань; вибір критеріїв оцінки та номенклатури контрольних показників ТРС в залежності від мети; побудова моделі експлуатаційних випробувань, формулювання цільової функції; визначення обмежень з урахуванням переліку контрольних показників; проведення експлуатаційних випробувань, збір статистичних даних; аналіз та обробка даних, оцінка результатів випробувань.

Процедуру проведення експлуатаційних випробувань було удосконалено в частині вибору критеріїв оцінки та номенклатури контрольних показників ТРС в залежності від мети. Для цього був удосконалений метод визначення номенклатури контрольних параметрів для отримання результатів експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів, який на відміну від існуючого методу враховує визначення вагомості показників.

Для описання різних параметрів роботи випробуваних локомотивів визначено техніко-економічні показники, які згруповано у відповідні масиви:

$$P_{\text{лок}} = \{M_{\text{л}}^{\text{над}}, M_{\text{л}}^{\text{ф.пр.}}, M_{\text{л}}^{\text{експл.}}, M_{\text{л}}^{\text{ТО,ПР}}\}, \quad (1)$$

де $P_{\text{лок}}$ – загальний масив параметрів роботи локомотива в експлуатації;

$M_{\text{л}}^{\text{над}}$ – масив показників надійності локомотива;

$M_{\text{л}}^{\text{ф.пр.}}$ – масив показників функціонального призначення локомотива;

$M_{\text{л}}^{\text{експл.}}$ – масив експлуатаційних показників локомотива;

$M_{\text{л}}^{\text{ТО,ПР}}$ – масив показників технічного обслуговування та ремонту локомотивів.

Оцінка результатів експлуатаційних випробувань модернізованого ТРС виконується за складеною номенклатурою контрольних параметрів роботи

відповідно до мети, задач та типу випробувань. На основі цього формується аналітична база статистичних даних випробуваних тепловозів.

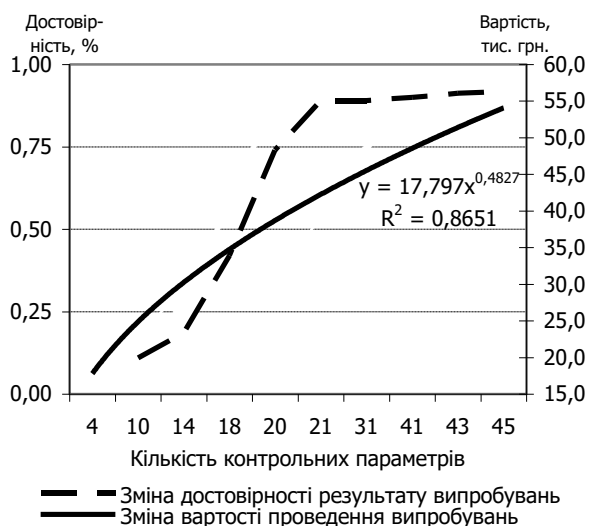
Існуючий метод визначення номенклатури контрольних показників ґрунтується на їхньому визначенні відповідно до типу випробувань за нормативними документами. Удосконалення методу отримання вичерпної інформації при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованого ТРС представляється послідовністю необхідних процесів та полягає у визначенні номенклатури показників, які входять в критерій порівняння.

Для визначення раціональної номенклатури показників застосовано експертні методи ранжування. Завдяки цьому визначено їх кількісні характеристики, з приведенням до однієї порядкової шкали оцінювання, за якою визначається їх черговість та важливість. Вагомість показників визначається за значеннями рангів, які встановлюються рядом кваліфікованих експертів, при аналізі контрольних параметрів, які входять до загальної номенклатури. Дана процедура заключається у визначенні пріоритету контролю показників для проведення відповідного типу експлуатаційних випробувань рядом експертів.

Залежність змін вартостей проведення порівняльних експлуатаційних випробувань серійних та модернізованих тепловозів типу М62 на економічну ефективність (рис. 2, а), а також експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів М62 на працездатність (рис. 2, б) від об'ємів номенклатури контрольних параметрів виражено графіками з урахуванням достовірностей результатів даних випробувань.

Номенклатура контрольних показників впливає на достовірність результатів випробувань, яка визначає їх вартість та є опорною величиною при аналізі результатів експлуатаційних випробувань та представленні висновків.

