Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

Удосконалення методів оцінки технічного стану обладнання сучасного рухомого складу

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи магістра

МКРМЕ 430.12.01 ПЗ

Розробив: студент групи 212-ВРС-Д24
Спеціальності 273 Залізничний транспорт
Ачкасов В.С.
Керівник: ст.викл.
Коваленко Д.М.

Рецензент: доц., к.т.н.
Сумцов А.Л.

2026

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний
Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: 273. Залізничний транспорт («Локомотиви та локомотивне господарство»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук
_____В.Г. Пузир
(підпис)
«___» _____2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Ачкасова Владислава Сергійовича

1. Тема «Удосконалення методів оцінки технічного стану обладнання сучасного рухомого складу»
керівник Коваленко Дмитро Миколайович, ст.викл
затверджено розпорядженням по механіко-енергетичному факультету
від «06» жовтня 2025 року № 55 .
2. Строк подання студентом закінченої роботи «23» січня 2026 року.
3. Вихідні дані Методичні вказівки по збору статистичної інформації в локомотивних депо (№471)
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: - Аналіз досвіду роботи локомотиворемонтного комплексу; - Основні терміни, що використовуються, та їх визначення; - Сервісне обслуговування локомотивів; - Досвід моніторингу компанії Siemens; - Аналіз функціональності сучасних систем технічного діагностування; - Розробка методу аналізу систем діагностування; - Розробка моделі прогнозування реєстрації достовірних діагностичних повідомлень з обладнання електровоза; - Розробка моделі визначення технічного стану тягових електродвигунів; - Доцільність впровадження і оцінка економічної ефективності.
5. Перелік графічного матеріалу – Схема збирання інформації з тепловозів компанії General Electric; - Типова структура управління локомотивом з урахуванням мікропроцесорних систем; - Приклади датчиків діагностичних параметрів локомотивів; - Аналіз ситуації реєстрації діагностичних повідомлень; - Погодинна реєстрація діагностичних повідомлень; - Визначення достовірності діагностичних повідомлень; - Результати розрахунку достовірності кожного діагностичного повідомлення; - Статистична обробка діагностичних повідомлень; - Модель прогнозування реєстрації достовірних діагностичних повідомлень з обладнання побудованих

на платформі інтелектуального аналізу KNIME Analytics Platform; - Організація обміну інформацією; - Результати моделювання процесу визначення технічного стану тягових електродвигунів

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування	Калабухін Ю.Є., проф., к.т.н.		

7 Дата видачі завдання «20» лютня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу. Формування змісту та етапів роботи.	10.10-19.10.2025	Виконано
2	Збирання та обробка статистичної інформації	20.10-30.10.2025	Виконано
3	Виконання роботи по розділам дипломного проекту. Аналіз одержаних даних, їх розрахунок та обробка	01.11-11.11.2025	Виконано
4	Перевірка виконаних завдань у керівника дипломного проекту, виправлення помилок, виконання робіт по розділам консультантів	12.11-30.11.2025	Виконано
5	Робота над оформленням графічної частини, проведення розрахунків та створення на їх підставі графічних матеріалів	01.12-15.12.2025	Виконано
6	Перевірка виконаних робіт у керівника проекту, виправлення помилок, чистове виконання розділів дипломного проекту	16.12-31.12.2025	Виконано
7	Нормоконтроль, виправлення помилок та підготовка до захисту	01.01-20.01.2026	Виконано

Студент _____Ачкасов В.С.

(підпис)

Керівник_____Коваленко Д.М.

(підпис)

Зміст

Вступ 6

Анотація 9

1 Аналіз досвіду роботи локомотиворемонтного комплексу 10

1.1 Основні терміни, що використовуються, та їх визначення 10

1.2 Промислова та соціальна роль залізниць 12

1.3 Сервісне обслуговування локомотивів 13

1.4 Договір життєвого циклу 15

1.5 Кіберфізичні технології на транспорті 16

1.6 Досвід керування життєвим циклом тепловозів General Electric 19

1.7 Досвід моніторингу компанії Siemens 25

1.8 Європейська система управління залізничним рухом 27

1.9 Деповські системи діагностування 28

1.10 Роль систем діагностування у організації обслуговування 34

1.11 Статистика відмов обладнання локомотивів 36

2 Аналіз функціональності сучасних систем технічного діагностування 41

2.1 Розробка методу аналізу систем діагностування 41

3 Розробка моделі прогнозування реєстрації достовірних діагностичних повідомлень з обладнання електровоза 58

