

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

АРТЕМЕНКО ОЛЕКСАНДР ВІКТОРОВИЧ

УДК: 629.4.018:629.421.4

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВПЛИВУ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
НА ПРОГРІВ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Сєвєродонецьк – 2019

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Гартаковський Едуард Давидович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу, завідувач кафедри.

доктор технічних наук, професор,
Фалендиш Анатолій Петрович,
Український державний університет залізничного транспорту, кафедра теплотехніки, теплових двигунів та енергетичного менеджменту, завідувач кафедри

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор,
Фомін Олексій Вікторович,
Державний університет інфраструктури та технологій,
кафедра вагони та вагонне господарство, професор
кафедри

кандидат технічних наук, професор
Могила Валентин Іванович,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра залізничний, автомобільний транспорт та підйомно-транспортні машини, професор
кафедри

Захист відбудеться “07” грудня 2019 р. о 09.00 годині на виїзному засіданні спеціалізованої вченої ради Д 29.051.03 в Східноукраїнському національному університеті імені Володимира Даля за адресою: 03049, м. Київ, вул. Івана Огієнка, 17, Державний університет інфраструктури та технологій, аудиторія 6-а.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля за адресою: 93406, м. Северодонецьк, пр. Центральний, 59-а.

Автореферат розісланий « 06 » листопада 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.С. Ноженко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дисертації. Велике значення у виконанні перевізного процесу транспортної галузі відіграє локомотивне господарство. На залізницях України маневрова робота більш ніж на 90% виконується парком локомотивів, які належать до другого покоління рухомого складу. При цьому більше 98% його відпрацювали назначений ресурс та потребують списання або глибокої модернізації. Згідно з прогнозними планами Укрзалізниці обсяги перевезень набуватимуть тенденцій зростання, що потребує збільшення парку локомотивів.

Відповідно до «Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки» передбачене оновлення тягового рухомого складу за рахунок створення і впровадження локомотивів нового покоління та модернізації існуючих новим силовим та іншим обладнанням.

Модернізація рухомого складу потребує не тільки конструкційного, а й техніко-економічного обґрунтування. Тому впродовж останніх років за завданнями АТ «Українські залізниці» інтенсивно виконуються науково-технічні роботи щодо створення та впровадження на рухомому складі сучасних технічних засобів для енергозбереження, які дозволять зменшити експлуатаційні витрати на їх утримання. Особливо такі роботи актуальні в холодний період року, коли на підтримку рухомого складу в працездатному стані витрачається додатково до 15% дизельного палива. Тому тематика досліджень, які розглядаються в дисертаційній роботі, є актуальною та своєчасною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до «Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки», затвердженої наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 року №1259 пов'язана з програмними завданнями щодо впровадження нових енергоефективних заходів при модернізації тепловозів і виконувалася за планами науково-дослідних робіт на замовлення АТ «Укрзалізниця» за завданнями, виданими Українському державному університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ).

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні таких держбюджетних та госпдоговірних науково-дослідних робіт: «Методологія управління технічною експлуатацією модернізованого рухомого складу залізниць України протягом його життєвого циклу» (ДР № 0113U007686); «Розробка методики випробувань по визначенню повної потужності дизеля та питомих витрат палива модернізованого тепловозу ЧМЕЗ потужністю 970 кВт, участь у випробуваннях та обробка їх результатів» (ДР № 0114U004764). У виконанні вказаних робіт автор брав безпосередню участь як співвиконавець.

Мета та задачі дослідження. Мета роботи полягає у підвищенні ефективності використання маневрових тепловозів за рахунок удосконалення

їх конструкції та обладнання новими технічними засобами для енергозбереження.

Для досягнення сформульованої мети роботи необхідно було вирішити наступні задачі:

- провести аналіз технічного стану локомотивного парку залізниць України з точки зору впливу його на надійність та ефективність використання тепловозів;

- виконати аналіз організаційно-технічних заходів з підвищення ефективності технічної експлуатації маневрових тепловозів та з використання в конструкціях тягового рухомого складу сучасних енергозберігаючих засобів та технологій;

- розробити концепцію модернізації тепловозів за рахунок удосконалення їх конструкції сучасними енергозберігаючими вузлами.

- побудувати модель системи прогріву тепловоза в холодний період часу та визначити раціональні її параметри;

- на підставі отриманих результатів розробити систему технічних заходів, які будуть направлені на використання енергозберігаючих технологій при прогріві маневрових тепловозів для встановлення її під час їх модернізації;

- провести випробування запропонованої системи прогріву тепловоза та визначити ефективність від її впровадження.

Об'єкт досліджень – процес прогріву маневрових тепловозів в холодний період року.

Предмет досліджень – методи та моделі розрахунку сучасних енергозберігаючих технологій та засобів маневрових тепловозів.

Методи дослідження. Для наукового обґрунтування процесу прогріву маневрових тепловозів застосовано методи достовірної оцінки параметрів експлуатації. Для оцінки і обробки отриманих результатів застосовано методи статистичної та аналітичної роботи з базами даних.

При розробці структурних формул створення моделі оцінки прогріву маневрових тепловозів застосовано числові методи вирішення диференціальних рівнянь, теорії моделювання та оптимізації. Аналітичні методи та експертні методи порівняння застосовано для вибору показників по системам, що потребують підтримання заданої температури.

Для виконання вибору критеріїв порівняння результатів оцінки та прогнозування витрат палива локомотивами застосовано методи евристичного прогнозування, ітераційного та варіаційного числення. Для визначення результатів по розробленим математичним моделям оцінки прогріву та випробуванням застосовано методи статистичної обробки результатів, підходи теорії ймовірності і математичної статистики, теорії математичного моделювання, чисельні методи розрахунків на ЕОМ.

Дані методи дослідження забезпечують обґрунтованість та достовірність отриманих результатів та висновків.

Наукова новизна одержаних результатів:

Вирішено наукове завдання по підвищенню ефективності використання

маневрових тепловозів за рахунок удосконалення їхньої конструкції новими енергозберігаючими вузлами та технологіями.

Вперше:

- запропоновано концепцію модернізації тепловозів за рахунок удосконалення їхньої конструкції сучасними енергозберігаючими вузлами, яка враховує техніко-економічні параметри вузлів з врахуванням життєвого циклу тепловозу та дозволяє з врахуванням існуючих часових показників реалізувати захід;

- розроблений комплексний метод визначення раціональних заходів від впровадження енергозберігаючих технологій, який враховує техніко-економічні параметри вузлів протягом життєвого циклу тепловозу та дозволяє з використанням існуючих часових показників вибрати раціональний захід.

Удосконалено:

- модель системи прогріву маневрового тепловозу в холодний період з двоконтурною системою охолодження в яких теплота поступає від двох джерел енергії, і різних значеннях тепловіддачі від кузова тепловоза;

- метод оцінки вартості життєвого циклу маневрового тепловозу після проведення енергозберігаючих заходів в частині врахування витрат енергоресурсів на прогрів тепловоза в холодний період року.

Практичне значення отриманих результатів

Результати роботи визначають:

- систему автоматичного прогріву заглушеного тепловозного дизеля під час простою;

- модель оцінки економічної доцільності від впровадження енергозберігаючих заходів при модернізації конструкції тепловозу в умовах локомотивного депо;

- розроблені заходи по модернізації маневрових тепловозів в умовах локомотивного депо.

