

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

РОЗРОБКА НОРМАТИЧНИХ ДОКУМЕНТІВ ДО АКРЕДИТАЦІЇ ВИПРОБУВАЛЬНОЇ
ЛАБОРАТОРІЇ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ.175.26.4.00. ПЗ

Розробила студентка групи 217-ЯСС-324
спеціальності 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології» освітньої програми
«Якість, стандартизація та сертифікація»
(робота виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)

 Світлана ГЛАДКА

Керівник: професор, д-р техн. наук
Ларіса ТИМОФЕЄВА

Рецензент: доцент кафедри
машинобудування та технічний сервіс машин
УкрДУЗТ, канд. техн. наук
Андрій БАБЕНКО

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

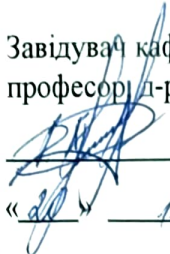
Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Спеціальність – 175 «Інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітня програма – «Якість, стандартизація, сертифікація»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук

 В. Г. Равлюк

« 20 » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Гладкої Світлани Олександрівни

1 Тема «Розробка нормативних документів до акредитації випробувальної лабораторії».

керівник Тимофеева Ларіса Андріївна, професор, д-р техн. наук

затверджені наказом по механіко-енергетичному факультету від

“ ” 2025 року № _____.

2 Строк подання студентом закінченої роботи «28» грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи отримати під час проходження переддипломної практики на підприємстві технічного профілю, що здійснює експлуатацію техніки та проводить експлуатаційні дослідження її технічного стану й робочих параметрів. У процесі практики студент повинен зібрати фактичні дані, необхідні для аналізу вимірювальних процесів і оцінювання стану техніки в реальних умовах експлуатації.

4. Під час проходження переддипломної практики необхідно ознайомитися з організаційною структурою підприємства, функціональними обов'язками його підрозділів, умовами та режимами експлуатації техніки, а також із внутрішньою технічною, технологічною та нормативно-методичною документацією у сфері вимірювання експлуатаційних параметрів. Студент повинен вивчити нормативно-правову та стандартну базу з метрологічного забезпечення вимірювань, проаналізувати застосовувані методи та засоби вимірювання, а також чинну практику організації вимірювального контролю й забезпечення точності та достовірності результатів у процесі експлуатаційних досліджень.

5. На основі зібраних матеріалів необхідно сформулювати методичний підхід до удосконалення методів і засобів вимірювання техніки при експлуатаційних дослідженнях, виконати аналіз застосовуваних вимірювальних методик і засобів, визначити основні проблемні аспекти вимірювального контролю та обґрунтувати напрями їх удосконалення.

6 Перелік графічного матеріалу:
Графічний матеріал виконати у вигляді презентації (обсяг 15-20 слайдів).

7 Дата видачі завдання «24» лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Ознайомлення з діяльністю підприємства та технічною документацією у сфері ремонту і відновлення пар тертя.	26.02 - 02.03	виконано
2. Аналіз нормативно-правової та стандартної бази метрологічного забезпечення вимірювань при ремонті пар тертя.	03.03 – 13.04	виконано
3. Дослідження методів і засобів вимірювання геометричних і мікрогеометричних параметрів пар тертя та оцінювання їх точності.	14.04 – 10.06	виконано
4. Аналіз системи вимірювального контролю технічного стану деталей пар тертя у процесі ремонтно-відновлювальних робіт.	11.06 – 03.07	виконано
5. Обґрунтування та розроблення удосконалених методів і засобів вимірювання для підвищення точності контролю при ремонті пар тертя.	04.07 – 01.09	виконано
6. Оцінка економічної та організаційної ефективності впровадження запропонованих рішень у ремонтному виробництві.	02.09 – 05.10	виконано
7. Розробка та оформлення слайдів	06.10 - 16.11	виконано
8. Отримання рецензії на МКР	01.12.25	виконано
9. Захист МКР в ДЕК	15.01.26	

Студентка  Світлана ГЛАДКА

Керівник  Лариса ТИМОФЕЄВА

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає 15 слайдів презентації та 105 аркушів пояснювальної записки формату А4.

