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

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ З ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи
МКРМЕ.520.14.01.ПЗ

Виконав:
студент групи 221-ЛЛГ-Д23
спеціальності *J*7 «Залізничний транспорт
Освітня програма «Локомотиви та
локомотивне господарство транспорт»
(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

Віталій ЧИВКІН

Керівник:
професор, д-р техн. наук

Денис ЖАЛКІН

Рецензент:
професор, д-т техн. наук

Олександр КРАШЕНІНІН

Харків − 2025 р.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний
Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність *J7* «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
Чивкіну Віталію Сергійовичу

1. Тема «Розроблення пропозицій з підвищення ресурсу колісних пар тягового рухомого складу залізниць»; керівник роботи Жалкін Денис Сергійович, д.т.н., професор; затверджена розпорядженням по механічному факультету від «17» березня 2025 року № 17.
2. Строк подання студентом роботи «10» червня 2025 року.
3. Вихідні дані Технічні характеристики рухомого складу. Статистична звітність по роботі підприємства. Характеристики колісних пар та обладнання для ремонту. Показники надійності роботи колісних пар. Характеристики обладнання для ремонту колісних пар.
4. Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) 1. Аналіз конструкції та умов роботи колісних пар.. 2. Ремонт колісних пар. 3. Вибір обладнання для ремонту колісних пар. 4. Підвищення працездатності колісних пар. 5. Удосконалення процесу обточування колісної пари. 6. Економічний ефект від модернізації верстата для обточки бандажів колісної пари.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Ціль та задачі роботи. 2. Аналіз надійності роботи колісних пар. 2. Несправності колісних пар. 3. Конструкція колісних пар. 4. Обладнання для ремонту колісної пари. 5. Обмір колісних пар. 6. Відновлення профілю колісних пар. 7. Магнітна дефектоскопія колісних пар. 8. Ультразвукова дефектоскопія. 9. Обточування колісних пар. 10. Висновки.

6. Консультанти окремих розділів .

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «15» грудня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на магістерську роботу.	15.12-25.12	Виконано
	Формування змісту та етапів роботи.		
2	Збирання та обробка статистичної інформації.	25.12-25.01	Виконано
3	Виконання роботи по розділам магістерської		
	роботи. Аналіз одержаних даних, їх обробка.	25.01-25.02	Виконано
4	Перевірка виконаних завдань у керівника		
	магістерської роботи, виправлення помилок,	25.02-25.03	Виконано
	виконання робіт по розділам консультантів.		
5	Робота над оформленням графічної частини	25.03-25.04	Виконано
6	Перевірка виконаних робіт у керівника роботи,		
	консультантів, виправлення помилок, чистове	25.04-10.05	Виконано
	виконання розділів магістерської роботи.		
7	Нормоконтроль, виправлення помилок та	10.05-31.05	Виконано
	підготовка до захисту.		

Студент Чивкін В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Зміст

Вступ	7
1 Аналіз конструкції та умов роботи колісних пар рухомого складу	10
1.1 Конструкція колісних пар тепловозів	10
1.2 Колісні пари електровозів	12
1.3 Колісні пари електропоїзду	14
1.4 Основні несправності колісних пар під час експлуатації	18
1.5 Аналіз надійності колісних пар	25
2 Модель зміни надійності роботи бандажів колісних пар	34
3 Ремонт колісних пар	42
3.1 Діюча технологія ремонту колісних пар у локомотивному депо	42
4 Удосконалення процесів ремонту колісних пар	53
4.1 Обладнання для підвищення працездатності колісних пар	63
4.2 Методи відновлення профілю колісних пар рухомого складу	72
4.3 Наплавлення гребнів колісної пари без викачування з під локомотива	84
4.4 Плазмове загартування, як засіб продовження ресурсу колісної пари	87
5 Економічний ефект від впровадження верстата для обточки бандажів колісної пари	92
5.1 Коротка характеристика технічного рішення	92
5.2 Визначення собівартості верстата	92
5.3 Розрахунок експлуатаційних витрат	93
5.4 Розрахунок економічного ефекту від впровадження пристрою	96

Висновки 97
Список використаних джерел 99
Додаток А - Акт перевірки магістерської кваліфікаційної роботи 101

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 101 аркуш пояснювальної записки формату А4, що включає 33 рисунків, 19 таблиць, 15 літературних джерел.

Ключові слова: ЗНОШУВАННЯ, КОЛІСНА ПАРА, ПОВЕРХНЕВЕ ЗМІЦНЕННЯ, ТРИБОТЕХНІЧНІ МАТЕРІАЛИ, ТОВЩИНА ГРЕБНЯ, РУХОМИЙ СКЛАД, ДОСЛІДНА УСТАНОВКА, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ, ГРЕБІНОЗМАЩУВАЧ, ЗАЛІЗНИЦЯ.

Мета роботи: підвищення ресурсу бандажів колісних пар ТРС за рахунок розробки, теоретичного обґрунтування та реалізації методів на основі вдосконалення контролю геометричних параметрів та прогнозування їх технічного стану.