Результати роботи впроваджено:

- у локомотивному депо Лозова РФ Південної залізниці АТ «Українські залізниці» при розробці заходів по впровадженню на тепловозах енергозберігаючих вузлів та впровадженні системи Вебасто на тепловозах ЧМЕЗ;

- в Українському державному університеті залізничного транспорту при виконанні науково-дослідних робіт та в навчальний процес підготовки магістрів та підвищенню кваліфікації робітників транспорту по спеціальностям 144 – теплоенергетика та 273 – залізничний транспорт.

Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними актами та матеріалами впровадження.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційних досліджень отримані автором самотійно. Праці [14, 15] підготовлено одноосібно. В працях зі співавторами особистий внесок автора полягає в наступному: розроблено моделі та підходи по визначенню характеристик командно-навігаційної системи в оптимізації ведення поїзда

[1, 2]; розроблені підходи для використання відеопристроїв для діагностики рухомого складу [3, 6, 12, 21]; запропоновані методи розрахунків та визначені техніко-економічні показники системи охолодження локомотива при його підігріві в холодний період року [4, 11, 19, 20]; розроблені методи та моделі і виконані розрахунки по підвищенню ефективності використання локомотивів в депо за рахунок удосконалення системи їхньої експлуатації та ремонту [5, 8, 9]; удосконалено моделі по визначенню раціональних параметрів маневрових локомотивів при використанні гібридних установок [7, 17]; розроблені моделі та запропоновані заходи по енергозбереженню маневрових тепловозів [10, 13, 16, 18].

Всі роботи за темою дисертації проводилися в Українському державному університеті залізничного транспорту та в Регіональній філії Південна залізниця АТ «Українські залізниці».

Апробація результатів дисертації. Основні положення й результати дисертаційної роботи доповідались на:

IV міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті». (6-7.XI.2014 р., Україна, м. Сєвєродонецьк);

Міжнародній науково-практичній конференції «Логістичне управління та безпека на залізничному транспорті». (11-13.V.2015 р., м. Лозова);

9 Міжнародній науково-практичній конференції «Нові можливості підвищення енергоефективності підприємств транспортної галузі». 9-31.VII.2015 р., Україна, м. Одеса;

Міжнародній науково-практичній конференції «Інновації інфраструктури транспортних логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи». 11-17.IV.2016 р., Україна, м. Трускавець;

VII Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми розвитку транспорту і логістики», Сєвєродонецьк-Одеса. 26-28.IV.2017 р., Україна, м. Одеса;

Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospect: thesis, 3-12 May 2017, Dresden (Germany) – Paris (France)/ -Severodonetsk;

30-тій міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті», 26-27.IX.2017 р., Україна, м. Харків.

Робота в повному обсязі доповідалась на розширеному засіданні кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу та кафедри теплотехніки та теплових двигунів Українського державного університету залізничного транспорту (УкрДУЗТ) (м. Харків, 2017, 2018 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 21 наукову працю: 11 – у фахових виданнях, затверджених ДАК України, 3 праці у наукометричних виданнях, а також 11 додаткових (2 патенти й 8 праць в матеріалах конференцій).

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертації складає 186 сторінок тексту, включаючи 20 ілюстрацій та 14

таблиць по основному тексту, список використаних джерел з 148 найменувань на 17 сторінках та 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показано її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету й завдання дослідження, представлено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

Перший розділ присвячено огляду літератури за темою дисертації та обґрунтуванню вибору напрямів необхідних досліджень.

Аналіз стану парку тепловозів на залізничному транспорті України показав, що понад 90% інвентарного парку вже відпрацювали свій ресурс, який встановлений заводами-виробниками, а парк маневрових тепловозів зношений більше ніж на 98%. При цьому виникає практична необхідність оновлення парку тепловозів для задоволення потреби у перевезеннях та маневровій роботі. Для її вирішення виділяють два основні напрямки: закупівля нових одиниць або модернізація наявних. Враховуючи недостатні об'єми фінансування програм закупівлі нових серій тепловозів вітчизняними залізницями, найбільш перспективним виглядає заміна застарілих, які вичерпали свій ресурс, локомотивів шляхом їхньої часткової або комплексної модернізації.

Аналіз заходів по підвищенню ефективності технічної експлуатації маневрових тепловозів показав, що великий процент витрати палива до 19% йде на прогрів тепловозів в холодний період року. Існуючі системи прогріву, хоч і зменшили витрати палива, але не в повній мірі на даний момент вирішують дану проблему. На нових локомотивах використовують сучасні системи прогріву, але вони затратні та пристосовані під нові локомотиви. Тому розробка раціональної системи прогріву тепловозів другого покоління являється задачею актуальною.

Як показала практика, метод самопрогріву дуже неефективний як з економічної, так і з екологічної точки зору. Тому розробка та застосування енергозберігаючих технологій в цьому напрямку в останній час є більш поширеним та актуальним.

В зв'язку з цим розроблені заходи, які умовно розділено на чотири групи: підтримка температури дизеля під час відстою за умов запуску, при умові необхідності підтримки температурного рівня роботи двигунів; роботі двигунів на холостому ході; обігріванні від сторонніх джерел енергії; зливу охолоджуючої рідини та оливи перед відстоєм.

Доцільність застосування кожного з цих методів залежить від багатьох факторів: потужності двигуна, ступеня розвитку охолоджувальних пристроїв у ньому, тривалості простою, розрахункової температури зовнішнього повітря, необхідної мобільності транспортного пристрою та інших факторів. В основному на залізницях України та в багатьох країнах світу застосовують перший метод, тобто періодичне включання дизеля для його прогріву на холостому ході. Але коефіцієнт корисної дії двигунів, що працюють на

холостому ході, як джерела енергії само для прогріву, не перевищує 47%, що призводить до значних додаткових витрат дизельного палива.

Питанню підвищення ефективності використання тепловозів, в тому числі і за рахунок їхнього прогріву в холодний період в наукових кругах приділяється багато уваги. Цим питанням займались в УкрДУЗТ, ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна, СНУ ім. В. Даля, «НДКТІЗТ» АТ «Українські залізниці», ПАТ «Луганськтепловоз» та в інших наукових та виробничих організаціях під керівництвом таких вчених, як Басова Г.Г., Боднар Б.Є., Волкова В.П., Голубенка О.Л., Горбунова М.І., Горобця В.Л., Грицука І.В., Грищенко С.Г., Жалкіна С.Г., Каграманяна А.О., Косова Є.Є., Мартишевського М.І., Міщенко К.П., Могили В.І., Носирева Д.Я., Симсона А.Е., Тартаковського Е.Д., Єрощенкова С.А., Фоміна О.В., Хомича А.З., Шовкового О.В. та ін.

Науковці разом з виробництвом розробляли і випробовували: бортові автономні котли підігрівачі з газотурбінним та паротурбінним приводом допоміжних пристроїв; автоматизовані системи авто-підігріву тепловозів; теплообмінники на основі каталізаторного окислення для передпускового прогріву дизеля та інші види підігріву. Патентний аналіз в цьому напрямку показав велику кількість різних підходів та методів прогріву двигунів в зимовий період. Але дані роботи не в повній мірі з наукової точки зору обґрунтовують доцільність їхнього використання на локомотивах під час експлуатації в холодний період.