Ключові слова: пари тертя, ремонт деталей, вимірювальні процеси, засоби вимірювання, метрологічне забезпечення, точність вимірювань, невизначеність, якість ремонту, надійність машин.

Об'єктом дослідження є пари тертя машин і механізмів у процесі їх ремонту та відновлення як об'єкти вимірювального контролю.

Предметом дослідження є методи, засоби та організаційно-методичні підходи до вимірювання геометричних, мікрогеометричних і функціональних параметрів пар тертя під час ремонтно-відновлювальних робіт.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розроблення напрямів удосконалення точності вимірювання при ремонті пар тертя з метою підвищення достовірності результатів контролю, зниження метрологічних ризиків, підвищення якості ремонту та збільшення ресурсу відновлених вузлів машин і механізмів.

У роботі проаналізовано теоретичні та нормативно-методичні засади вимірювального контролю при ремонті пар тертя, розглянуто вимоги національних і міжнародних стандартів у сфері метрології, технічного контролю та управління якістю. Проведено аналіз чинних методів і засобів вимірювання параметрів пар тертя, особливостей організації вимірювальних процесів у ремонтному виробництві та виявлено основні проблемні аспекти, що знижують точність вимірювань і якість ремонтно-відновлювальних робіт.

Розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення методів і засобів вимірювання при ремонті пар тертя, які передбачають застосування сучасних високоточних вимірювальних приладів, удосконалення методик вимірювання, стандартизацію умов проведення контролю та впровадження елементів автоматизованого збору й обробки результатів вимірювань. Виконано оцінку технічної, економічної та організаційної ефективності запропонованих заходів, а також розглянуто питання охорони праці та безпеки під час виконання вимірювальних робіт у процесі ремонту пар тертя.

ABSTRACT

The qualification work includes 15 presentation slides and 105 pages of explanatory notes in A4 format.

Keywords: friction pairs, component repair, measurement processes, measuring instruments, metrological support, measurement accuracy, uncertainty, repair quality, machine reliability.

The object of the study is friction pairs of machines and mechanisms during repair and restoration processes as objects of measurement control.

The subject of the study is methods, measuring instruments, and organizational and methodological approaches to measuring geometric, microgeometric, and functional parameters of friction pairs during repair operations.

The purpose of the qualification work is to substantiate and develop directions for improving measurement accuracy during friction pair repair in order to increase the reliability of measurement results, reduce metrological risks, improve repair quality, and extend the service life of restored machine components.

The work analyzes theoretical and regulatory foundations of measurement control in friction pair repair, as well as national and international standards in the field of metrology, technical control, and quality management. Existing measurement methods and instruments used in repair production are analyzed, and key factors that reduce measurement accuracy and repair quality are identified.

Practical recommendations for improving measurement methods and instruments during friction pair repair are developed, including the use of modern high-precision measuring instruments, improved measurement methodologies, standardized measurement conditions, and implementation of automated data acquisition and processing. The technical, economic, and organizational efficiency of the proposed measures is evaluated, and occupational health and safety issues during repair-related measurements are considered.

Зміст

Вступ	8
1 Теоретичні основи контролю та вимірювань під час ремонту пар тертя	11
1.1. Сутність, роль та значення вимірювань при ремонті пар тертя	11
1.2. Нормативно-метрологічні вимоги та стандарти, що регламентують точність вимірювань при ремонті пар тертя	14
1.3. Фактори, що впливають на точність вимірювань при ремонті пар тертя, та їхній науково-технічний аналіз	17
1.4. Вплив точності вимірювань на якість ремонту пар тертя	21
1.5. Похибки та невизначеність вимірювань при ремонті пар тертя	24
1.6. Обґрунтування необхідності удосконалення точності вимірювань при ремонті пар тертя	27
1.7. Шляхи підвищення точності вимірювань при ремонті пар тертя	30
Висновки до розділу 1	34
2 Аналіз методів і засобів вимірювання при ремонті пар тертя	36
2.1. Характеристика пар тертя як об'єктів вимірювання при ремонтно-відновлювальних роботах	36
2.2. Аналіз існуючих методів вимірювання геометричних параметрів пар тертя	39
2.3. Аналіз методів вимірювання параметрів мікрогеометрії та зношування поверхонь пар тертя	43
2.4. Аналіз похибок та невизначеності вимірювань при ремонті пар тертя	47
2.5. Аналіз організації вимірювального контролю при ремонті пар тертя	51
Висновки до розділу 2	54
3 Розроблення заходів з удосконалення точності вимірювань при ремонті пар тертя	56