а)



б)

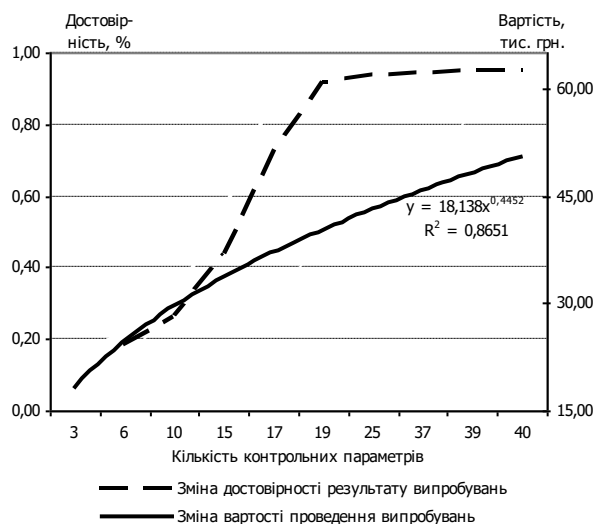


Рис. 2. Залежність зміни вартості а) порівняльних експлуатаційних випробувань серійних та модернізованих тепловозів типу М62 та б) експлуатаційних випробувань на працездатність від номенклатури контрольних показників

В четвертому розділі розроблена модель проведення порівняльних експлуатаційних випробувань серійних та модернізованих тепловозів типу М62 на економічну ефективність. Їх метою є визначення техніко-економічних переваг різних серій локомотивів в експлуатації.

З урахуванням мети порівняльних експлуатаційних випробувань на економічну ефективність, з використанням експертних методів був вибраний критерій порівняння - питомі витрати на перевезення вантажу:

$$K_{п.в.} = f(M_{пор}^{opt}, G_{нал}) = \frac{\sum E^{експл.}}{\sum Q_{т-км} брутто}, \quad (2)$$

де $K_{п.в.}$ – критерій порівняння порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих та серійних тепловозів типу М62 на економічну ефективність;

$M_{пор}^{opt}$ – раціональний масив номенклатури контрольних показників порівняльних експлуатаційних випробувань;

$\sum E^{експл.}$ – експлуатаційні витрати на роботу тепловоза, грн.;

$\sum Q_{т-км} брутто$ – загальна сумарна робота, виконана тепловозом, тонно-км брутто.

В свою чергу експлуатаційні витрати на роботу тепловоза визначаються за формулою:

$$\sum E^{експл.} = B_o \cdot C_{ДП} + G_m \cdot C_m + N_{ТО-2} \cdot C_{ТО-2} + N_{ТО-3} \cdot C_{ТО-3} + N_{НР} \cdot C_{НР}, \quad (3)$$

де B_o, G_m – витрати відповідно дизельного палива та мастила під час випробувань, т;

$C_{ДП}, C_m$ – вартість відповідно дизельного палива та мастила за 1 т, грн.;

$N_{ТО-2}, N_{ТО-3}, N_{НР}$ – кількість проведених відповідно технічних обслуговувань (ТО) та непланових ремонтів (НР);

$C_{ТО-2}, C_{ТО-3}, C_{НР}$ – витрати відповідно на ТО та НР, грн.

Даний критерій формує функцію контрольних показників випробуваних локомотивів, та залежить від витрат палива та мастила тепловозами.

Відповідно меті експлуатаційних випробувань складено цільову функцію, яка представлена залежністю витрат на проведення експлуатаційних випробувань від масиву контрольних показників і прямує до мінімуму:

$$E_{порівн.}^{експл.випр.} = f(M_{пор}^{opt} \in \Pi_{пор}^{існ}, E_{порівн.}^{випр.}) \Rightarrow \min, \quad (4)$$

де $E_{порівн.}^{експл.випр.}$ – витрати при проведенні порівняльних експлуатаційних випробувань, тис. грн.;

$M_{пор}^{онт}, P_{пор}^{існ}$ – показники, що контролюються при випробуваннях, відповідно за удосконаленими та існуючими методами,
 $E_{порівн.}^{випр.}$ – витрати на порівняльні випробування.