На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень зроблено висновки по вибраному напрямку, поставлена мета та задачі дослідження.

У другому розділі запропонована концепція модернізації маневрових тепловозів сучасними енергозберігаючими технологіями та вузлами.

Існуюча концепція модернізації маневрових тепловозів базується на використанні сучасних двигунів 4-го покоління та нового обладнання локомотивів. Але основними її недоліками є велика вартість (до 80% від вартості нового локомотиву) та погана сумісність вузлів 2-го покоління локомотиву з вузлами 4-го покоління. Це призводить до проведення великого та дорогого обсягу робіт по оптимізації системи обслуговування та ремонту. Тому, з урахуванням сучасного стану в локомотивному господарстві пропонується нова концепція, суть якої зводиться до часткової модернізації локомотивів за рахунок впровадження сучасних енергозберігаючих технологій та технічних засобів по критерію максимального питомого прибутку.

Етапи реалізації запропонованої концепції складаються в наступному. На першому етапі виконується вибір заходу по модернізації тепловоза, визначаються основні його характеристики. На другому етапі по критерію максимального прибутку з урахуванням економічних та технічних обмежень вибираються необхідні заходи. Потім виконується розробка та затвердження необхідної нормативної документації. Після цього виконується модернізація, проводяться при необхідності приймальні випробування та локомотив

запускається в експлуатацію.

Перевагою даного підходу є не тільки раціональна вартість модернізації, а і можливість її проведення в умовах депо при виконанні різних видів ремонтів. При цьому система обслуговування та ремонту не буде змінюватись, а лише можуть добавлятися або зменшуватись роботи по окремим вузлам.

Для реалізації даної концепції був розроблений метод визначення раціонального заходу при модернізації маневрового тепловозу. Всі заходи представляють собою масив Z . Для вибору заходу пропонується наступна модель.

Будь який захід Z_i з масиву заходів Z характеризується наступним масивом властивостей:

$$Z_{ij} = \{ Z_{i1}, Z_{i2}, Z_{i3}, Z_{i4}, Z_{i5} \}, \quad (1)$$

де Z_{i1} – вартість i -того заходу, грн; Z_{i2} – час впровадження, год; Z_{i3} – витрати на ТО та ПР, грн; Z_{i4} – термін дії заходу, год; Z_{i5} – ефект від впровадження, грн.

Всі заходи запропоновано розділити на чотири групи: удосконалення конструкції рухомого складу; удосконалення системи їхнього обслуговування та ремонту; підвищення кваліфікації експлуатаційного та ремонтного персоналу; вибір раціональних режимів використання локомотивів.

Для вибору заходу по модернізації запропоновані два критерії:

$$K_1 = -Z_{i5} / (Z_{i4} - Z_{i2}), \quad (2)$$

$$K_2 = ((Z_{i4} + Z_{i2}) Z_{i5} / (Z_{i1} + Z_{i3})). \quad (3)$$

При цьому на модель накладається ряд обмежень.

$$T_{\text{мод}} < T_{\text{ПР1}}, \quad Ц_{\text{мод}} < 7 \cdot Ц_{\text{еф}}, \quad (4)$$

де $T_{\text{мод}}$ – час на виконання модернізації, год.; $T_{\text{ПР1}}$ – час на виконання ПР1, год.; $Ц_{\text{мод}}$ – вартість впровадження модернізації, тис грн; $Ц_{\text{еф}}$ – економічний ефект від впровадження, тис грн.

Для вибору заходу пропонується використовувати комплексний критерій, який буде враховувати коефіцієнти K_1 та K_2 та визначатися за формулою,

$$K = a_1 K_1 + a_2 / K_2 \rightarrow \max, \quad (5)$$

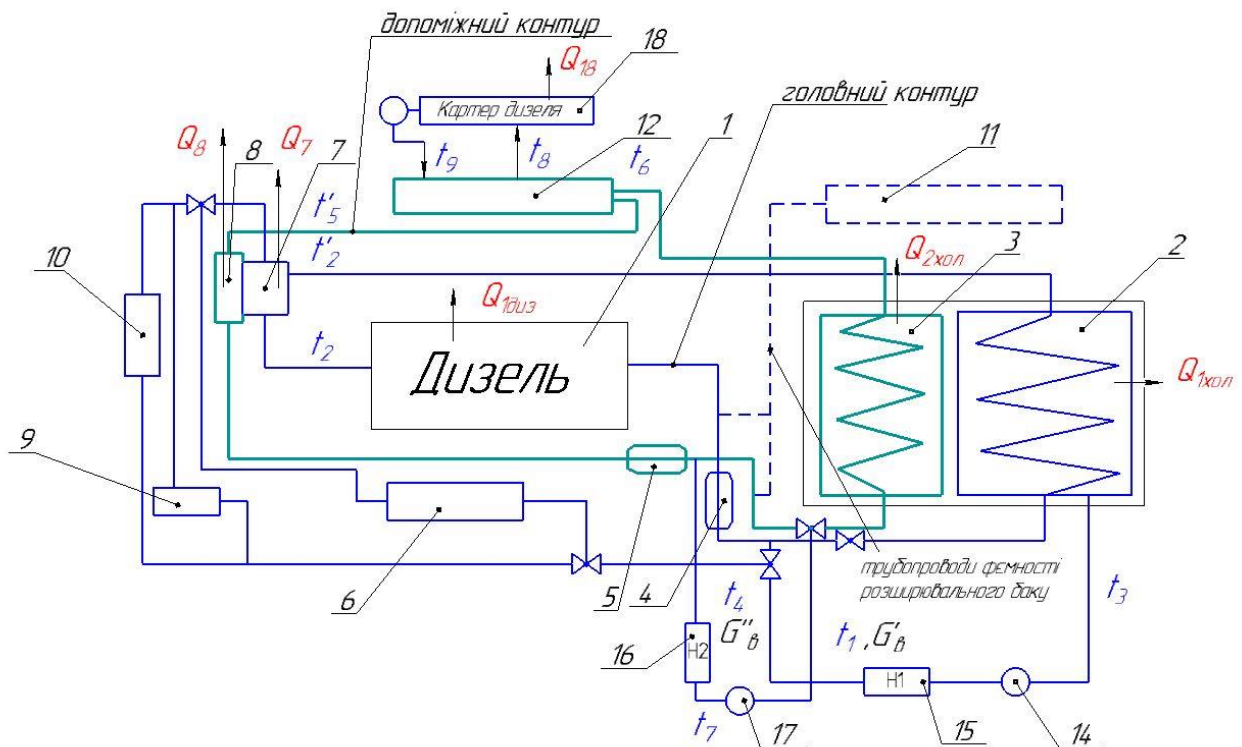
де a_1 і a_2 – вагові коефіцієнти відповідно критеріїв K_1 та K_2 .

