

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ З ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КОНТРОЛЮ ТА  
РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ПАР ЛОКОМОТИВІВ У ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО

Пояснювальна записка і розрахунки  
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ 410.13.01 ПЗ

Розробив студент групи 211-ЛЛГ-Д24  
спеціальності 273 Залізничний транспорт  
Освітня програма: «Локомотиви та  
локомотивне господарство»  
(роботу виконано самостійно, відповідно  
до принципів академічної доброчесності)

\_\_\_\_\_ Максим ЛЯХОВ  
(підпис)

Керівник:

ст. викладач кафедри ЕРРС,

Віталій КОВАЛЕНКО

Рецензент:

доц. кафедри ІВ та ЯП, к.т.н

Андрій РИБІН

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,

професор, д-р техн. наук

\_\_\_\_\_ В.Г. Пузир

(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ляхов Максим Ігорович

1. Тема «Розроблення пропозицій з оптимізації процесів контролю та ремонту колісних пар локомотивів у локомотивному депо» керівник Коваленко Віталій Іванович, ст.викладач затверджено розпорядженням по механіко-енергетичному факультету від «06» жовтня 2025 року № 49.
2. Строк подання студентом закінченої роботи «25» грудня 2025 року.
3. Вихідні дані Методичні вказівки по збору статистичної інформації в локомотивних депо(№471)
4. 1 Аналіз конструктивних та експлуатаційних особливостей колісних пар електровозів серії ВЛ. 2 Дослідження надійності та довговічності колісних пар електровозів серії ВЛ в експлуатації. 3 Моделювання та аналіз напружено-деформованого стану колісної пари. 4 Технологічні аспекти обслуговування та відновлювального ремонту колісних пар електровозів. 5 Пропозиції щодо розробки комплексної програми підвищення експлуатаційного ресурсу колісних пар електровозів. 6 Техніко-економічне обґрунтування від модернізації верстатного обладнання для обточування колісних пар.
5. Перелік графічного матеріалу 1 Загальна характеристика магістерської роботи. 2 Задачі та склад магістерської роботи. 3 Аналіз пошкоджень та надійності роботи уніфікованої колісної пари електровозів серії ВЛ. 4 Модель визначення напружено-деформованого стану колеса в контакті «колесо-рейка» методом кінцевих елементів. 5 Аналіз розподілу контактних тисків в зоні контакту колеса з рейкою. 6 Машина для миття колісних пар. 7 Верстат для обточування колісних пар без викатки з під рухомого складу КЖ 20. 8 Технічні та технологічні рішення для підвищення працездатності колісних пар локомотивів. 9 Уніфікована автоматична система безконтактного контролю

параметрів коліс рухомого складу. 10 Обладнання для відновлення і поверхневого зміцнення гребенів колісних пар. 11 Висновки.

#### 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування			

7 Дата видачі завдання «б» жовтня 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.	2.10–15.10	
2	Збирання та обробка статистичної інформації	16.10–25.10	
3	Виконання роботи по розділам дипломного проекту. Аналіз одержаних даних, їх розрахунок та обробка	26.10–3.11	
4	Перевірка виконаних завдань у керівника дипломного проекту, виправлення помилок, виконання робіт по розділам консультантів	4.11–26.11	
5	Робота над оформленням графічної частини, проведення розрахунків та створення на їх підставі графічних матеріалів	27.11–6.12	
6	Перевірка виконаних робіт у керівника проекту, виправлення помилок, чистове виконання розділів дипломного проекту	7.12–19.12	
7	Нормоконтроль, виправлення помилок та підготовка до захисту	20.12–25.12	

Студент \_\_\_\_\_ Ляхов М.І.

( підпис )

Керівник \_\_\_\_\_ Коваленко В.І.