В явному виді цільову функцію можна записати в наступним чином:

$$E_{порівн.}^{експл.випр.} = f(M_{пор}^{онт}, E_{порівн.}^{випр.}) = E_{розр.} + E_{з.л.} + E_{адм.} + E_{відр.} + E_{вир.випр.} \Rightarrow \min, \quad (5)$$

де $E_{розр.}$ – витрати на побудову алгоритму та проведення розрахунків за зібраними статистичними даними випробувань, грн.;
 $E_{з.л.}$ – витрати на виплату заробітної плати працівникам випробувальної організації, що зайняті проведенням випробувань, збором та обробкою статистичних даних, грн.;
 $E_{адм.}$ – витрати на утримання адміністративного апарату, грн.;
 $E_{відр.}$ – витрати на відрядження працівників зайнятих проведенням випробувань, грн.;
 $E_{вир.випр.}$ – інші виробничі витрати, грн.

Прийнятому типу експлуатаційних випробувань відповідає план спостережень [NMT], за умовами якого виконується спостереження за N випробуваних об'єктів до кінця випробувань з усуненням відмов, що сталися та припиненням випробувань по завершенню їх терміну.

За допомогою удосконаленого методу вибору номенклатури контрольних показників на основі критерію порівняння була визначена номенклатура контрольних показників при проведенні порівняльних експлуатаційних випробувань серійних та модернізованих тепловозів на економічну ефективність.

Зменшення витрат на проведення даного типу випробувань виконано за рахунок скорочення масиву контрольних показників. Дані показники використовуються для оцінки та порівняння роботи тепловозів на економічну ефективність:

$$M_{пор}^{онт} = \{ g_n, g_m, V_i, Q_i, t_{ТО,ПР}, N_{ТО,ПР}, N_{НР} \}, \quad (6)$$

де g_n, g_m – витрати дизелем відповідно палива і мастила, т;

V_i – швидкість руху тепловоза, км/год;

Q_i – вага i -го вантажного поїзда, який переміщується під час випробувань, т;

$t_{ТО,ПР}, N_{ТО,ПР}$ – тривалість та кількість проведених ТО та ПР, год.;

$N_{НР}$ – кількість проведених НР тепловоза за визначений термін, од.

Згідно із запропонованим методом вибору номенклатури контрольних показників експлуатаційних випробувань, порівняння та оцінка економічної ефективності роботи серійного та модернізованого локомотивів виконується по витраті дизельного палива та масла, вазі переміщуваних поїздів за час випробувань,

тривалості ТО та ПР за період аналізу та кількості зафіксованих НР, з урахуванням затрат часу, матеріалів та фінансів на їх виконання. Дана вибірка відповідає критерію порівняння та надає можливість зменшити кількість параметрів порівняння та час на збір та аналіз інформації.

У відповідності до визначеної мети, цільової функції та критерію порівняння процес проведення експлуатаційних випробувань обмежується вимогами, з урахуванням масиву контрольних показників:

$$\lim_{\text{порівн}} = \begin{cases} T \geq 30 \text{ днів}; P(t) \geq 0,85; K_{\Gamma} \geq 0,9; V_m \leq V_{\kappa}; \\ Q_i \leq Q_{\max}; n_{\text{лок.бр.}}^{M62} = n_{\text{лок.бр.}}^{M62M}; g_n \leq g_e^{\max}; g_m \leq g_m^{\max}. \end{cases} \quad (7)$$

де $\lim_{\text{порівн}}$ – система обмежень математичної моделі процесу проведення порівняльних експлуатаційних випробувань;

T – тривалість випробувань, визначена терміном надання локомотива для ознайомлення та визначення його параметрів роботи у порівнянні з серійними, год.;

$P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи, величина встановлена відповідно до вимог для техніки залізничного транспорту;

K_{Γ} – коефіцієнт готовності, величина встановлена відповідно до вимог для техніки залізничного транспорту;

V_m – технічна швидкість локомотива, км/год;

$n_{\text{лок.бр.}}^{M62} = n_{\text{лок.бр.}}^{M62M}$ – кількість експлуатаційного персоналу визначається як рівний для обслуговування всіх випробуваних локомотивів для співставлення витрат на обслуговування локомотивів при випробуваннях, чол.

В результаті розрахунків економія від проведення експлуатаційних випробувань по удосконаленій методиці буде складати 16,6%.