В результаті аналізу заходів по зменшенню експлуатаційних витрат маневровими тепловозами було виділено чотири основних напрямки:

удосконалення конструкції локомотива; використання допоміжного обладнання нового покоління; удосконалення технології обслуговування та ремонту; підвищення кваліфікації експлуатаційного та ремонтного персоналу; визначення раціональних режимів роботи тепловозів. Розрахунки по розробленій моделі показали, що з вибраних заходів доцільним є впровадження системи підігріву дизеля в зимовий час. Серед існуючих способів підігріву локомотивів в холодний період року для тепловозів другого покоління, які працюють за межами депо, раціональним є використання автономних підігрівачів.

В третьому розділі розглядається система прогріву тепловозу ЧМЕЗ. Для цього була розроблена модель системи прогріву маневрового тепловозу.

На основі аналізу гідравлічної схеми охолодження тепловоза ЧМЕЗ була розроблена схема підігріву системи охолодження дизеля К65310DR, яка включає в себе два контури, в які включені три нагрівачі, спрощена схема якої представлена на рисунку 1.



- 1 — дизель; 2 — секції радіаторів охолодження головного контуру; 3 — секції радіаторів охолодження допоміжного контуру; 4 — основний рідинний насос; 5 — допоміжний рідинний насос; 6 — паливopідігрівач; 7 — турбонагнітач; 8 — охолоджувач наддувочного повітря; 9 — обігрів підніжки; 10 — калорифер обігріву кабіни машиніста; 11 — ємності розширювального баку; 12 — рідиннооливний теплообмінник; 13, 14, 17 — насоси; 15, 16 — нагрівач рідинний; 18 — картер дизеля

Рисунок 1 - Схема обігріву системи охолодження дизеля маневрового тепловоза типу ЧМЕЗ

На рисунку 1 мають місце наступні позначення: t_1 – температура теплоносія на вході в систему, °С; t_2 – температура теплоносія на виході з дизеля °С; t_3 – температура теплоносія на виході з холодильника (з системи) °С; t_4 – температура теплоносія перед рідиннооливним теплообмінником, °С; t_5 – температура теплоносія після рідиннооливого теплообмінника, °С; t_6 – температура теплоносія після холодильника системи охолодження оливи і наддувочного повітря, °С; t_7 – температура води перед нагрівачем 2, °С; t_8 – температура оливи на виході з рідиннооливого теплообмінника, °С; t_9 – температура оливи на вході в рідиннооливний теплообмінник, °С; $Q_{1хол}$ – тепловтрати холодильника системи охолодження дизеля, кДж; $Q_{1дуз}$ – тепловтрати дизеля, кДж; Q_8 – тепловтрати охолоджувачів наддуваного повітря в режимі їхнього обігріву, кДж; $Q_{2хол}$ – тепловтрати холодильника системи охолодження оливи, кДж; Q_{17} – теплота, передана теплоносієм оливі в ВМТ (тепловтрати системою через оливу в картері двигуна і в ВМТ), кДж; Q_3 – кількість теплоти, яку видає теплопідігрівач, кДж; G'_e – витрата теплоносія від нагрівача 1 через систему охолодження дизеля, кг/год; G''_e – витрата теплоносія від нагрівача 2 через систему охолодження оливи дизеля та повітря в охолоджувачі повітря, кг/год.

Оскільки система охолодження дизеля К6S310DR є двоконтурною, де окремо охолоджується вода дизеля та масло, то було прийнято ставити в кожний контур нагрівач та розрахунки виконувати для кожного контуру. Для цього була розроблена математична модель для прогріву системи охолодження тепловозу ЧМЕЗ в холодний період року, яка описує процес прогріву дизеля тепловоза в динаміці. Тому теплові процеси розглядались як дискретні і неперервні. Перевірка розробленої моделі розрахунку прогріву тепловозного дизеля базувалась на основних положеннях тепломасопереносу. Розрахункове визначення зміни параметрів процесу прогріву в динаміці проводилося методом елементарного балансу, згідно з яким охолоджуюча рідина по об'єму в процесі прогрівання протягом кроку розрахунку за часом $\Delta\tau$ має дискретне значення температури, що дорівнює T_B .

Тепловтрати дизеля тепловозу в режимі його обігріву в основному є функцією температурного напору, тобто різниці температур теплоносія $t_{m.n.}$ °С та температури навколишнього повітря (t_n °С).

Розрахунок підігріву системи охолодження тепловоза для регулювання процесу обігріву дизеля було розділено на три розрахункові блоки: системи охолодження дизеля; системи охолодження оливи в рідиннооливному теплообміннику та повітря в повітроохолоджувачу; загальний розрахунок теплонагрівача. Розрахунки велись для двох режимів температур: мінімальної температури навколишнього середовища в регіоні експлуатації

тепловоза t_H^{\min} та дійсної температури навколишнього середовища в регіоні t_H , для якої буде справджуватись умова $t_H \geq t_H^{\min}$.

Математична модель розрахунку підігріву системи охолодження дизеля в загальному виді представлена наступним чином:

$$\begin{cases} Q_{1\text{хол}} = f((KH)_{\text{хол}}, t_2, t_3, t_H) \\ Q_{1\text{хол}} = f(G'_6, C_6, t_2, t_3) \\ Q_{1\text{диз}} = f((KH)_{\text{диз}}, t_1, t_2, t_H) \\ Q_{1\text{диз}} = f(G'_6, C_6, t_1, t_2) \\ Q_1 = Q_{1\text{диз}} + Q_{1\text{хол}} = f(G'_6, C_6, t_1, t_3) \end{cases}, \quad (6)$$

де $Q_{1\text{хол}}$ – рівняння теплопередачі для холодильника, кДж; $Q_{1\text{хол}}$ – рівняння теплового балансу холодильника, кДж; $Q_{1\text{диз}}$ – рівняння теплопередачі для дизеля, кДж; $Q_{1\text{диз}}$ – рівняння теплового балансу дизеля, кДж; C_6 – теплоємність води, кДж/(кг град); Q_1 – рівняння теплового балансу системи, кДж/год; $(KH)_{\text{диз}}$ – сумарний коефіцієнт теплопередачі для дизеля, кДж/(год град); $(KH)_{\text{хол}}$ – сумарний коефіцієнт теплопередачі для холодильника, кДж/(год град).

Для даної моделі були введені обмеження по температурі теплоносія на вході в обидві системи охолодження тепловоза та умовам однозначності розрахунку системи.

Математична модель розрахунку процесу підігріву системи охолодження оливи і наддувочного повітря в загальному виді представлені наступним чином:

$$\begin{aligned} Q_{17} &= f(t_9, t_8, t_H), & Q_{17} &= f(v_M, \rho_M, C_M, t_8, t_9), \\ Q_{17} &= f(G''_6, C_6, t_1, t_5), & Q_{17} &= f(K_M, H_{\text{ВМТ}}, \Delta t) \\ Q_{2\text{хол}} &= f(G''_6, C_6, t_5, t_6), & Q_{2\text{хол}} &= f(KH_{2\text{хол}}, t_5, t_4, t_H) \\ Q_8 &= f(G''_6, C_6, t_6, t_7), & Q_8 &= f(KH_8, t_6, t_5, t_H), \end{aligned} \quad (7)$$

де V_M – об'ємна продуктивність оливопрокачуючого агрегату, м³/год; $(KH)_8$ – добуток сумарного коефіцієнта теплопередачі охолоджувачів наддуваного повітря на їх поверхню охолодження, кДж/(год град); $(KH)_{2\text{хол}}$ – добуток сумарного коефіцієнта теплопередачі холодильника цієї системи на його поверхню нагріву, кДж/(год град); C_M – середня питома масова теплоємність в діапазоні від 0 °С до заданої температури, кДж/(кг*град); ρ_M – щільність оливи, кг/м³; Pr – критерій Прандтля; ν_M – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/год; t_H – температура зовнішнього повітря, °С; $H_{\text{ВМТ}}$ – поверхню нагріву рідиннооливного теплообмінника, що омивається оливою, м²; K_M –

коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до оливи в рідиннооливному теплообміннику, кДж/(м²год.град).

