

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
Факультет «Механіко-енергетичний»
Кафедра «Експлуатації та ремонту рухомого складу»

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЗІ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА
ТЕПЛОВИЗАМИ ЧМЕЗ
Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи
МКРМЕ.540.10.01.ПЗ

Виконав:
студент групи 211-ЛЛГ-323
спеціальності 273 «Залізничний транспорт»
Освітня програма «Локомотиви та
локомотивне господарство транспорт»
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

Олег ВОЛИЧЕНКО

Керівник:
професор, д-р техн. наук

Денис ЖАЛКІН

Рецензент:
доцент, к-т техн. наук

Сергій МИХАЛКІВ

Харків – 2025 р.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

Освітня програма Локомотиви та локомотивне господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри д.т.н., проф.

_____ В.Г. Пузир

(підпис)

_____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Воличенку Олегу Олександровичу

1. Тема «Розроблення пропозицій зі зниження витрат палива тепловозами ЧМЕЗ»; керівник роботи Жалкін Денис Сергійович, д.т.н., професор; затверджена розпорядженням по механічному факультету від «30» вересня 2024 року № 38.

2. Строк подання студентом роботи «01» січня 2025 року.

3. Вихідні дані Показники роботи локомотивного депо. Технічні характеристики тепловозів, дизелів тепловозів. Правила ремонту тепловозів. Технічні характеристики систем діагностування, систем обліку витрат палива.

4. Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз зміни енергетичної ефективності дизелів тепловозів. 2. Аналіз надійності роботи дизелів тепловозів. 3. Методи підвищення ефективності експлуатації дизелів тепловозів. 4. Принцип дії системи діагностування. 5. Регулювання систем тепловоза. 6. Визначення економічного ефекту від впровадження діагностування.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Ціль та задачі роботи. 2. Система комплексної оцінки показників енергоефективності дизелів тепловозів. 3 Інформатизація локомотивного господарства. 4. Структура бортової інформаційної системи; 5. Система визначення оптимальних значень кута випередження впорскування палива; 6 Діагностування паливної апаратури дизеля. 7 Пріоритетні напрямки в області підвищення ефективності локомотивних енергетичних установок. 8 Прогнозування витрат палива дизелями тепловозів; 9 Фактори, що впливають на зміну енергетичної ефективності дизелів тепловозів. 10. Сезонні зміни показників дизелів тепловозів. 11. Висновки.

6. Консультанти окремих розділів .

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	Яковенко В.Г., доцент, кандидат економ. наук		

7. Дата видачі завдання «15» травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на магістерську роботу. Формування змісту та етапів роботи.	15.05-25.05	Виконано
2	Збирання та обробка статистичної інформації.	25.05-25.06	Виконано
3	Виконання роботи по розділам магістерської роботи. Аналіз одержаних даних, їх обробка.	25.06-25.09	Виконано
4	Перевірка виконаних завдань у керівника магістерської роботи, виправлення помилок, виконання робіт по розділам консультантів.	25.09-25.10	Виконано
5	Робота над оформленням графічної частини	25.10-25.11	Виконано
6	Перевірка виконаних робіт у керівника роботи, консультантів, виправлення помилок, чистове виконання розділів магістерської роботи.	25.11-10.12	Виконано
7	Нормоконтроль, виправлення помилок та підготовка до захисту.	10.12-31.12	Виконано

Студент _____ Воличенко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Жалкін Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 11 слайдів презентації, 80 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 11 рисунків, 10 таблиць, 15 літературних джерел.

Ключові слова: ТЕПЛОВОЗ, ЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА, ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, НАДІЙНІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, СЕЗОННЕ РЕГУЛЮВАННЯ, СЕЗОННІ ФАКТОРИ, ВИТРАТИ ПАЛИВА.

Об'єктом дослідження є системи дизеля та системи тепловоза ЧМЕЗ, що впливають на витрати палива.

Метою дослідження є наукове обґрунтування зменшення витрати пального тепловозами ЧМЕЗ шляхом модернізації.

У кваліфікаційній роботі запропонована заходи зі зниження витрат пального тепловозами ЧМЕЗ. Проведений аналіз переходів тепловозних дизелів із стану в стан, які відповідають різним сезонам виявив незбіг цих переходів з календарними сезонами. Виявлення знаходження ЕУ тепловоза у особливому стані, на основі аналізу показників його використання, дозволяє розробити систему діагностики та ремонту для підготовки до сезонної експлуатації.