Адекватність математичної моделі порівняльних експлуатаційних випробувань на економічну ефективність перевірена по відношенню витрат на їх проведення, показує величину похибки, яка визначається за формулою (8) та не перевищує 0,08.

$$\beta = \frac{1}{N} \cdot \sum_{M_{\text{пор}}^{\text{opt}}, \text{lim}} \frac{\left| E_{\text{пор. } M_{\text{пор}}^{\text{opt}}}^{\text{експл. випр.}} - E_{\text{пор. } \Pi_{\text{пор}}^{\text{існ}}}^{\text{експл. випр.}} \right|}{E_{\text{пор. } \Pi_{\text{пор}}^{\text{існ}}}^{\text{експл. випр.}}}, \quad (8)$$

де β – показник адекватності математичної моделі;

N – кількість випробовуваних локомотивів;

$E_{\text{пор. } M_{\text{пор}}^{\text{opt}}}^{\text{експл. випр.}}$ – витрати на проведення порівняльних експлуатаційних випробувань на економічну ефективність за розробленою моделлю, грн;

$E_{\text{пор. } \Pi_{\text{пор}}^{\text{існ}}}^{\text{експл. випр.}}$ – витрати на проведення порівняльних експлуатаційних випробувань на економічну ефективність за Програмою-методикою, грн.

За результатами порівняльних експлуатаційних випробувань магістральних тепловозів М62 і М62М визначено, що для серійного тепловоза типу М62 експлуатаційні витрати становлять 39429,91 грн, при цьому критерій порівняння дорівнює 0,031. Для модернізованого тепловоза М62М експлуатаційні витрати становлять 98900,74 грн, при цьому критерій порівняння дорівнює 0,011.

На основі розрахунку встановлено, що вартість експлуатаційних випробувань та підрахунок результатів за оптимізованими методами менший ніж за існуючими методами на 30%, що означає перевагу застосування оптимізованих методів експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів типу М62.

Універсальність даної математичної моделі підтверджується можливістю її застосування для проведення аналогічних випробувань локомотивів різного типу, умови, мета та обмеження випробувань яких співпадає із наведеними в роботі.

В п'ятому розділі розроблена модель експлуатаційних випробувань модернізованого тепловоза М62 на працездатність. Її метою є оцінка в межах встановленого пробігу (5000 км) безвідмовності роботи тепловоза.

Цільова функція експлуатаційних випробувань модернізованого тепловоза на працездатність відображає мінімізацію витрат на їх проведення за умови відсутності відмов та несправностей за весь термін випробувань і виражається як:

$$E_{прац.}^{експл.випр.} = f(M_{прац}^{онт}) = E_{розр.} + E_{з.п.} + E_{адм.} + E_{відр.} + E_{випр.випр.} \Rightarrow \min, \quad (9)$$

Критерієм оцінки працездатності модернізованого тепловоза під час випробувань, відповідно до цільової функції є відсутність відмов та несправностей за час випробувань:

$$K_{прац.}^{експл.випр.} = N_{відм.} = 0 \text{ при } L \geq 5000 \text{ км}, \quad (10)$$

де $K_{прац.}^{експл.випр.}$ – критерій оцінки працездатності;

L – пробіг тепловоза при випробуваннях на працездатність, км.

З урахуванням критерію виконується вибір складових масиву контрольних показників оцінки працездатності випробуваного об'єкта із загальної номенклатури технічних показників роботи локомотива визначеної нормативними документами.

Оптимізований масив контрольних параметрів при проведенні експлуатаційних випробувань на працездатність приймає вигляд:

$$M_{онт}^{прац} = \left\{ \begin{array}{l} L_{доб}, L_{\Delta доб}, L_{заг}, g_{експл}, R_{ТО,HP}^i, V_m, \\ V_{дїл}, N_{ТО,ПР}^i, t_{ТО,ПР}^i, Q_{ноїзда}^i, g_e, g_m \end{array} \right\}, \quad (11)$$

де $M_{онт}^{прац}$ – раціональний масив номенклатури контрольних показників експлуатаційних випробувань на працездатність;

$L_{доб}, L_{\Delta доб}, L_{заг}$ – пробіг локомотива (добовий, середньодобовий, загальний), км;

$g_{експл}, g_e$ – експлуатаційна та питома ефективна витрата палива, т;
 $R_{ТО,ПР}^i$ – працездатність ТО, чол.-год;
 $V_m, V_{оіл}$ – швидкість (технічна та ділянкова), км/год;
 $N_{ТО,НР}^i$ – види, кількість та характер проведених ТО та НР.