Оскільки система рівнянь є незамкненою, то тепловтрати будь-якого теплообмінника однозначно визначаються тільки по заданій різниці середньої температури теплоносія і середовища. Тому для вирішення даної системи рівнянь додатково задались ще двома температурами по одній на кожен теплоносій, що визначають однозначно їх середні температури в системі. Це забезпечило замкнутість системи рівнянь для розрахунку процесу обігріву системи охолодження оливи і наддувочного повітря секції тепловоза.

У зв'язку з цим, попередньо задались температурою t_4 при відомій з розрахунку системи охолодження t_1 та попередньо приймали середню температурою оливи. Загальну кількість теплоти, яку необхідно отримати від підігрівача розраховуємо за формулою, кДж/год:

$$Q_3 = 1,1 (Q_1 + Q_2). \quad (8)$$

Енергію тепловиділення, яку можна отримати від нагрівачів різних типів пропонується розраховувати по універсальній аналітичній залежності, яка в загальному виді представлена наступним чином, кДж:

$$Q = Q_B^o(\tau) + Q_B^{N1}(\tau) + Q_B^{N2}(\tau), \quad (9)$$

де $Q_B^o(\tau) = Q_T q_B(\tau)$ – енергія тепловиділення в воду від дизеля, кВт·год; $Q_B^{H1}(\tau)$, $Q_B^{H2}(\tau)$ – енергія тепловиділення в воду від нагрівачів 1 та 2, кВт·год.

На основі приведених алгоритмів було розроблене програмне забезпечення для розрахунку параметрів прогріву системи охолодження дизеля тепловозу ЧМЕЗ.

Економія палива, яка виходить за рахунок обігріву тепловозів з непрацюючими двигунами, які знаходяться в експлуатації і перебувають на тривалих стоянках на станціях, від автономного джерела енергії, являє собою різницю у витраті палива тепловозами само при обігріві роботою двигунів на холостому ході і автономним джерелом енергії. Для її визначення обчислювались обидва ці варіанти.

Значення загальної потужності дизельних водонагрівачів повинна бути в межах 40-60 кВт, як найбільш раціональне для України з середньою сезонною температурою повітря в холодний період року в межах 263 °К.

Четвертий розділ присвячено проведенню випробувань запропонованої системи прогріву тепловоза в зимовий час.

Для підтримання необхідної температури систем при роботі тепловозного дизеля на режимі прогріву, який перебуває в «гарячому»

резерві, пропонується обладнати тепловоз комбінованою бортовою установкою, яка працюватиме від промислової мережі змінного струму напругою 380 В, або від тягового генератора та підігріву від акумулятора теплоти, заснованого на технології використання теплоти фазових переходів хімічних речовин.

В результаті розрахунку запропоновано використовувати пристрій, призначений для підігріву двигуна внутрішнього згорання, перед його запуском при експлуатації в умовах низьких температур навколишнього повітря. Він містить накопичувальний бак, теплоізоляційний кожух, електричний насос, подавальні та зворотні трубопроводи, всередині накопичувального бака на знімному фланці встановлені електронагрівальний елемент і терморегулятор, термовимикач, встановлений на патрубку відвідного трубопроводу, систему, що перешкоджає перемішуванню холодного і гарячого теплоносія, виконану у вигляді перегородок і решітки, встановлених нерухомо всередині накопичувального бака. Для регулювання роботи установки в кабіні машиніста тепловоза встановлюється блок управління, за допомогою якого вручну або автоматично можна виставити необхідну температуру в системі охолодження та температуру палива для можливості підтримання технічного стану тепловоза у справному стані під час простою у заглушеному стані в холодну пору року.

В якості підігрівача на тепловозі встановлюються два рідинні нагрівачі «Thermo 350» та «Thermo 230» виробництва німецької фірми «Webasto». Схема розміщення обладнання на тепловозі представлена на рисунку 2.

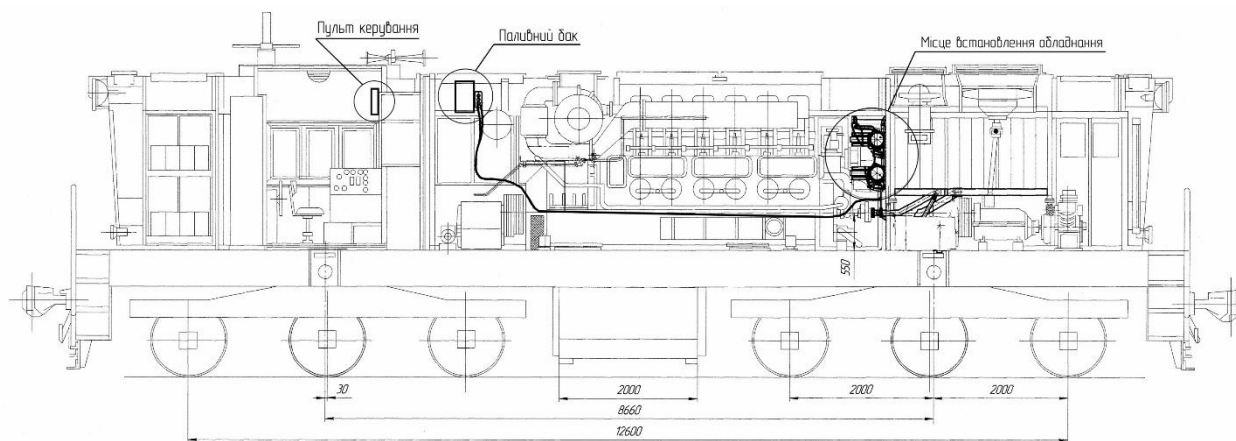


Рисунок 2 – Розміщення обладнання системи підігріву на тепловозі ЧМЕЗ

Система підігріву включається в роботу в зимовий період при тривалих стоянках тепловоза після заглушення дизеля в депо, а також, коли відсутня робота на станції. Дана система підігріву забезпечує: працездатність у температурному діапазоні від мінус 40 °С до 0 °С; підтримування автономної роботи протягом 8 годин від додаткової акумуляторної батареї; індикацію необхідних параметрів.

Була розроблена модель проведення експлуатаційних випробувань паливопідігрівача в зимовий період для модернізованого тепловозу ЧМЕЗ, алгоритм якої складається з наступних етапів: встановлення системи; перевірка системи; збір даних по тепловозу в експлуатації; обробка та аналіз результатів випробувань.