Об'єкт дослідження: рухомий тяговий склад залізниць.

Предмет дослідження: знос бандажів колісних пар ТРС з урахуванням серії, типу та умов експлуатації.

У роботі розглянуто основні сучасні способи зниження інтенсивності зношування коліс рухомого складу. Розглянуто принцип дії колісно-токарного верстата з обточування колісних пар високошвидкісного електропоїзда в умовах моторвагонного депо. Запропоновано виробничий процес створення триботехнічних матеріалів, що дозволяє оптимізувати процес лубрикації та зменшити гребнів коліс рухомого складу.

ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 101 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 33 figures, 19 tables, and 15 literature references.

Keywords: WEAR, WHEELSET, SURFACE STRENGTHENING, TRIBOTECHNICAL MATERIALS, ROLLING STOCK, EXPERIMENTAL INSTALLATION, MONITORING SYSTEM, RIB LUBRICATOR, RAILWAY.

Purpose of the work: increasing the resource of TPS wheelset tires by developing, theoretical substantiating and implementing methods based on improving the control of geometric parameters and predicting their technical condition.

Object of research: rolling stock of railways.

Subject of research: wear of TPS wheelset tires taking into account the series, type and operating conditions.

The paper considers the main modern methods of reducing the intensity of wear of rolling stock wheels. The principle of operation of a wheel-lathe for turning wheelsets of a high-speed electric train in the conditions of a railcar depot is considered. The production process for creating tribotechnical materials is proposed, which allows optimizing the lubrication process and reducing the ridges of rolling stock wheels.

Вступ

На етапі перед залізничним транспортом ставляться такі основні стратегічні завдання [3; 4]:

- збільшення маси вантажних поїздів та осьових навантажень вантажних локомотивів;

- модернізація тягового рухомого складу за сучасними проектами з використанням енергозберігаючих технологій;

- оновлення парку рухомого складу нового покоління, який би відповідав чинним європейським екологічним нормам;

- підвищення рівня безпеки руху, зниження аварійності;

- покращення техніко-економічних показників роботи залізниць завдяки переходу на інноваційний шлях створення рухомого складу.

Ці завдання, і навіть вимоги до рухомого складу (у межах діючих стандартів) зумовлюють основний напрямок для вдосконалення конструкцій локомотивів і особливо їх ходових частин, так як в основному саме вони впливають формування динамічних якостей локомотивів, від правильно обраних технічних характеристик залежать їх основні експлуатаційні та економічні показники. При цьому все більш важливим стає реалізація принципів уніфікації, модульності та стандартизації під час створення нових конструкцій тягового рухомого складу.

Актуальність застосування способів зниження зносу колісних пар рухомого складу на підприємствах залізничного транспорту пояснюється інтенсивним зносом рейок і колісних пар рухомого складу з затяжними підйомами і спусками і на рівнинних залізницях.

Мета роботи: підвищення ресурсу бандажів колісних пар ТРС за рахунок розробки, теоретичного обґрунтування та реалізації методів на основі вдосконалення контролю геометричних параметрів та прогнозування їх технічного стану.

Об'єкт дослідження: рухомий тяговий склад залізниць.

Предмет дослідження: знос бандажів колісних пар ТРС з урахуванням серії, типу та умов експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- розробити методику порівняльного аналізу процесів зношування бандажів для оцінки причин їхнього зносу, яка дозволяє обґрунтувати вибір найкращих профілів та значення залишкового прокату, способу лубрикації для різних серій ТРС та ділянок їх експлуатації виходячи з критерію реалізації максимального ресурсу колісних пар до обточування та зміни;

- запропонувати методику вимірювання значення максимального зношування бандажів для отримання більш достовірних результатів;

- розробити спосіб вимірювання геометричних параметрів колісних пар та програмне забезпечення, що дозволяють контролювати та прогнозувати терміни обточування та зміни бандажів, здійснювати паспортизацію технічних параметрів ТРС, оцінювати ефективність прийнятих технічних рішень.

Розглянуто основні несправності колісних пар. Основні несправності бандажів колісних пар спричинені параметричними відмовами, помилками під час поїзда, порушеннями технології виготовлення бандажів та формування колісних пар. Для визначення основних несправностей використовують ручні та автоматизовані методи діагностики.

Результати. У роботі розглянуто основні сучасні способи зниження інтенсивності зношування коліс рухомого складу. Наведено приклади технології плазмового зміцнення з прикладу колісних пар вантажного електровоза. Розглянуто принцип дії колісно-токарного верстата з обточування колісних пар високошвидкісного електропоїзда в умовах моторвагонного депо. Запропоновано виробничий процес створення триботехнічних матеріалів, що дозволяє оптимізувати процес лубрикації шляхом нанесення мінімальної кількості триботехнічних матеріалів, зменшуючи при цьому знос гребенів коліс рухомого складу.