Даному типу експлуатаційних випробувань відповідає план спостережень $[NU(r, T)]$, за умовами якого у випробуваннях приймає участь певна кількість об'єктів, об'єкти що відмовили під час випробувань не відновлюють та не замінюють, випробування припиняють коли число відмовивши об'єктів досягло r або по закінченню часу T кожного невідмовившого об'єкта в залежності від того, яка з умов виконана раніше

З урахуванням мети випробувань модернізованих тепловозів на працездатність для дотримання виконання умов цільової функції, сформовано систему обмежень на основі критерію оцінки та масиву контрольних параметрів модернізованого тепловоза М62:

$$\lim_{прац} = \begin{cases} L \geq 5000 \text{ км}; N_{НР} = 0; K_{Г} \geq 0,95; g_n, g_m \Rightarrow \min; \\ P(l) \geq 0,96; Q_{поїзда}^i \leq Q_{поїзда}^{\max}; N_{ТО,ПР}^{рац.} \Rightarrow \min. \end{cases} \quad (12)$$

де $\lim_{прац}$ – система обмежень математичної моделі експлуатаційних випробувань на працездатність.

Для порівняння існуючих та оптимізованих методів вибору контрольних показників визначаються величини витрат на проведення експлуатаційних випробувань модернізованого тепловоза на працездатність.

Витрати відповідно до статей витрат по цільовій функції за існуючими методами на 30% перевищують витрати на проведення випробувань за удосконаленими методами.

Виходячи з отриманих розрахунків можна зробити висновок про скорочення витрат часу та здешевлення випробувань за рахунок зменшення переліку контрольних параметрів та часу на їх обробку.

Адекватність математичної моделі порівняльних експлуатаційних випробувань на економічну ефективність виражена відношенням витрат на проведення випробувань і величину похибки, що не перевищує 0,144.

ВИСНОВКИ

Результати виконаних у дисертаційній роботі досліджень дають можливість вирішити наукове завдання удосконалення процесу проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів за рахунок вибору раціональної кількості параметрів, що контролюються і визначаються при їх проведенні.

За результатами проведеної роботи можна зробити такі висновки:

1. Проведений аналіз стану ТРС залізниць України показав, необхідність оновлення парку ТРС залізниць України через його швидке старіння. В той же час недостатність фінансування закупівлі нових тепловозів та електрифікація

вантажоінтенсивних напрямків перевезень виводить на перше місце необхідність його оновлення за рахунок модернізації існуючих локомотивів та відпрацювання методів і моделей проведення їх експлуатаційних випробувань.

2. Аналіз робіт провідних вчених в області випробувань рухомого складу показав, що основна їх частина направлена на удосконалення випробувань окремих вузлів та механізмів локомотивів або на взаємодію локомотиву із залізничною колією. Проведенню експлуатаційних випробувань приділяється недостатньо уваги, особливо у виборі параметрів техніко-економічних показників локомотивів, які повинні визначатися та розраховуватися при їх проведенні.

3. Нормативна документація не показала чіткого визначення процесу та порядку проведення експлуатаційних випробувань. У відповідності з ДСТУ 3021-95 випробування розподіляються по основним ознакам по призначенню, по рівню проведення, по етапам розробки продукції, по випробуванням готової продукції та ін. Експлуатаційні випробування виділяються лише по ознаці умов і місця проведення.

4. Була уточнена класифікація експлуатаційних випробувань по критерію функціонального призначення з використанням методів теоретичних досліджень. Експлуатаційні випробування по даному критерію класифікуються на: порівняльні, оцінювальні та на надійність.

5. Встановлено залежність ступеню достовірності результатів експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів від кількості контрольних параметрів, що дозволило розробити моделі експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на базі раціональної номенклатури показників випробувань. Визначено вартість проведення порівняльних експлуатаційних випробувань серійних та модернізованих тепловозів типу М62 на економічну ефективність за розробленими методами та відповідну ступінь достовірності їх результатів, яка в оптимальному варіанті складає 43 тис. грн при достовірності 0,89.

6. Удосконалена процедура проведення експлуатаційних випробувань, яка враховує вибір раціональної номенклатури контрольних показників, а також збір та обробку статистичної інформації по випробуванням та тривалості проведення випробувань.

7. Для визначення раціональної номенклатури показників при проведенні порівняльних експлуатаційних випробувань на економічну ефективність була розроблена відповідна математична модель. Її цільовою функцією є мінімізація витрат на проведення випробувань. В якості критерію порівняння тепловозів був взятий показник питомих витрат на перевезення вантажу, який визначається як відношення витрат на експлуатацію локомотива до його виконаної перевізної роботи за той же самий період часу. Вибраний план проведення випробувань та обмеження моделі забезпечили чіткий збір інформації. Результати порівняльних експлуатаційних випробувань тепловозів М62 та М62М показали, що питомі витрати при їх експлуатації складають відповідно 0,031 і 0,011, що підтверджує доцільність модернізації тепловозів М62 дизелями Дженерел Моторс. При цьому витрати на проведення випробувань за рахунок вибору раціональної номенклатури показників зменшились на 30%.