3.1 Аналіз ситуації реєстрації діагностичних повідомлень 58

3.2 Визначення достовірності діагностичних повідомлень 63

3.3 Статистична обробка діагностичних повідомлень 67

3.4 Модель прогнозування реєстрації достовірних діагностичних повідомлень з обладнання 72

3.5 Ефективність та результати процесу прогнозування 74
4 Розробка моделі визначення технічного стану тягових електродвигунів 77
4.1 Визначення критеріїв діагностичних даних тягових електродвигунів 77
4.2 Побудова моделі визначення технічного стану тягових електродвигунів 83
4.3 Результати моделювання процесу визначення технічного стану тягових електродвигунів 87
5 Доцільність впровадження і оцінка економічної ефективності 91
5.1 Технологічний ефект та етапи впровадження 93
5.2 Оцінка економічної ефективності 94
Список використаних джерел 100

Вступ

Стратегія цифрової трансформації передбачає зниження кількості непланових ремонтів за рахунок оперативного аналізу технічного стану електровоза. Проект враховує точне розуміння поточного стану вузлів локомотивів за рахунок дистанційної та автоматизованої діагностики [1]. Локомотивний парк оновлений сучасними електровозами «Інтерсіті» (EJ 675 виробництва Škoda Vagonka), «Інтерсіті+» (HRCS2 виробництва Hyundai Rotem) та ЕКр1 (Тарпан) виробництва КВСЗ. Встановлені вимірювальні датчики комплексно пов'язані між собою єдину бортову систему діагностики з можливістю передачі діагностичної інформації.

Збільшення пасажирообігу та продуктивності електровоза в експлуатації потребує особливого підходу у зоні моніторингу його технічного стану. Бортова діагностика електровозів показує, що ситуація розвитку несправностей обладнання призводить до виникнення відмов технічних засобів і, як наслідок, постановці електровоза на неплановий вид ремонту. У зоні підвищеної уваги вчених та фахівців знаходяться тягові електродвигуни [2]. Сукупність реєстрованих діагностичних сигналів по даному вузлу дозволяє комплексно оцінити технічний стан. Діюча система інформування за прогнозованим результатом працездатності обладнання не дає детального аналізу щодо деяких відхилень у діагностичних даних.

Точне прогнозування технічного стану на основі отриманої діагностичної інформації потребує попередньої обробки та аналізу інформації; це повинен робити досвідчений фахівець, який має певні навички, вміння працювати з колосальним обсягом інформації в умовах багатозадачності.

Існуючі комплексні методи оцінки технічного стану обладнання з електровозів, оснащених бортовими засобами діагностики, не забезпечують точного прогнозування стану обладнання з електровозів.

Актуальність теми дослідження. Вектор розвитку предиктивної діагностики обладнання сучасних електровозів знайшов своє відображення у нормативних документах [3]. Розвиток предиктивної діагностики може бути забезпечений використанням інструментів прогнозної аналітики. Розвиток перших засобів діагностики на електровозах серії ВЛ80р у 1974 р. дозволило закласти базу у розвиток мікропроцесорних систем управління та діагностики, що в цілому призвело до тиражування таких проектів, як «Розумний локомотив», «Цифрове депо» [4].

З оновленням локомотивного парку збільшується кількість відмов технічних засобів, непланових ремонтів з обладнання локомотивів. Оперативне прийняття рішень управлінським персоналом обслуговуючих підприємств дозволяє мінімізувати ситуацію, що склалася. Ухвалення рішень залежить від якісного надання інформації про стан обладнання та електровозу в цілому. Технологічним групам у колосальному обсязі діагностичної інформації зосередитися саме на такій інформації, яка має цінність та достовірність. Дослідження, спрямовані на вдосконалення методів оцінки технічного стану обладнання сучасних електровозів, є актуальним завданням, що потребує детального опрацювання питання.

Об'єкт дослідження. Електрорухомий склад, електровози.