( підпис )

## Зміст

Вступ	7
1 Аналіз конструктивних та експлуатаційних особливостей колісних пар електровозів серії ВЛ	9
2 Дослідження надійності та довговічності колісних пар електровозів серії ВЛ в експлуатації	17
2.1 Систематизація та аналіз типових пошкоджень колісних пар тягового рухомого складу	17
2.2 Огляд світового досвіду експлуатації та технічного обслуговування колісних пар	24
2.3 Оцінка показників надійності роботи колісних пар електровозів в умовах експлуатації	26
2.4 Обґрунтування пріоритетних напрямків зниження контактної-втомних пошкоджень коліс	32
3 Моделювання та аналіз напружено-деформованого стану колісної пари	34
3.1 Ідентифікація та розрахунок силових навантажень, що діють на колісну пару в експлуатації	34
3.2 Розробка та застосування моделі кінцевих елементів для визначення напружено-деформованого стану колеса в зоні контакту «колесо-рейка»	39
3.3 Моделювання напружено-деформованого стану колісної пари під впливом термічного навантаження, що виникає в процесі гальмування	46
4 Технологічні аспекти обслуговування та відновлювального ремонту колісних пар електровозів	54
4.1 Регламент та методи візуального контролю колісних пар	56

					<i>МКРМЕ 410.13.04 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Ляхов</i>			<i>Розроблення пропозицій з оптимізації процесів контролю та ремонту колісних пар локомотивів у локомотивному депо</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		<i>Коваленко</i>					4	93
Реценз.		<i>Рибін</i>				УкрДУЗТ		
Н. Контр.		<i>Анацький</i>						
Затверд.		<i>Пузир</i>						

4.2 Сучасна технологія відновлювального ремонту колісних пар рухомого складу	60
5 Пропозиції щодо розробки комплексної програми підвищення експлуатаційного ресурсу колісних пар електровозів	67
5.1 Впровадження системи безконтактного моніторингу геометричних параметрів колісних пар	69
5.2 Підвищення довговічності колісних пар шляхом застосування технології плазмового загартування	73
5.3 Оцінка ефективності використання установки для автоматизованого наплавлення гребенів колісних пар у ремонтному процесі	77
6 Техніко-економічне обґрунтування від модернізації верстатного обладнання для обточування колісних пар	82
6.1 Стисла характеристика запропонованого технічного рішення	82
6.2 Методологія розрахунку економічної ефективності від впровадження технічних інновацій	82
6.3 Розрахунок економічного ефекту від модернізації верстата для обточування бандажів колісної пари	85
Висновки по роботі	90
Список використаних джерел	91

					<i>МКРМЕ 410.13.05 ПЗ</i>	Арк.
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 11 слайдів презентації та 93 аркушів пояснювальної записки формату А4, що містить 46 рисунки, 6 таблиць та 24 літературних джерел.

Ключові слова: КОЛІСНА ПАРА, НАДІЙНІСТЬ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, РЕМОНТ, ОБТОЧУВАННЯ, ТЕРМОМЕХАНІЧНІ ПОШКОДЖЕННЯ, ПЛАЗМОВЕ ЗАГАРТУВАННЯ.

Мета роботи. Завданням дослідження є розробка та наукове обґрунтування методів і способів підвищення ефективності процесу відновлення профілю колісних пар за рахунок впровадження сучасних технологій та обладнання.

Об'єкт дослідження – колісна пара тягового рухомого складу.

Предмет дослідження – організація та вдосконалення технології ремонту колісних пар тягового рухомого складу.

Робота присвячена дослідженню фактичного стану та аналізу надійності роботи колісних пар електровозів серії ВЛ в умовах експлуатації, що є критичним для безпеки руху. Проведений аналіз напружено-деформованого стану колісної пари в контакті “колесо-рейка” та при термічному навантаженні. Запропоновано комплекс інженерно-технологічних рішень, включаючи плазмове поверхнєве загартування гребенів та модернізацію верстатного обладнання, які дозволяють збільшити ресурс колісних пар та підвищити безпеку руху в цілому.

## ABSTRACT

This qualification work includes 11 presentation slides and 93 sheets of explanatory notes in A4 format, containing 46 figures, 6 tables and 24 literature sources.

Keywords: WHEEL PAIR, RELIABILITY, OPERATION, REPAIR, TREATMENT, THERMO-MECHANICAL DAMAGE, PLASMA HARDENING.