8. Для визначення раціональної номенклатури показників при проведенні експлуатаційних випробувань на працездатність була розроблена відповідна математична модель. Її цільовою функцією є мінімізація витрат на проведення випробувань за умови відсутності відмов та несправностей. В якості критерію оцінки працездатності була взята відсутність відмов та несправностей за пробіг локомотиву не менше 5000 км. Вибраний план проведення випробувань та обмеження моделі встановили рамки випробувань для збору інформації. Витрати на проведення випробувань за рахунок вибору раціональної номенклатури показників зменшились на 16,6%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

- **наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**
1. Кучеренко, А. М. Проведення експлуатаційних випробувань тягового рухомого складу [Текст] / А. М. Кучеренко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 1 (143). Ч. 2. – С. 102–105.
 2. Фалендиш, А. П. Модель порівняльних експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів на економічну ефективність [Текст] / А. П. Фалендиш, А. М. Зінківський, О. В. Камчатний // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2012. – № 3 (174). – С. 224–230.
 3. Тартаковський, Е. Д. Визначення ефективності модернізації тепловозів М62 за результатами порівняльних експлуатаційних випробувань [Текст] / Е. Д. Тартаковський, А. П. Фалендиш, А. М. Зінківський, О. П. Петренко, А. В. Дашковський / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 4 (158). Ч. 2. – С. 96–100.
 4. Хорунжий, С. В. Модернізація тепловозів М62 на залізницях України [Текст] / С. В. Хорунжий, А. Л. Сумцов, А. М. Зінківський, О. В. Камчатний // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2011. – № 127. С. 122–127.
 5. Чепіженко, П. І. Аналіз надійності гідромеханічної передачі НМ612-22 дизель-поїзду серії Д1 [Текст] / П. І. Чепіженко, А. М. Кучеренко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 107. – С. 35–40.
 6. Фалендиш, А. П. Визначення надійності рейкових автобусів за результатами експлуатації [Текст] / А. П. Фалендиш, А. М. Кучеренко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 110. – С. 12–19.
 7. Тартаковський, Е. Д. Моделювання парку рухомого складу для регіональних перевезень [Текст] / Е. Д. Тартаковський, А. П. Фалендиш, А. М. Кучеренко, О. О. Родіонов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 111. – С. 167–176.
 8. Зінківський, А. М. Оптимізація моделей проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів типу М62 на працездатність [Текст] / А. М. Зінківський, О. В. Камчатний, М. І. Брагін // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2012. – № 5 (176). Ч. 2 – С. 11–15.
 9. Пат. 75519 Україна, МПК (2012) G01M 17/08, G01L 5/16, B61C 5/00, B61C 17/00. Спосіб проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів / Е. Д. Тартаковський, А. П. Фалендиш, А. М. Зінківський,

О. В. Камчатний, М. І. Брагін, Ю. В. Білецький, Д. М. Коваленко. – № u201204073; заявл. 02.04.12; опубл. 10.12.12, Бюл. № 23.

– **опубліковані праці апробаційного характеру:**

10. Харламов, П. О. Використання електронних регуляторів російського виробництва на маневрових тепловозах ЧМЕЗ [Текст] / П. О. Харламов, О. В. Басов, Д. М. Коваленко, А. М. Кучеренко, Д. А. Іванченко // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології: IV міжнародна наук. - практ. конф.: матер. конф. – Київ, 2008. – С. 109–110.

11. Кучеренко, А. М. Експлуатаційні випробування рухомого складу для залізниць України [Текст] / А. М. Кучеренко // Інноваційні технології на залізничному транспорті: студ. наук. – практ. конф.: 23-25 вересня 2010 р.: тези доповідей. – Красний Лиман – Луганськ, 2010. – С. 75-77.

12. 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.

13. Зіньківський, А. М. Модернізація тепловозів як метод оновлення парку тягового рухомого складу залізниць України [Текст] / А. М. Зіньківський, О. В. Камчатний, О. М. Шакула // Інноваційні технології на залізничному транспорті: збірн. наук. праць конф., 15-17 вересня 2011 р., – Красний Лиман. – Луганськ: СЛУ ім. В. Даля, 2011. – С. 27–28.