					МКРМЕ.175.26.4.00, ПЗ			
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення точності вимірювання при ремонті пар тертя	Літер	Аркуш	Аркушів
Розробив		Гладка		20.08.25				
Перевірив		Тимофесва		20.08.25			4	90
Реценз.		Бабенко				УкрДУЗТ		
Н. контр.		Шовкун		29.08.26				
Затв.		Равлюк		20.08.26				

3.1. Обґрунтування напрямів удосконалення точності вимірювань при ремонті пар тертя	56
3.2. Удосконалення засобів вимірювання при ремонті пар тертя	60
3.3. Удосконалення методик вимірювання при ремонті пар тертя	64
3.4. Удосконалення організації вимірювального контролю при ремонті пар тертя	68
3.5. Оцінювання ефективності запропонованих заходів з підвищення точності вимірювань при ремонті пар тертя	72
3.6. Забезпечення стабільності та простежуваності результатів вимірювань при ремонті пар тертя	76
Висновки до розділу 3	80
4 Охорона праці та безпека виробничої діяльності	82
4.1. Аналіз умов праці та небезпечних і шкідливих виробничих факторів при виконанні вимірювальних робіт під час ремонту пар тертя	82
4.2. Заходи з охорони праці та безпеки при виконанні вимірювальних робіт під час ремонту пар тертя	85
4.3. Пожежна та електробезпека під час виконання вимірювальних робіт при ремонті пар тертя	90
4.4. Санітарно-гігієнічні вимоги, мікроклімат і ергономіка робочих місць при виконанні вимірювальних робіт	94
Висновки до розділу 4	98
Загальні висновки	100
Список використаних джерел	102

					МКРМЕ.175.26.4.00. ПЗ
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	

Вступ

Сучасні машинобудівні системи, транспортні засоби, аграрна та промислова техніка містять велику кількість пар тертя, які забезпечують перетворення, передачу та регулювання механічної енергії. Саме ці вузли визначають плавність руху механізмів, їх ресурс, надійність і здатність працювати під високими навантаженнями в агресивних умовах. Під час експлуатації на деталі пар тертя — вали, втулки, підшипникові посадки, шліцьові з'єднання, шийки валів, направляючі — постійно діють сили тертя, контактні напруження, температурні впливи і динамічні навантаження. Унаслідок цього відбувається поступове спрацювання поверхонь, зміна геометрії, зростання зазорів і, відповідно, погіршення технічних характеристик. Тому ремонт пар тертя є критично важливим етапом підтримання працездатності машин та механізмів.

Основною передумовою якісного ремонту є точне вимірювання геометричних параметрів деталей, їх форми, відхилень, шорсткості та взаємного розташування поверхонь. Без точних вимірювань неможливо об'єктивно оцінити реальний стан деталей, встановити ступінь їх зношування, визначити можливість відновлення або заміни, а також забезпечити правильний вибір технологічних рішень — наплавлення, напилення, хонінгування, розточування, шліфування, припасування чи встановлення ремонтних розмірів. Саме тому точність вимірювання у процесі ремонту пар тертя є базовим чинником, що визначає якість і довговічність відновлених вузлів.

В умовах сучасного машинобудування вимірювання деталей пар тертя мають виконуватися з урахуванням високих вимог до допусків, що нерідко становлять кілька сотих або навіть тисячних міліметра. Це вимагає застосування високоточних засобів контролю — внутрішніх і зовнішніх мікрометрів, нутромірів, індикаторних головок, багатоточкових і оптичних

систем, координатно-вимірювальних машин, а також новітніх цифрових приладів. Проте практична діяльність ремонтних підрозділів показує, що навіть наявність сучасних засобів вимірювання не гарантує високої точності, якщо не враховані впливи людського фактора, умов навколишнього середовища, конструкційних особливостей деталей та методичних похибок.