Метою проведення експлуатаційних випробувань була перевірка працездатності системи підігріву охолоджуючої рідини, вимір питомих затрат дизельного палива та підтвердження розрахунку економічного ефекту від впровадження системи підігріву охолоджуючої рідини на заглушеному дизелі тепловозу серії ЧМЕЗ.

Під час проведення випробувань визначались наступні параметри:

$$P_{\text{вип}} = (\tau_{\text{роб.}}, t_{\text{ох.р.}}, t_m, t_v, t_{\text{н.с.}}),$$

де $\tau_{\text{роб}}$ – час роботи локомотива, год; $q_{\text{сис}}$ – питомі витрати енергії, °С; $t_{\text{ох.р}}$ – температура охолоджуючої рідини, °С; t_m – температура оливи, °С; t_v – температура охолоджуючої рідини, °С; $t_{\text{н.с.}}$ – температур навколишнього середовища, °С.

За розробленою моделлю були проведені експлуатаційні випробування системи підігріву дизеля. Результати випробувань, які проводились при температурах від - 13 до - 17 °С, представлені на рисунку 3 та довели, що система підігріву підтримує в автоматичному режимі температуру охолоджувальної рідини та оливи дизеля в діапазоні температур від плюс 40 до плюс 60 °С, забезпечуючи при цьому економію палива, збільшення ресурсу дизеля, зменшення негативних викидів в атмосферу.

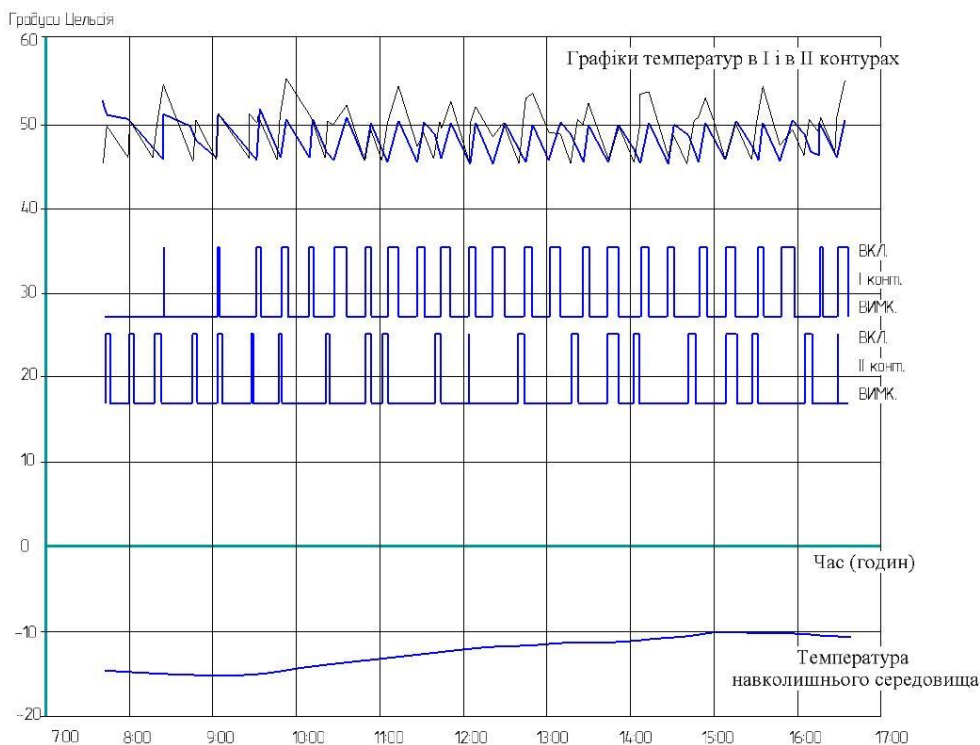


Рисунок 3 – Результати випробувань системи підігріву тепловоза ЧМЕЗ

Розрахункові витрати палива системою підігріву складають 3,0 кг/год при мінусовій температурі. Витрати палива при роботі штатного дизеля K6S310DR в режимі холостого ходу складають 10 кг/год. Гарячий простій тепловоза згідно з даними системи „БІС-Р" складає 25% добового часу в зимовий період року.

Час першочергового нагріву охолоджуючої рідини від + 9 °С до 70 °С при температурі навколишнього середовища складає 2 год 15 хв для основного контуру та 1 год 4 хв для допоміжного контуру.

Результати випробувань та розрахунків по розроблених моделях показали розбіжність не більше 7%, що являється задовільним для попередніх розрахунків.

Оцінка вартості витрат модернізованим тепловозом за життєвий цикл виконувалась прийнятим методом на залізницях України. При цьому цей метод був удосконалений в частині визначення раціонального заходу при прогріві тепловоза, тобто витрат, які будуть відноситись до капітальних вкладень.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують актуальне науково-технічне завдання підвищення техніко-економічних показників технічної експлуатації маневрових тепловозів.

На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень зроблено наступні висновки.

1. Проведений аналіз стану маневрових локомотивів парку залізниць України показав, що він складається на 90% з локомотивів другого покоління і зношений більше ніж на 98%. Одним з шляхів його оновлення є модернізація існуючих типів тепловозів, строк експлуатації яких закінчується.

2. Запропоновано концепцію модернізації існуючого парку маневрових тепловозів за рахунок удосконалення їхньої конструкції сучасними енергозберігаючими вузлами, яка враховує техніко-економічні параметри вузлів з врахуванням життєвого циклу тепловозу.

3. Проаналізовано підходи до підвищення ефективності використання маневрових тепловозів в експлуатації. Розроблений комплексний метод визначення раціональних заходів від впровадження енергозберігаючих технологій.

4. Удосконалено модель системи прогріву маневрового тепловозу в холодний період року з двоконтурною системою охолодження за рахунок врахування теплоти, яка поступає від двох джерел енергії.

5. Отримала подальший розвиток модель проведення експлуатаційних випробувань окремих систем локомотиву в частині випробувань підігрівачів тепловоза в холодний період року. Проведені експлуатаційні випробування

підігрівачів тепловозу ЧМЕЗ в локомотивному депо показали задовільні результати з моделлю розрахунку, похибка не перевищує 7%.

6. За результатами експлуатаційних випробувань на тепловозі ЧМЕЗ №4378 в локомотивному депо Лозова визначені питомі витрати палива на роботу системи при штатному режимі автоматичного підтримання температури охолоджувальної рідини на рівні плюс 50 °С в залежності від температури навколишньої середовища. На підставі даних питомих норм був проведений порівняльний аналіз витрати дизельного палива на прогрів дизеля за вищевказаний період і витрати палива за цей же період при роботі системи підігріву тепловоза. Середня економія палива при середній температурі за розрахунковий період -2,4 °С склала 10,1 кг у годину, що дає річний ефект економії палива 72,8 тис грн на одному тепловозі. З врахуванням витрат на експлуатацію і утримання системи річна економія експлуатаційних витрат складає 59,2 тис грн, а з урахуванням приведених капітальних вкладень на модернізацію (вартості придбання і монтажу системи) річний економічний ефект складає 35,5 тис грн, термін окупності – 4,5 роки.