14. Зіньківський, А. М. Математична модель експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів [Текст] / А. М. Зіньківський // Інноваційні технології на залізничному транспорті: збірн. наук. праць конф., 26 лютого – 4 березня 2012 р., Тель-Авів (Ізраїль). – Луганськ: СЛУ ім. В. Даля, 2012. – С. 17-18.

15. Зіньківський, А. М. Модель вибору техніко-економічних показників при проведенні експлуатаційних випробувань модернізованих локомотивів [Текст] / А. М. Зіньківський, 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.

16. Фалендиш, А. П. Оптимізація експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів типу М62 на працездатність [Текст] / А. П. Фалендиш, А. М. Зіньківський, М. І. Брагін // Інноваційні технології на залізничному транспорті: збірн. наук. праць конф., 13-15 вересня 2012 р., Донецьк – Красний Лиман. – Луганськ: СЛУ ім. В. Даля, 2012. – С. 89-90.

– **опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:**

17. Кучеренко, А. М. Розробка заходів по підвищенню безпеки руху локомотивними бригадами [Текст] / А. М. Кучеренко, С. В. Бичков // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2009. – № 108. – С. 146–149.

18. Кучеренко, А. М. Підвищення надійності рейкових автобусів в експлуатації [Текст] / А. М. Кучеренко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2007. – С. 57–62.

АНОТАЦІЯ

Зіньківський А. М. Удосконалення методів та моделей проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України», Київ, 2013.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню науково-технічного завдання удосконалення проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів.

При застосуванні модернізації, як методу оновлення локомотивного парку необхідним є проведення експлуатаційних випробувань для визначення основних технічних характеристик ТРС в умовах експлуатації.

Для проведення експлуатаційних випробувань модернізованих тепловозів розроблено модель вибору раціональної номенклатури показників, яка лягла в основу удосконаленого методу проведення експлуатаційних випробувань.

Представлено новий підхід в експлуатаційних випробуваннях модернізованих тепловозів на основі застосування оптимізованих масивів контрольних показників технічного стану об'єкту під час проведення випробувань.

Ключові слова: залізничний транспорт, оновлення парку локомотивів, модернізація, класифікація експлуатаційних випробувань, математична модель випробувань, експлуатаційні випробування.

АННОТАЦИЯ

Зиньковский А. Н. Усовершенствование методов и моделей проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов. Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта Украины», Киев, 2013.

Диссертационная работа посвящена решению научно-технического задания усовершенствования проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов типа М62. Работа содержит научные основы, которые позволяют комплексно и с единых позиций решать проблему проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов типа М62.

По результатам оценки технического состояния парка тягового подвижного состава железных дорог Украины определена необходимость и пути его обновления, среди которых модернизация тепловозов. При детальном рассмотрении технического состояния тепловозов типа М62 установлено, что более 70% неисправностей и отказов, при их общей устарелости, приходится на силовую

установку тепловоза. Проведен анализ вариантов модернизации тепловозов типа М62 с заменой энергосиловых параметров и выбран наиболее оптимальный, заключившийся в установке на тепловоз восстановленного дизеля типа EMD645, производства фирмы General Motors и синхронного генератора, что позволило увеличить мощность тепловоза с 1470 кВт до 2238 кВт. На основе необходимости введения в эксплуатацию модернизированных тепловозов обосновано проведение их эксплуатационных испытаний, которые являются заключительным этапом допуска к эксплуатации. Определено, что в условиях сокращения финансирования обновления парка необходима оптимизация процесса проведения эксплуатационных испытаний, для которых на основе анализа работ проведенных учеными в области эксплуатационных испытаний была разработана классификация по критерию функционального назначения с определением основных типов эксплуатационных испытаний, к которым относятся эксплуатационные испытания на работоспособность, надежность, сравнительные на экономическую эффективность и определяющие. Для каждого типа испытаний сформирован перечень параметров контроля и проверки технико-экономических характеристик испытуемых локомотивов.

При рассмотрении параметров, контролируемых при проведении эксплуатационных испытаний по существующим методам, выполнен отбор параметров модернизированных тепловозов, которые сформированы в оптимизированные массивы контрольных показателей работы локомотивов. Из данных параметров формулируется аналитическая база оценки целесообразности введения в эксплуатацию испытуемых тепловозов, на основании сформированных массивов контрольных параметров для проведения эксплуатационных испытаний по усовершенствованным методам. Построен алгоритм проведения эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов, на основе которого была разработана формализованная модель выбора рациональной номенклатуры показателей для контроля состояния испытуемого локомотива, которая легла в основу усовершенствованного метода проведения эксплуатационных испытаний.