Purpose of the work. The task of the research is to develop and scientifically substantiate methods and ways to increase the efficiency of the process of restoring the profile of wheelsets through the introduction of modern technologies and equipment.

The object of the research is the wheelset of traction rolling stock.

The subject of the research is the organization and improvement of the technology for repairing wheelsets of traction rolling stock.

The work is devoted to the study of the actual state and analysis of the reliability of the wheelsets of VL series electric locomotives in operating conditions, which is critical for traffic safety. The analysis of the stress-strain state of the wheelset in the wheel-rail contact and under thermal load was carried out. A set of engineering and technological solutions was proposed, including plasma surface hardening of the ridges and modernization of machine equipment, which allow to increase the resource of the wheelsets and improve traffic safety in general.

## Вступ

Тема є критично актуальною через значне зростання трудомісткості та собівартості ремонту колісних пар тягового рухомого складу (ТРС) та локомотивів на підприємствах залізничного транспорту. Ця ситуація ускладнюється тривалою недостатньою заміною зношеного рухомого складу та інтенсифікацією експлуатації в умовах воєнного стану. Для забезпечення сталого економічного розвитку та оборонної логістики України ключове значення має надійна та безперебійна робота залізничного транспорту, особливо колісних пар, які є високонавантаженими та ключовими елементами рухомого складу.

Процес відновлення профілю колісних пар є складною та технологічно затратною операцією, що характеризується невисокою продуктивністю. Глибина різання та твердість оброблюваної поверхні колісних пар можуть значно коливатися в залежності від типу та ступеня експлуатаційних пошкоджень, що вимагає впровадження високоточних та ресурсозберігаючих методів [1].

Основною метою дослідження є розробка та наукове обґрунтування методів для підвищення ефективності та ресурсу процесу відновлення профілю колісних пар тягового рухомого складу. Це є стратегічно важливою задачею, оскільки її вирішення сприятиме підвищенню загальної надійності та пропускної спроможності залізничного транспорту України [2].

Навіть з урахуванням жорстких вимог до безпеки руху, сучасний науково-технічний прогрес у сфері контрольно-вимірювальних приладів та ремонтно-відновлювального обладнання (зокрема, з елементами цифрового моделювання) дозволяє забезпечити якісний ремонт та технічне обслуговування рухомого складу. Магістерська робота фокусується на розробці інженерних рішень та підсистем, що мають значущий вплив на безпеку руху, забезпечуючи їх економічну ефективність та високу надійність.

Завданням дослідження є розробка та наукове обґрунтування методів і способів підвищення ефективності процесу відновлення профілю колісних пар за рахунок впровадження сучасних технологій та обладнання.

Предмет дослідження – організація та вдосконалення технології ремонту колісних пар тягового рухомого складу.

Об'єкт дослідження – колісна пара тягового рухомого складу.

Елементи наукової новизни – особливий інтерес представляє методика прогнозування та підвищення ресурсу колісних пар тягового рухомого складу та вдосконалення ресурсозберігаючих технологій ремонту колісних пар в умовах інтенсивної експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів викладені у доповіді на студентській конференції, тези доповіді Ляхова М.І. «Систематизація експлуатаційних дефектів та обґрунтування організаційно-технічних рішень для підвищення надійності контролю колісних пар у локомотивних депо», яка опублікована у збірнику тез доповідей студентської науково-технічної конференції 10-11 грудня. Харків, 2025. № 85.

## Список використаних джерел

1 Тихенко В. Н., С. В. Пчелінський Підвищення ефективності обробки на колесотокарних верстатах // Праці Одеського політехнічного університету. – Одеса, 2012. Вип. 1 (38). с. 84–87. (Серія «Машинобудування. Технологія металів. Матеріалознавство»).

2 Машнєв М. М. Економічна оптимізація процесу відновлення профілю поверхонь катання колісних пар обточуванням після відпалу їх при нагріванні струмами високої частоти // Конструкційно-технологічне забезпечення надійності рухомого складу: збірник наукових праць. Київ: 1985. с. 48–53.