7. Удосконалена модель визначення ефективності модернізації маневрових тепловозів за рахунок впровадження енергозберігаючих технологій та вузлів з врахуванням всього життєвого циклу локомотиву. Впровадження системи підігріву охолоджувальної рідини дизелю на заглушеному дизелі тепловозу ЧМЕЗ забезпечує: економію дизельного пального і дизельного масла; зменшення шкідливих викидів у атмосферу; економію експлуатаційних витрат на екіпіровку тепловозів, зменшення витрат запасних частин на ремонт і технічне обслуговування дизеля; збільшення ресурсу дизеля і, як наслідок, подовження строку експлуатації тепловозу.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Матеріали дисертаційної роботи викладені у наступних публікаціях.

Основні наукові праці, які внесені до переліку ДАК України:

1. Тартаковський, Е.Д. Застосування командно-навігаційної системи в оптимізації ведення поїзда для зниження витрат енергоресурсів. [Текст] / Е.Д. Тартаковський, В.В. Артеменко, О.В. Артеменко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2007. – Вип. 81. – С.53–59.

2. Тартаковский, Э.Д. Концепция создания автоматизированной системы управления и контроля подвижным составом железнодорожного транспорта с применением навигационных систем. [Текст] / Э.Д. Тартаковский, В.В. Артеменко, А.В. Артеменко // Збірник наукових праць Української академії залізничного транспорту. – 2007. – Вип. 82. – С.17–25.

3. Артеменко, В.В. Повышение безопасности движения путем предварительной оценки состояния контактного провода и элементов линии

електропередач. [Текст] / В.В. Артеменко, А.В. Артеменко, Е.В. Ляшенко // Локомотив-информ. 2010. – №7. – С.15–17.

4. Артеменко, А.В. Системи подогрева охладжуючої рідини. [Текст] / А.В. Артеменко, В.В. Артеменко // Локомотив-информ. 2011. – №9. – С.24–25.

5. Артеменко, А.В. Локомотивне депо Лозова: секційне відділення. [Текст] / А.В. Артеменко, В.В. Артеменко // Локомотив-информ. 2012. – №1. – С.28–32.

6. Артеменко, В.В. Атоматизована система відеоконтролю взаємодії токоприймача з контактним проводом, встановлена на електровозах ВЛ11. [Текст] / В.В. Артеменко, А.В. Артеменко, О.В. Грищенко, С.М. Шершневі // Локомотив-информ. 2014. – №01(91). – С.32–35.

7. Фалендиш, А.П. Визначення раціональних параметрів гібридного маневрового тепловозу на базі ЧМЕЗ [Текст] / А.П. Фалендиш, М.В. Володарець, О.В. Артеменко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля / Науковий журнал. – Сєверодонецьк, ПП «Поліграф-сервіс», 2015. – №1 (218). – С.253–256.

8. Фалендиш А.П. Перспективи енергозбереження для електрофікованих транспортних засобів [Текст] / А.П. Фалендиш, М.В. Володарець, О.В. Артеменко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля / Науковий журнал. – Сєверодонецьк, ПП «Поліграф-сервіс», 2017. – №4 (234). – С.215–218.

Публікації у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз:

9. Фалендиш, А.П. Моделювання зміни коефіцієнту технічного використання маневрового тепловозу для різних систем утримання [текст] / А.П. Фалендиш, А.Л. Сумцов, О.В. Артеменко, О.В. Клецька // Восточно-європейський журнал передових технологій. – №1/3 (79). 2016. – С.24-31 (видання індексується у базі Scopus).

10. Фалендиш, А.П. Програмний комплекс вибору системи технічної експлуатації маневрового тепловозу [текст] // А.П. Фалендиш, А.Л. Сумцов, О.В. Артеменко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2016. – №1. – С.54–61.

11. Артеменко, А.В. Регулювання процесу обігріву системи охолодження дизеля тепловоза ЧМЕЗ [текст] // О.В. Артеменко, О.В. Клецька, М.С. Стовпяга, А.П. Фалендиш // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2017. – №4. – С.28–35.

Матеріали апробаційного характеру

12. Тартаковський, Е.Д. Підвищення безпеки проведення маневрів за рахунок застосування відеокамер на маневрових тепловозах [текст] / Е.Д. Тартаковський, О.В. Артеменко // V міжнародна науково-практична конференція «Інноваційні технології на залізничному транспорті». Зб. наук. праць. 6-7 листопада 2014 р., – Сєверодонецьк: СНУ. 2014. – С. 86–87.

13. Тартаковский, Э.Д. Подходы к модернизации маневровых тепловозов в условиях депо с использованием энергосохраняющих

технологий [текст] / Э.Д. Тартаковский, А.В. Артеменко // Международная научно-практическая конференция «Логистическое управление и безопасность движения на транспорте». Зб. наук. праць. 11-13 травня 2015 р. м. Лозова, -Сєверодонецьк: СНУ. 2015. – С. 45–46.

14. Артеменко, А.В. Автономная автоматизированная система прогрева заглушенного тепловозного дизеля [текст] / А.В. Артеменко // 9 Міжнародна науково-практична конференція «Нові можливості підвищення енергоефективності підприємств транспортної галузі». 9-31 липня 2015 р. м. Одеса, -Одесса: 2015. – С. 125–126.

15. Артеменко О.В. Модель вибору раціонального заходу при модернізації маневрового тепловозу [текст] / О.В. Артеменко // Міжнародна науково-практична конференція «Інновації інфраструктури транспортних логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи». Зб. наук. праць. 11-17 квітня 2016 р. м. Трускавець, -Сєверодонецьк: СНУ. 2016. – С. 22–23.

16. Артеменко О.В. Методи підвищення ефективності експлуатації маневрових локомотивів в депо [Текст] / О.В. Артеменко, І.Р. Вихопень, М.В. Володарець // Проблеми розвитку транспорту і логістики: Збірник наукових праць за матеріалами VII Міжнародної науково-практичної конференції, Сєверодонецьк-Одеса. 26-28 квітня 2017 р. Україна, м. Одеса. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В.Даля. 2017. – С.49–50.

17. Artemenko O. Heating of the diesel lokomotive in winter.[text] / O. Artemenko, N. Volodarec // Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospect: thesis, May 3-12, 2017, Dresden (Germany) – Paris (France)/ -Severodonetsk. V.Dahl East Ukrainian National University. 2017. – P.19–21.

18. Tartakovsky E. Condition and trends renewal of diesel locomotives in Ukraine [text] / E. Tartakovsky, A. Sumtsov, O. Artemenko, N. Bragin // Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospect: thesis, 3-12 May 2017, Dresden (Germany) – Paris (France)/ -Severodonetsk. V.Dahl East Ukrainian National University. 2017. – P.190–192.

19. Артеменко, О.В. Оцінка параметрів двигуна тепловоза, що працює на холостому ході, як джерела енергії для самопрогріву [Текст] / О.В. Артеменко, О.В. Клецька, А.П. Фалендиш // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: Тези стендових доповідей та виступів учасників 30-ї міжнародної науково-практичної конференції, Харків. 26-27 вересня 2017 р. Україна, м. Харків: Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 2017. – №4 (додаток). – С.21–22.