На основі виконаних досліджень запропоновано комплекс заходів, застосування яких дозволить зменшити витрати пального тепловозами ЧМЕЗ на 10-15 %.

ABSTRACT

This qualification work includes 11 presentation slides, 80 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 11 figures, 10 tables, and 15 literature references.

Keywords: LOCOMOTIVE, POWER PLANT, OPERATING EFFICIENCY, RELIABILITY, SIMULATION, OPTIMIZATION, SEASONAL ADJUSTMENT, SEASONAL FACTORS, FUEL CONSUMPTION.

The object of the study is the diesel engine and diesel locomotive systems of the CHME3, which affect fuel consumption.

The purpose of the study is to scientifically substantiate the reduction of fuel consumption by diesel locomotives of the CHME3 through modernization.

The qualification work proposes measures to reduce fuel consumption by diesel locomotives of the CHME3. The analysis of the transitions of diesel locomotives from state to state, which correspond to different seasons, revealed the non-coincidence of these transitions with the calendar seasons. Detection of the presence of the diesel locomotive's EU in a special state, based on the analysis of its use indicators, allows you to develop a diagnostic and repair system for preparation for seasonal operation.

Based on the research performed, a set of measures is proposed, the application of which will allow reducing fuel consumption by diesel locomotives of the CHME3 by 10-15 %.

Зміст

Вступ	6
1 Аналіз ефективності роботи дизелів тепловозів ЧМЕЗ	9
1.1 Режими роботи маневрових тепловозів ЧМЕЗ	9
1.2 Методи оцінки паливної економічності дизелів тепловозів	11
2 Методи підвищення паливної економічності дизелів тепловозів	14
2.1 Напрями підвищення енергоефективності на залізничному транспорті, скорочення споживання палива рухомим складом	16
2.2 Оцінювання показників паливної економічності дизелів тепловозів	33
3 Моделювання та прогнозування процесу зміни енергоефективності тепловозів ЧМЕЗ під час сезонної експлуатації	38
3.1 Моделювання та визначення наявності сезонних коливань показників використання та витрат палива ЕУ тепловозів вейвлет-перетворенням	38
4 Сезонне регулювання дизелів тепловозів ЧМЕЗ	46
4.1 Вплив зміни кута випередження подачі палива на робочий процес та витрату пального дизелів тепловозів ЧМЕЗ	46
4.2 Розрахунок параметрів робочого процесу дизелів при зміні температури оточуючого повітря та кута випередження впорскування палива	47
5 Системи електронного регулювання процесу подачі палива	57
5.1 Системи імпульсної дії	60
5.2 Акумуляторні системи	61
5.3 Комбіновані системи	63

					<i>МКРМЕ.540.10.06.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розроблення пропозицій зі зниження витрат палива тепловозами ЧМЕЗ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Воличенко</i>					4	80
<i>Перевір.</i>		<i>Жалкін</i>				<i>УкрДУЗТ, гр. 211-ЛЛГ-323</i>		
<i>Реценз.</i>		<i>Михалків</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Анацький</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Пузир</i>						

6	Визначення економічного ефекту від електронного регулювання кута впорскування палива	65
6.1	Коротка характеристика технічного рішення	65
6.2	Методика розрахунку економічного ефекту	65
6.3	Визначення собівартості системи регулювання	67
6.4	Розрахунок експлуатаційних витрат	68
6.5	Економія при впровадженні електронного регулювання	69
6.6	Економічний ефект від впровадження системи сезонного регулювання паливної апаратури	72
	Висновки	73
	Список використаних джерел	74
	Додатки	76
	Додаток А – Публікації за темою	77
	Додаток Б - Акт перевірки магістерської кваліфікаційної роботи	79

					<i>МКРМЕ.540.10.07.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Вступ

Актуальність роботи. В складних економічних умовах сучасності перед робітниками залізничного транспорту України стоять важливі проблеми по збереженню та відновленню основних транспортних фондів. У вирішенні цих проблем суттєва роль належить робітникам локомотивного господарства.