Предмет дослідження. Автоматизація процесів технічної діагностики та моніторингу технічного стану обладнання сучасних електровозів.

Ціль роботи. Удосконалення методів оцінки технічного стану обладнання сучасних електровозів за допомогою визначення достовірної інформації з обсягу діагностичних даних.

У магістерській роботі поставлено та вирішено такі основні завдання:

1. Провести аналіз досвіду роботи локомотиворемонтного комплексу за кордоном;

2. Провести аналіз функціональності сучасних систем технічного діагностування;

3. Дослідити результати обробки діагностичних повідомлень, на підставі яких розробити модель прогнозування реєстрації достовірних діагностичних повідомлень з обладнання електровоза;

4. Визначити критерії діагностичних даних щодо роботи обладнання в зоні потенційного виникнення несправності та розробити модель визначення технічного стану на прикладі роботи тягових електродвигунів;

5. Здійснити техніко-економічне обґрунтування впровадження програмного забезпечення для прогнозування реєстрації достовірних діагностичних повідомлень тягових електродвигунів.

Анотація

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 101 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 41 рисунків, 4 таблиці, 19 літературних джерел.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОВОЗ, БОРТОВА ДІАГНОСТИКА, ДІАГНОСТИЧНІ ПОВІДОМЛЕННЯ, ПРОГНОЗУВАННЯ.

Актуальність магістерської роботи. Удосконалення методів оцінки технічного стану обладнання сучасного рухомого складу є одним із ключових напрямів розвитку транспортної галузі, оскільки рівень надійності та безпеки експлуатації значною мірою залежить від ефективності контролю стану агрегатів та систем. Постійне ускладнення конструкцій рухомих засобів, зростання динамічних навантажень та інтенсивності використання вимагають впровадження нових підходів до технічної діагностики, здатних оперативно виявляти дефекти та прогнозувати їх розвиток.

Дослідження, спрямовані на вдосконалення методів оцінки технічного стану обладнання сучасних електровозів, є актуальним завданням, що потребує детального опрацювання питання.

Об'єкт дослідження. Електрорухомий склад, електровози.

Предмет дослідження. Автоматизація процесів технічної діагностики та моніторингу технічного стану обладнання сучасних електровозів.

Abstract

This qualification work includes 14 presentation slides, 101 sheets of explanatory notes in A4 format, including 41 figures, 4 tables, 19 literary sources.

Keywords: ELECTRIC LOCOMOTIVE, ON-BOARD DIAGNOSTICS, DIAGNOSTIC MESSAGES, FORECASTING.

Relevance of the master's thesis. Improving methods for assessing the technical condition of modern rolling stock equipment is one of the key areas of development of the transport industry, since the level of reliability and safety of operation largely depends on the effectiveness of monitoring the condition of units and systems. The constant complication of rolling stock structures, the growth of dynamic loads and the intensity of use require the introduction of new approaches to technical diagnostics, capable of promptly detecting defects and predicting their development.

Research aimed at improving methods for assessing the technical condition of modern electric locomotive equipment is a relevant task that requires detailed study of the issue.

Object of research. Electric rolling stock, electric locomotives.

Subject of research. Automation of processes of technical diagnostics and monitoring of technical condition of equipment of modern electric locomotives.

Список використаних джерел

1. стратегії Крашенінін О.С., Яковлев С.С., Пономаренко О.В. Визначення технічного обслуговування та ремонту локомотивів у післянормативний період. Збірник наукових праць УкрДУЗТ: Харків, 2017. № 167. С. 25-33.

2. https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/fbb2533f-a430-43fe-8242-2ec6fd34e065/content

3. https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-prezentation-2019/6.2019/Ukrzaliznica.pdf

4. Поставка локомотивов General Electric на Украину. [Электронный ресурс] // Сайт «Остров». – URL: https://www.ostro.org /general/society/news/551675.

5. Siemens. Официальный сайт компании https://new.siemens.

6. Bombardier. [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании – URL: https://www.bombardier.com.

7. Steuger, Martin. Velaro – customer oriented further development of a high-speed train. Martin Steuger. [Электронный ресурс] // – URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/ uuid:76bd8e38-7ea4-43ad-b7d4-4d7ca9be50a9/fachartikel_zev-ail_siemens_velaro_ en.pdf