У реальному виробничому середовищі процес вимірювання при ремонті пар тертя ускладнюється низкою факторів: нерівномірним спрацюванням поверхонь, деформацією деталей унаслідок навантажень, наявністю дефектів геометричної форми (овальності, конусності, вигину), температурними впливами, неточністю базування деталі під час вимірювання, а також похибками, що виникають через недосконалість вимірювального інструменту чи неправильний вибір баз. Усе це призводить до суттєвих відхилень у результатах вимірювання, що згодом може спричинити неправильний вибір способу ремонту або помилки при відновленні розмірів.

Проблема підвищення точності вимірювань при ремонті пар тертя є комплексною, оскільки включає оптимізацію методів контролю, вдосконалення вимірювальних засобів, розроблення раціональних технологічних схем базування, підвищення кваліфікації персоналу та впровадження цифрових технологій обробки вимірювальних даних. Значного поширення набувають контактні та безконтактні інформаційні системи, що працюють на основі лазерних, акустичних, оптичних та комбінованих принципів. Упровадження таких технологій дозволяє мінімізувати похибки, підвищити стабільність результатів вимірювань і знизити залежність процесу контролю від людського фактора.

Важливим аспектом є те, що точні вимірювання дозволяють правильно оцінити ступінь зношування та визначити найбільш оптимальний спосіб ремонту — відновлення посадкових місць за допомогою

наплавлення, застосування ремонтних розмірів, встановлення нових втулок, напилення антифрикційних покриттів, геометричну корекцію деталей або повну заміну вузла. Це значно впливає на економічні показники підприємства: зменшує витрати на ремонт, скорочує простой обладнання, підвищує ресурс відновлених вузлів та забезпечує стабільність їхньої роботи протягом усього міжремонтного циклу.

Сучасні тенденції розвитку ремонтних технологій пов'язані з упровадженням цифрових методів контролю, зокрема 3D-сканування, машинного аналізу поверхонь, оптико-цифрових датчиків, автоматизованих вимірювальних систем та програмного забезпечення для побудови математичних моделей зношування. Використання цифрових технологій забезпечує не лише високу точність визначення геометрії, але й дозволяє аналізувати характер зношування, визначати невидимі дефекти та прогнозувати подальший розвиток пошкоджень.

Об'єктом дослідження в роботі є процес вимірювання геометричних параметрів деталей пар тертя в умовах їхнього ремонту. Предметом дослідження — методи та засоби підвищення точності вимірювання при відновленні посадкових місць і поверхонь тертя.

Метою роботи є розроблення та обґрунтування удосконалених методів підвищення точності вимірювань у процесі ремонту пар тертя з урахуванням впливу конструкційних, технологічних та експлуатаційних факторів.

- Для досягнення мети передбачено:
- аналіз сучасних методів контролю геометричних параметрів деталей пар тертя;
 - визначення основних джерел похибок та факторів впливу;
 - оцінка ефективності засобів вимірювання, що застосовуються при ремонті;
 - розроблення заходів щодо підвищення точності вимірювань;
 - обґрунтування раціональних схем базування і технологічних прийомів;

– визначення економічної доцільності впровадження запропонованих рішень.

Наукова новизна роботи полягає у встановленні закономірностей впливу похибок вимірювань на якість ремонту пар тертя та розробленні алгоритмів підвищення точності контролю, які враховують реальні умови ремонтного процесу.

Практичне значення полягає у можливості застосування запропонованих рішень у ремонтних підрозділах підприємств машинобудівного, транспортного та аграрного профілю для підвищення ресурсу техніки, мінімізації браку та оптимізації ремонтних технологій.

Структура роботи включає вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 16 с.
2. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 29 с.
3. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 20 с.
4. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 35 с.
5. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» №1314-VII від 05.06.2014.
6. ДСТУ EN ISO 4287:2012. Геометричні характеристики поверхні. Параметри шорсткості. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 23 с.
7. ДСТУ ISO 25178-2:2015. Геометричні характеристики поверхні. Тривимірні параметри. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 44 с.
8. ДСТУ 2681–94. Засоби вимірювальної техніки. Терміни та визначення. – Київ : Держстандарт України, 1995. – 18 с.
9. ДСТУ ISO 5725-1:2005. Точність (правильність і прецизійність) методів і результатів вимірювання. – Київ : Держспоживстандарт України, 2007. – 30 с.
10. ДСТУ ISO 5725-2:2005. Основний метод визначення повторюваності та відтворюваності. – Київ, 2007. – 34 с.
11. ДСТУ ISO 14253-1:2015. Геометричні допуски. Принципи приймання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 22 с.

