

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає 15 слайдів презентації та 87 аркушів пояснювальної записки формату А4.

Ключові слова: спеціальна техніка, ремонт і відновлення, метрологічне забезпечення, вимірювальні процеси, засоби вимірювання, точність вимірювань, невизначеність, метрологічні ризики, якість ремонту, надійність техніки.

Об'єктом дослідження є процеси ремонту та відновлення спеціальної техніки як об'єкти вимірювального контролю та метрологічного забезпечення.

Предметом дослідження є методи, засоби та організаційно-методичні підходи до метрологічного забезпечення вимірювань під час ремонту спеціальної техніки, зокрема забезпечення точності, відтворюваності та достовірності результатів контролю параметрів деталей і вузлів.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розроблення напрямів удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки з метою підвищення точності та надійності вимірювань, зниження метрологічних ризиків, забезпечення стабільної якості ремонтно-відновлювальних робіт і підвищення експлуатаційної надійності техніки.

У роботі проаналізовано теоретичні та нормативно-методичні засади метрологічного забезпечення ремонту спеціальної техніки, розглянуто вимоги національних і міжнародних стандартів у сфері метрології, технічного контролю та управління якістю. Проведено аналіз організації вимірювальних процесів у ремонтному виробництві, застосовуваних засобів і методик вимірювання, а також підходів до контролю метрологічних характеристик. Виявлено основні проблемні аспекти, що знижують точність вимірювань, достовірність результатів контролю та якість ремонтних робіт.

Розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки, які передбачають удосконалення методик вимірювань, стандартизацію умов проведення контролю, оптимізацію складу засобів вимірювання 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.

ABSTRACT

The qualification work includes 15 presentation slides and 87 pages of explanatory notes in A4 format.

Keywords: special equipment, repair and restoration, metrological support, measurement processes, measuring instruments, measurement accuracy, uncertainty, metrological risks, repair quality, equipment reliability.

The object of the study is the repair and restoration processes of special equipment as objects of measurement control and metrological support.

The subject of the study is methods, measuring instruments, and organizational and methodological approaches to metrological support of measurements during the repair of special equipment, including ensuring measurement accuracy, repeatability, and reliability of control results.

The purpose of the qualification work is to substantiate and develop directions for improving metrological support of repair quality of special equipment in order to increase measurement accuracy and reliability, reduce metrological risks, ensure stable repair quality, and improve the operational reliability of equipment.

The work analyzes theoretical and regulatory foundations of metrological support for special equipment repair, as well as national and international standards in the field of metrology, technical control, and quality management. The organization of measurement processes in repair production, applied measuring instruments and methodologies, and approaches to controlling metrological characteristics are analyzed. Key problem areas that reduce measurement accuracy, control reliability, and repair quality are identified.

Practical recommendations for improving metrological support of repair quality of special equipment are developed, including improved measurement methodologies, standardization of measurement conditions, optimization of measuring instrument composition, 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 measurement operations are considered.

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ
СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ.175.26.29.00. ПЗ

Розробив студент групи 217-ЯСС-324
спеціальності 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології» освітньої програми
«Якість, стандартизація та сертифікація»
Олександр ЧЕРНОВ 

Керівник: професор, д-р техн. наук
Сергій ТИМОФЄЄВ

Рецензент: Завідувач кафедри
Управління експлуатаційною роботою
УкрДУЗТ, професор, д-р техн. наук
Тетяна БУТЬКО

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

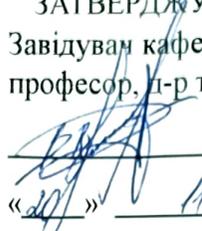
Другий (магістерський) рівень вищої освіти

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

Чернова Олександра Олександровича

1 Тема «Удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки».

керівник Тимофєєв Сергій Сергійович, 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 ремонт і відновлення спеціальної техніки та її складових вузлів і агрегатів. У процесі практики студент повинен зібрати фактичні дані, необхідні для аналізу вимірювальних процесів, оцінювання геометричних, функціональних і експлуатаційних параметрів деталей і вузлів спеціальної техніки, а також для визначення точності та достовірності вимірювального контролю в умовах ремонтного виробництва.

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

5. На основі зібраних матеріалів необхідно сформулювати методичний підхід до удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки, виконати аналіз застосовуваних вимірювальних методик і засобів.