Розглянуто проблему інтенсивного зносу рейок та колісних пар рухомого складу, наведено основні несправності бандажів колісних пар,

описано ручний та автоматизований способи вимірювання інтенсивності зношування колісних пар. Проведено огляд та виявлено недоліки сучасних способів зниження зносу гребнів колісних пар сучасного рухомого складу, запропоновано виробничий комплекс створення триботехнічних матеріалів, що дозволяє оптимізувати процес лубрикації коліс рухомого складу.

Методи дослідження. Базові положення теорії надійності, технічного контролю, теорії ймовірностей, перевірки статистичних гіпотез, регресійного аналізів, елементи теорій моделювання та прогнозування. Розрахунок та статистична обробка даних проводилася у веб редакції Excel.

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 міститься 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 розроблення заходів з удосконалення процесів ремонту бандажів колісних пар тепловозів за рахунок розробки, теоретичного обґрунтування та запропонування практичних методів, що базуються на методиці прогнозування технічного стану бандажів колісних пар.

Висновки

Висновки

Розроблено теоретичні положення, спрямовані на вдосконалення організації ремонту та підвищення експлуатаційної надійності тягового рухомого складу.

Відповідно до завдань роботи отримано такі наукові та практичні результати.

1. Проведено аналіз технічного стану елементів колісних пар, що впливають на експлуатаційну надійність тягового рухомого складу із застосуванням інструментального методу контролю та неруйнівного контролю деталей.

2. Існуючі інформаційні ресурси, дозволяють оперативно та якісно проводити збір даних щодо відмов рухомого складу та ведення їх в електронному вигляді паспортів на ТРС.

3. Проведені теоретичні дослідження та розрахунки підтверджують можливість застосування системи ремонту та технічного обслуговування тягового рухомого складу для врахування їх фактичного стану.

4. На основі аналізу процесів зміни контрольованих параметрів колісних пар, таких як: товщина бандажа, товщина зуба великого зубчастого колеса і непараметричного контролю із застосуванням методів НК деталей: вісь колісної пари, колісний центр, велике зубчасте колесо тягового редуктора, бандаж, були визначені закони їх розподілу. Встановлено, що ці вибірки величин всіх контрольованих параметрів колісних пар добре описуються нормальним законом розподілу.

5. Встановлено, що проведений розрахунок функцій розподілу ресурсу та визначення 90 %, 95 % гамма-відсоткового ресурсу деталей показав, що лімітує деталлю є бандаж колеса (за зносом) колісної пари з пробігом 550 тис. км. та 520 тис. км. відповідно.

6. Оптимальні терміни відновлення обладнання ТРС необхідно

визначати виходячи з аналізу зміни із збільшенням напрацювання показників безвідмовності та довговічності обладнання у конкретних умовах експлуатації.

7. Подані в роботі результати дослідження та розрахунки показників безвідмовності та довговічності елементів колісної пари за результатами інструментального та неруйнівного контролю можуть бути використані при розрахунку міжремонтних пробігів для ТРС, що експлуатуються, на полігонах мережі залізниць.

8. Запропоновано методи, які дозволили розробити технічні та технологічні рішення з експлуатації та ремонту колісних пар ТРС, що забезпечують збільшення ресурсу бандажів на основі використання ймовірносно-статистичних методів дослідження, створення моделей та методик для кількісної оцінки їх зносу, пов'язаного з особливостями конструкції ТРС, технічного обслуговування та ремонту стосовно експлуатації.

9. На підставі огляду сучасних способів зниження інтенсивності зношування коліс рухомого складу визначено, що в даний час не існує універсального способу. Кожен спосіб ефективний за певних умов ремонту, обслуговування та експлуатації. Однак використання кількох способів на підприємствах при грамотному підході може дати необхідний економічний та триботехнічний ефект, економічний ефект за розрахунковий період 1750,94 тис. грн.

Список використаних джерел

1. Інструкція з формування ремонту та утримання колісних пар рухомого складу залізниць України колії 1520 мм» ВНД 32.0.05.001-2000 / – К.: Укрзалізниця, 2011. –112 с.

2. Положення про планово-попереджувальну систему ремонту і технічного обслуговування тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро- та дизель-поїздів): Наказ № Ц-85/25 Ком.т. від 01.05.2023 р. – Укрзалізниця, 2023.– 18 с.

3. Технологическая инструкция по плазменному упрочнению гребней колесных пар тягового подвижного состава – Київ: Укрзалізниця, 1996. – 8 с.

4. Яковенко В.Г., Мирошниченко Ю.В., Моцна І.В., Жердєв М.Д. Методичні вказівки до розрахунку економічної частини дипломного проекту. для студентів спеціальності «Залізничний транспорт» за освітньою програмою «Локомотиви та локомотивне господарство» усіх форм навчання. –Харків.: УкрДУЗТ, 2020. - 46 с.

5. Правила технічного обслуговування та поточного ремонту тепловозів 2ТЕ116 / наказ ЦТ-0043. – К: Укрзалізниця, 2002. – 323 с.

6. Cantini S. Structural reliability assessment of railway axles / S. Cantini, S. Beretta; Luccini RS. – 2011. – 208 с.