Додатково матеріали дисертаційної роботи викладено в працях:

20. Пат. 80119 Україна, МПК (2013.01) F02N 19/00. Система автоматичного прогріву заглушеного тепловозного дизеля під час простою [Текст] / Лашко А.А., Артеменко В.В., Артеменко О.В., Фалендиш А.П.; заявники та патентовласник Лашко А.А., Артеменко В.В., Артеменко О.В., Фалендиш А.П. – № у 2012 14220; заявл. 13.12.2012; опубл. 13.05.2013, Бюл. № 9.

21. Пат. 79111 Україна, МПК (2013.01) B60L 3/12 (2006.1). B60Q 11/00. G01D 3/00. Система відео контролю стану контактної мережі та струмоприймача електричного рухомого складу [Текст] / Артеменко В.В., Артеменко О.В., Фалендиш А.П., Грищенко О.В., Шершньов С.М.; заявники та патентовласник Артеменко В.В., Артеменко О.В., Фалендиш А.П., Грищенко О.В., Шершньов С.М. – № u 2012 112176; заявл. 23.10.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7.

АНОТАЦІЯ

Артеменко О.В. Удосконалення методів оцінки впливу технічних засобів для енергозбереження на прогрів маневрових тепловозів – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля МОН України, м. Северодонецьк, 2019.

Дисертація присвячена актуальному питанню удосконаленню методів та моделей розрахунку маневрових тепловозів за рахунок впровадження сучасних енергозберігаючих технологій.

У роботі обґрунтована запропонована концепція модернізації маневрових тепловозів сучасними енергозберігаючими технологіями та вузлами, перевагою якої є невелика вартість модернізації і можливість її проведення в умовах депо при виконанні різних видів ремонту.

Розроблена математична модель системи прогріву маневрового тепловозу, яка описує процес прогріву дизеля тепловоза ЧМЕЗ в динаміці. Розроблена модель проведення експлуатаційних випробувань системи підігріву тепловозу та проведені відповідні випробування. Розбіжність результатів випробувань та розрахунків по розробленим моделям не перевищує 7%.

Удосконалено метод оцінки вартості життєвого циклу маневрового тепловозу після проведення модернізації вибраним енергозберігаючим заходом.

Ключові слова: маневровий тепловоз, система охолодження, система підігріву, тепловий баланс, концепція модернізації.

АННОТАЦИЯ

Артеменко А.В. Усовершенствование методов оценки влияния технических средств для энергосбережения на прогрев маневровых тепловозов – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля МОН Украины, г. Северодонецк, 2019.

Диссертация посвящена актуальному вопросу совершенствования методов и моделей расчета маневровых тепловозов за счет внедрения современных энергосберегающих технологий на прогрев маневровых тепловозов в холодное время года.

В работе сделан анализ технического состояния локомотивного парка железных дорог Украины с точки зрения влияния его на надежность и эффективность использования тепловозов в эксплуатации. Рассмотрены организационно-технические мероприятия по повышению эффективности технической эксплуатации маневровых тепловозов. Анализ мероприятий по прогреву локомотивов в холодное время года и работ ученых в этом направлении показал целесообразность использования на тепловозах, которые работают на удаленных станциях с небольшими объемами работ автономных систем.

Обоснована предложенная концепция модернизации маневровых тепловозов за счет усовершенствования их конструкции современными энергосберегающими узлами и системами. Преимуществом данной концепции является низкая цена модернизации и возможность ее проведения в условиях депо при выполнении различных видов ремонта.

Разработан комплексный метод определения рациональных мероприятий от внедрения энергосберегающих технологий, который учитывает технико-экономические параметры узлов с учетом жизненного цикла тепловоза и позволяет с учетом существующих временных показателей определить рациональное мероприятие. В результате расчетов данным методом было определено, что модернизация маневровых тепловозов типа ЧМЭЗ системой подогрева в холодное время года является рациональным мероприятием.

Разработана математическая модель системы прогрева маневрового тепловоза, описывающей процесс прогрева дизеля тепловоза ЧМЭЗ в динамике. Также было разработано программное обеспечение для системы автоматического прогрева системы охлаждения тепловоза ЧМЭЗ в холодный период года.

На основании разработанных методов и моделей была выполнена модернизация тепловозов ЧМЭЗ системой подогрева дизеля и его систем. Для этого использовались два жидкостных подогревателя фирмы Вебаста, которые были включены в два контура системы охлаждения дизеля маневрового тепловоза.

Модернизированные маневровые тепловозы прошли стендовые и эксплуатационные испытания по оценке эффективности использования системы подогрева дизеля. Для этого была усовершенствована модель проведения эксплуатационных испытаний в части испытаний подогревателей тепловоза в холодный период года. Проведенные эксплуатационные испытания маневровых тепловозов с подогревателями дизеля в локомотивном депо показали удовлетворительные результаты по расходу дизельного топлива.

Для оценки эффективности внедрения мероприятия по прогреву маневровых тепловозов в холодное время года был усовершенствован метод оценки стоимости жизненного цикла в части учета расходов энергоресурсов на прогрев тепловоза. Внедрение предложенной системы прогрева тепловоза обеспечивает экономию дизельного топлива и масла, уменьшение вредных выбросов в окружающую среду, уменьшение расходов на экипировку, обслуживание и ремонт, увеличение ресурса дизеля и не нуждается в корректировке системы обслуживания и ремонта.

Выполнено внедрение предложенной системы прогрева тепловоза в зимнее время на маневровых тепловозах в локомотивном депо.

Ключевые слова: маневровый тепловоз, система охлаждения, система подогрева, тепловой баланс, концепция модернизации.

THE SUMMARY

Artemenko A.V. Improvement of methods and models of calculation of shunting locomotives due to introduction of modern energy saving technologies – as the manuscript.

The thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.22.07 – the rolling stock of the railroads and draft of trains. – Volodymyr Dahl East Ukrainian National University of the MON of Ukraine. Severodonetsk, 2019.

The thesis is devoted to topical issue to improvement of methods and models of calculation of shunting locomotives due to introduction of modern energy saving technologies

In work the offered concept of modernization of shunting locomotives by modern energy saving technologies and knots advantage of which is proved the low price of modernization and a possibility of its carrying out in the conditions of depot when performing different types of repair is.

The mathematical model of the system of warming up of a shunting locomotive describing process of warming up of the diesel of a locomotive of ChME3 in dynamics is developed. Also the software was developed for the system of automatic warming up of the cooling system of a locomotive of ChME3 during the cold period of year.

Introduction of the offered system of warming up of a locomotive in winter time is executed.

Keywords: shunting locomotive, cooling system, system of heating, thermal balance, concept of modernization.

Артеменко Олександр Вікторович

УДК: 629.4.018:629.421.4

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ВПЛИВУ
ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
НА ПРОГРІВ МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗІВ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск



к.т.н. Зіньківський А.М.

Підписано до друку 04.11.2019
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний.
Умовн.-друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,1.
Тираж 100 прим.

Надруковано у копії-центрі «МОДЕЛІСТ».
(ФО-П Миронов М.В. Свідоцтво ВО4№022953)
м. Харків, вул. Мистецтв, 3 літер Б-1