12. ДСТУ ISO 14253-2:2015. Геометричні допуски. Принципи підтвердження. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 19 с.
13. ДСТУ ISO 15530-3:2017. Визначення невизначеності вимірювань координат. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 27 с.
14. ДСТУ ISO 1:2015. Стандартна температура для геометричних вимірювань. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 6 с.
15. Коваль О. В. Метрологічне забезпечення машинобудівного виробництва : навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 312 с.
16. Соколовський О. Л. Основи метрології та вимірювальної техніки. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 356 с.
17. Рибалко І. М. Трибологія та зносостійкість машин. – Харків : ХНТУСГ, 2017. – 284 с.
18. Базалєєв В. П. Тертя, зношування і змащування. – Київ : Наукова думка, 2016. – 402 с.
19. Кузьменко А. О. Вимірювання параметрів поверхонь деталей машин. – Дніпро : НГУ, 2018. – 245 с.
20. Жук Ю. М. Технологія відновлення деталей машин. – Київ : Ліра-К, 2020. – 318 с.
21. Павленко І. В. Ремонт і відновлення машин. – Харків : ХНТУ, 2019. – 290 с.
22. ISO/TR 16015:2003. Geometrical Product Specifications – Verification. – ISO, Geneva.
23. ISO 1101:2017. Geometrical tolerancing. – ISO, Geneva.
24. ISO 14253-3:2011. Decision rules for proving conformance. – ISO, Geneva.
25. ISO 8785:1998. Surface roughness measurement instruments. – ISO, Geneva.
26. Taylor Hobson. Surface Metrology Guide. – Leicester, UK, 2018. – 96 p.

27. Whitehouse D. Handbook of Surface Metrology. – CRC Press, 2011. – 1040 p.
28. Stachowiak G., Batchelor A. Engineering Tribology. – Elsevier, 2014. – 876 p.
29. Bhushan B. Introduction to Tribology. – Wiley, 2013. – 720 p.
30. ASTM E177–20. Use of Precision and Bias Data. – ASTM International, 2020.
31. ASTM D4060–19. Abrasion Resistance Testing. – ASTM, 2019.
32. Montgomery D. Introduction to Statistical Quality Control. – Wiley, 2019. – 752 p.
33. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to uncertainty. – BIPM.
34. JCGM 200:2012. International Vocabulary of Metrology (VIM). – BIPM.
35. ISO 25178-6:2010. Areal surface texture – Classification. – ISO.
36. ISO 3274:1996. Surface roughness – Contact instruments. – ISO.
37. ISO 4288:1996. Surface texture – Rules and procedures. – ISO.
38. De Chiffre L. Industrial Metrology. – Wiley, 2014. – 352 p.
39. Bosch R. Automotive Handbook. – Wiley, 2018. – 1096 p.
40. Kalpakjian S. Manufacturing Processes. – Pearson, 2017. – 1200 p.
41. Groover M. Fundamentals of Modern Manufacturing. – Wiley, 2020. – 1104 p.
42. Totten G. Handbook of Lubrication and Tribology. – CRC Press, 2019. – 1700 p.
43. Blau P. J. Friction Science and Technology. – CRC Press, 2015. – 464 p.
44. Hutchings I., Shipway P. Tribology: Friction and Wear. – Elsevier, 2017. – 410 p.

45. ASM Handbook. Volume 18: Friction, Lubrication, and Wear Technology. – ASM, 2017.
46. ISO 2768-1:2015. General tolerances. – ISO, Geneva.
47. ISO 8015:2011. GPS – Fundamental concepts. – ISO.
48. DIN EN ISO 1101:2017. Geometrical tolerancing. – DIN.
49. Slocum A. Precision Machine Design. – SME, 2019. – 700 p.
50. NPL Measurement Good Practice Guide No. 11. Surface Measurement. – UK, 2018.