Одними з важливих проблем локомотивного господарства є вдосконалення організації та технології технічного обслуговування та поточного ремонту локомотивів, включаючи реконструкцію та перепрофілювання ремонтних відділень депо, опанування вивільнених виробничих площ, розробку технологічного обладнання, оснащення приладів, апаратури, технологічних процесів обслуговування та ремонту вузлів і агрегатів локомотивів.

Локомотивне господарство Укрзалізниці нараховує 68 основних та 41 оборотне депо. У зв'язку з надзвичайно повільним оновленням рухомого складу щорічно зростала частка транспортних засобів зі 100 % амортизацією. З урахуванням подовженого терміну служби на кінець 2020 р. повністю з амортизовано 50 % електровозів, 30 % тепловозів, 35 % секцій електропоїздів, 48 % секцій дизель-поїздів. Цей рухомий склад підлягає відновленню або списанню, що обумовлене додатковими витратами на утримання застарілої техніки, здійснення дорогого і малоефективного капітально-відновлювального ремонту. Рівень спрацювання ТРС у кінці 2020 р. досяг у середньому приблизно 90 %, граничне, з позиції економічної безпеки транспорту, спрацювання було перевищене (50 %), [1].

Виходячи із складної ситуації АТ «Укрзалізниця» розробила Комплексну програму відновлення рухомого складу [2], згідно якої на відновлення рухомого складу буде витрачено близько 130 млрд. гривень.

Програма передбачає закупівлю 3,5 тис. пасажирських вагонів, 400 електровозів, 125 вантажних та близько 300 маневрових тепловозів, 236 електропоїздів, 133 дизель-поїзди.

Виконання програми відновлення рухомого складу дасть можливість збільшити обсяги перевезення вантажів на 21 %, пасажирів на 11 %, а також зменшити витрати на експлуатацію рухомого складу на 1,5 млрд. гривень на рік.

Але миттєво оновити весь парк тягового рухомого складу неможливо. Тому поруч з новою технікою на дорогах Укрзалізниці продовжують експлуатуватися локомотиви старих серій. У маневровому русі переважають тепловози серії ЧМЕЗ. Фізично та морально застарілі, вони продовжують виконувати значний обсяг робіт. Скрутне матеріальне становище депо та нестача запчастин ускладнюються ще й тим, що ці тепловози закордонного виробництва.

Підприємства АТ «Укрзаліzniця» виконують комплексну модернізацію маневрових тепловозів ЧМЕЗ із заміною усіх силових, допоміжних агрегатів та механізмів, з встановленням оригінальних кабін і капотів. Під час модернізації використовується дизель-генераторна установка, що складається з дизеля Caterpillar 3512ВН з'єданого з тяговим генератором Siemens. Модернізація дає можливість поліпшити техніко-економічні та ергономічні показники роботи тепловоза, а також підвищити потужність та його тягові параметри.

Таким чином **метою** роботи є наукове обґрунтування зменшення витрати пального тепловозами ЧМЕЗ шляхом модернізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання** роботи:

- розглянути і проаналізувати різні види модернізації тепловозів серії ЧМЕЗ;
- розрахувати технічний рівень модернізованих тепловозів ЧМЕЗ різними силовими установками;
- розробити заходи по модернізації тепловозів ЧМЕЗ дизелями Caterpillar;
- визначити вартість життєвого циклу серійного та модернізованого тепловозів ЧМЕЗ в умовах роботи на залізницях України.

Наукова новизна результатів досліджень полягає в:

- отриманих залежностях кількісних і якісних показників роботи депо та прогнозних їх значеннях на наступний рік;
- в удосконаленні моделі визначення технічного рівня модернізованих тепловозів ЧМЕЗ різними силовими установками.

Об'єктом дослідження є системи дизеля CAT3512BH та системи тепловоза ЧМЕЗ, що впливають на витрати палива.

Предметом дослідження є пропозиції зі зниження витрат палива тепловозами ЧМЕЗ.

Апробація роботи полягає в наступному:

- робота доповідалася на студентській науково-технічній конференції кафедри «Експлуатація та ремонт рухомого складу» УкрДУЗТ.

Практичне значення. На основі виконаних досліджень запропоновано комплекс заходів, застосування яких дозволить зменшити витрати пального тепловозами ЧМЕЗ на 10-15 %.

Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на засіданнях кафедри та наукових конференціях.

В ході підготовки та виконання роботи автором була використана інформація, у тому числі текст, алгоритми, методики проведення аналізу, досліджень, визначення певних характеристик, параметрів та вихідних даних, розрахунків тощо, які містяться у джерелах [1-15], наведених у списку використаних джерел, а також інформація, отримана в результаті консультування з керівником роботи, науковими, науково-педагогічними працівниками та іншими особами, яка є неопублікованими авторськими напрацюваннями (найсучасніша інформація дослідницького, інноваційного характеру), дозволеними для використання автору цієї роботи виключно при виконанні тільки цієї дипломної роботи. Результатами роботи автора є рекомендації зі зменшення витрат палива тепловозів ЧМЕЗ.

Список використаних джерел

1. Бабанін О.Б., Жалкін Д.С., Жалкін С.Г., Пузир В.Г. Основи експлуатації локомотивів: Навч. посібник / О. Б. Бабанін, Д. С. Жалкін, С. Г. Жалкін та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 266 с.
2. Бабанін, О.Б., Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Основи експлуатації локомотивів» / Жалкін С.Г., Устенко О.В., Чигирик Н.Д. Харків. УкрДАЗТ, 2007 - 32 с.
3. Варбанець Р.А. Моніторинг робочого процесу і параметрична діагностика середньообертового тепловозного дизеля K6S310DR / Р.А. Варбанець, В.С. Губін, В.І. Кирнац, О.А. Россомаха, Н.І. Александровська // Вісник АГТУ. Сер.: Морська техніка і технологія. – 2014. – № 2. – С. 108.
4. Вплив сезонних факторів на техніко-експлуатаційні показники тепловозних дизелів типу Д-80. / Звіт про НДР №ГР 0199U003100, ХарДАЗТ, 201. – 103 с.
5. Денис І.В. Дослідження режимів роботи тепловоза ЧМЕЗ на імітаційній моделі / С. Г. Буряковський, А. С. Маслій, В. В. Панченко, Д. П. Помазан, І. В. Денис // Електротехніка і електромеханіка. – Харків : НТУ «ХП», 2018. – №2018/2. – С. 59-63.
6. Жалкін Д.С., Програма сезонного регулювання кута випередження подачі палива тепловозних двигунів 6ТД / Минко А.І. // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2004. –Вип.59. – С.5-10.
7. Жалкін С.Г. Основи підготовки тепловозів до сезонної експлуатації. Навч. посіб. (1-3 частини). Х. ХІПТ, 1986, 1988, 1989. – 182 с.
8. Інструктивні вказівки по підготовці, експлуатації та обслуговуванню тепловозів і дизель-поїздів у зимових умовах. ЦТ-0070. [Текст] –К: Укрзалізниця, 2003. - 34 с.
9. Інструкція щодо обліку наявності, стану й використання локомотивів та моторвагонного рухомого складу. –К. Укрзалізниця, 2002. – 29с.

10. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згорання: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ /А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф. Шеховцов. - Харків: НТУ "ХГП", 2004. -360 с.
11. Могила, В.И. Использование бросовой энергии торможения тепловоза для повышения эффективности тепловозных дизелей / Ноженко Е.С. // Локомотив - Информ. -2007. -№5.-С. 5 – 7.
12. Правила технічного обслуговування та поточних ремонтів тепловозів ЧМЕЗ, ЧМЕЗт, ЧМЕЗе. Наказ № 367-Ц. –Київ: Укрзалізниця, 2009. – 205 с.
13. Руководство по обслуживанию ЧМЕЗП. Чешская республика – Чешска-Требсова, 2008. -38с
14. Про вдосконалення системи технічного обслуговування, експлуатації, поточного та капітального ремонтів тягового рухомого складу. Наказ № Ц-85/25 Ком.т. від 01.05.2023 р. – К. Укрзалізниця, 2023. –18 с.
15. Тартаковський, Е.Д., Системний підхід до сезонного регулювання локомотивних енергетичних установок / Жалкін Д.С. // Зб. наук. праць/ ХарДАЗТ, 2000. –Вип.44.- С.48-55.