Представлен новый подход в эксплуатационных испытаниях модернизированных тепловозов на основе применения оптимизированных массивов контрольных показателей технического состояния объекта во время проведения испытаний.

Разработана процедура проведения эксплуатационных испытаний, которая состоит из следующих этапов: определение цели и выбор типа эксплуатационных испытаний, выбор критерия их оценки, определения и установления ограничений на их проведение, проведение испытаний и оценка результатов. По данной процедуре разработаны математические модели, для проведения эксплуатационных испытаний: сравнительные эксплуатационные испытания серийного и модернизированного тепловозов типа М62 на экономическую эффективность, по существующим и оптимизированным модели испытаний. По результатам данных испытаний определены преимущества в проведении избранного вида модернизации тепловозов и их применении для замены устаревших серийных тепловозов типа М62 на сети железных дорог Украины и применении усовершенствованной математической модели для проведения сравнительных эксплуатационных

испытаний модернизированных тепловозов типа М62. Также с применением алгоритма построения математической модели испытаний проведены эксплуатационные испытания модернизированного тепловоза типа М62 на работоспособность, целью которых было определение параметров регулирования систем локомотива, износа элементов и узлов, расходы и оптимальный объем технического обслуживания для поддержания работоспособного состояния тепловоза на протяжении всего времени испытаний и пробега не менее 5000 км.

Сделаны выводы о целесообразности применения усовершенствованных моделей эксплуатационных испытаний модернизированных тепловозов типа М62 с оптимизированным массивом контрольных показателей для сокращения расходов и времени на проведение испытаний. Проведена экономическая оценка применения усовершенствованной математической модели эксплуатационных испытаний, и установлено, что расходы на проведение сравнительных эксплуатационных испытаний на экономическую эффективность серийных и модернизированных тепловозов типа М62 с усовершенствованными методами по сравнению с существующими методами сокращаются на 38,67%, а при проведении эксплуатационных испытаний на работоспособность расходы сокращаются на 24,84%, что позволяет делать выводы об удешевлении модернизированных тепловозов при производстве и вводе в эксплуатацию.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, обновление парка локомотивов, модернизация, классификация эксплуатационных испытаний, математическая модель испытаний, эксплуатационные испытания.

THE SUMMARY

Zinkivskiy A. Improvement of methods and models of operational testing of modernized diesel locomotion. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.22.07 - rolling stock and train traction. State Enterprise "State Research Institute of Railway Transport of Ukraine", Kiev, 2013.

The thesis is devoted to scientific and technological task of improving the performance test of modernized diesel type M62.

The evaluation of technical state of locomotive type M62 revealed that the major portion of faults and failures, with their total obsolescence falls on diesel. Shown that by renovating the diesel type M62 is their modernization with the replacement of energy-power plant. For commissioning of modernized diesel locomotives to be conducting operational tests. Determined that the reduction in funding renewal is necessary and process optimization of operational testing, which was developed classification criteria for functional purposes of determining the parameters verify technical and economic characteristics.

For the performance testing of modernized diesel type M62 was developed formalized model of the rational range of indicators for monitoring the test engine, which formed the basis of improved method of operating tests. The developed mathematical model of complex operational tests conducted modernized locomotive type M62, the results of which identified advantages in holding the selected type of modernization of

locomotives, and their application to the railway network in Ukraine and optimized use of mathematical models for performance testing of modernized diesel type M62.

Presented a new approach to performance testing modernized locomotives on the basis of optimized array targets the technical state of the object during the test.

Keywords: railway, locomotive fleet renewal and modernization, the classification performance test, optimized mathematical model tests, performance tests.

ЗИНЬКІВСЬКИЙ АРТЕМ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 629.4.018; 629.018

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ТА МОДЕЛЕЙ ПРОВЕДЕННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ МОДЕРНІЗОВАНИХ
ТЕПЛОВОЗІВ**

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

Коваленко Д. М.

Підписано до друку " 24 " липня 2013 р.
Формат паперу 60x84 1/16 Папір офсетний
Умовн. друк. арк. 0,9 Тираж 100 прим. Замовлення № 322.

Видавець та виготовлювач: Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №2874 від 12.06.2007 р.