3 Шубін А. А., Жуков Д. А. Відновлення геометричних параметрів профілю катання колісних пар з урахуванням фізико-механічних властивостей поверхні, що обробляється // Конструкційно-технологічне забезпечення надійності рухомого складу: зб. наук. праць. Київ, 1985. С. 54-56.

4 Рауба А. А. Розробка системи використання твёрдосплавного інструменту для механічної обробки деталей типу зношених колісних пар: дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук «Станкін», 2002. 365 с.

5 Богданов А. Ф. Іванов І. А. Відновлення профілю поверхні катання колісних пар: навчальний посібник за ред. д-ра техн. Наук І. А. Іванова. К.: МТ, 2000. 128 с.

6 Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм / ВНД 32.0.07.001-2001. – Київ : Укрзалізниця, 2011. 168 с.

7 Фільков Н.І., Дубінський Є.Л., Мойзель М.М., Стерлін І.Б. Поточні лінії ремонту локомотивів у депо. К.: Транспорт, 1983. - 302 с.

8 Miller R. R. Terminology: Catalogue d'avaries. СН-300. Vern, 1998. p. 5-11.

9 Біргер І.А., Розрахунок на міцність деталей машин. Довідник 3-те вид., Дод. перероб. -К: «Машинобудування», 1979, 702 с.

10. Марков, Д.П. Трибологія та її застосування на залізничному транспорті // Праці ДПТ. К: Інтекст, 2007. 408 с.

11 Інструкція з огляду, огляду, ремонту та формування колісних пар. ЦВ/3429. К: Транспорт, 1977. 87 с.

12 Донець В.Г., Цюренко В.М., Путря Н.М., Кривошеєв В.М. Про скорочення відчіпок вагонів за гострокінцевим накатом на гребнях коліс // Вісник ДПТ. 1998. №1. с. 44-47.

13 Сакало А. В. Контактно-втомна міцність колісної сталі // Вісник. Київ: БДТУ, 2011. Вип.2 С. 35-41.

14 Сакало В.І. Контактні задачі залізничного транспорту. К: Машинобудування, 2004. 496 с.

15 Про вдосконалення системи технічного обслуговування, експлуатації, поточного та капітального ремонтів тягового рухомого складу. Наказ №030-Ц від 30.01.2005 р. К.: Укрзалізниця, 2001. 12 с.

16 Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар рухомого складу залізниць України колії 1520 мм ВНД 32.0.07.001 2000. К.: Укрзалізниця, 2000. 112 с.

17 Айзінбуд С.Я., Гудковський В.А., Кельперіс П.І. Локомотивне хожайство: Підручник для вузів залізничного транспорту. За ред. Айзінбуда С.Я. К: Транспорт, 1986. 263 с.

18 Пельман Д.Я., Норкін Я.А., Скіба І.Ф., Арустамян С.А. Комплексна механізація та автоматизація ремонту рухомого складу. К: Транспорт, 1969. 312 с.

19 Тартаковський Е.Д., Калабухін Ю.С., Фалендиш А.П. Розробка техніко-економічних розрахунків в дипломних проектах. Методичні вказівки для студентів спеціальності «Локомотиви». Харків: ХарДАЗТ, 1998. 24 с.

20 Фільков Н.І., Дубінський Є.Л., Мойзель М.М., Стерлін І.Б. Поточні лінії ремонту локомотивів у депо. К: Транспорт, 1983. 302 с.

21 Четвергов В.А. Надійність локомотивів. К: Транспорт, 2003. 248 с.

22 Технологічна інструкція з плазмового зміцнення гребенів колісних пар тягового рухомого складу. К.: Укрзалізниця, 1996. 8 с.

23 Методичні рекомендації щодо визначення економічної ефективності заходів науково-технічного прогресу на залізничному транспорті. ДІТ Укрзалізниця. К: Транспорт, 1991. 239 с.

24 Сибаров Ю.Г., Дегтярьов Т.К., Єфремова Т.К. та ін. Охорона праці на залізничному транспорті: Підручник для вузів ж.-д. транспорту. К: Транспорт, 1981. 287 с.