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, його організаційною структурою та технічною документацією у сфері ремонту і відновлення спеціальної техніки.	26.02 - 02.03	виконано
2. Аналіз нормативно-правової та стандартної бази метрологічного забезпечення вимірювань.	03.03 – 13.04	виконано
3. Дослідження методів і засобів вимірювання геометричних, мікрогеометричних і функціональних параметрів деталей та вузлів спеціальної техніки.	14.04 – 10.06	виконано
4. Аналіз чинної системи вимірювального контролю технічного стану деталей і вузлів спеціальної техніки у процесі ремонтно-відновлювальних робіт.	11.06 – 03.07	виконано
5. Обґрунтування та розроблення удосконалених методів і засобів вимірювання	04.07 – 01.09	виконано
6. Оцінка економічної та організаційної ефективності впровадження запропонованих технічних і методичних рішень.	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	

Студент  Олександр ЧЕРНОВ

Керівник  Сергій ТИМОФЄЄВ

Зміст

Вступ		9
1. Теоретичні основи метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки		12
1.1. Сутність та значення метрологічного забезпечення в системі ремонту спеціальної техніки		12
1.2. Нормативно-правові засади та стандарти, що регламентують метрологічне забезпечення ремонтних процесів спеціальної техніки		15
1.3. Аналіз факторів, що впливають на точність та достовірність вимірювань у процесі ремонту спеціальної техніки		18
1.4. Особливості метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки в реальних виробничих умовах		22
1.5. Роль метрологічного забезпечення у формуванні якості ремонту спеціальної техніки		25
1.6. Оцінювання метрологічних ризиків у процесі ремонту спеціальної техніки		28
Висновки до розділу 1		32
2. Аналіз системи метрологічного забезпечення на підприємстві з ремонту спеціальної техніки		34
2.1. Загальна характеристика підприємства та організації ремонту спеціальної техніки		34
2.2. Аналіз наявних засобів вимірювальної техніки та їх метрологічного стану		38
2.3. Аналіз застосовуваних методик вимірювання та організації вимірювального контролю при ремонті спеціальної техніки		41
2.4. Аналіз проблем і невідповідностей у системі метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки		44

МКРМЕ.175.26.29.00. ПЗ

Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		Літер	Аркуш	Аркушів
Розробив		Чернов		20.02.16	Удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки			
Перевірив		Тимофєєв		20.02.16			4	90
Реценз.		Буцько						
Н. копир.		Шовкун		20.02.16				
Затв.		Равлюк		20.02.16				
						УкрДУЗТ		

2.5. Оцінювання метрологічних ризиків у процесі забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	47
Висновки до розділу 2	51
3. Удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	53
3.1. Концептуальні засади удосконалення метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	53
3.2. Удосконалення методик вимірювання критичних параметрів при ремонті спеціальної техніки	57
3.3. Обґрунтування вибору та застосування засобів вимірювальної техніки при ремонті спеціальної техніки	60
3.4. Оцінювання ефективності удосконаленого метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	63
Висновок до 3 розділу	65
4. Оцінка ефективності та умов впровадження удосконаленого метрологічного забезпечення	67
4.1. Економічне обґрунтування впровадження удосконаленого метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	67
4.2. Оцінка економічного ефекту та строку окупності заходів з удосконалення метрологічного забезпечення	70
4.3. Організаційна та виробнича ефективність впровадження удосконаленого метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	73
4.4. Оцінка впливу удосконаленого метрологічного забезпечення на надійність та ресурс спеціальної техніки після ремонту	75

4.5 Перспективи розвитку метрологічного забезпечення якості ремонту спеціальної техніки	78
Висновки до розділу 4	81
Загальні висновки	82
Список використаних джерел	84

Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

МКРМЕ.175.26.29.00. ПЗ

Вступ

Ремонт і технічне обслуговування спеціальної техніки посідають ключове місце у забезпеченні її надійності, безпеки та довговічності в умовах інтенсивної експлуатації. Спеціальна техніка — це машини та механізми, які працюють у складних, динамічних, підвищено навантажених або екстремальних умовах: аварійно-рятувальні машини, пожежна техніка, інженерні комплекси, дорожньо-будівельні агрегати, військова та аграрна техніка, комунальні механізми, спецтранспорт. Надійність роботи таких машин напряму залежить від якості ремонтних операцій, а отже — від точності вимірювальних процедур, що забезпечують правильність геометричних, силових, температурних та інших параметрів, критичних для функціонування вузлів і агрегатів.

Метрологічне забезпечення в системі ремонту спеціальної техніки є фундаментальним елементом, який визначає достовірність, повторюваність та об'єктивність контрольних операцій. Правильно організовані вимірювання дозволяють мінімізувати ймовірність відмов у роботі, забезпечити точність складання та відновлення пар тертя, встановити відповідність параметрів деталей і вузлів до нормативних вимог та технологічних допусків. У той же час сучасні тенденції розвитку спеціальної техніки демонструють зростання складності конструкцій, підвищення вимог до точності, розширення функціональних можливостей і збільшення рівня автоматизації, що висуває нові вимоги до метрологічних процедур у процесі ремонту.

Незважаючи на значну кількість стандартних вимірювальних приладів і методик, реальний ремонт спеціальної техніки нерідко пов'язаний із використанням нестандартних, комбінованих або спеціально адаптованих засобів вимірювальної техніки. Багато вузлів мають унікальні конструктивні особливості, нестандартну геометрію або працюють у специфічних умовах,

що обмежує можливість застосування типових засобів контролю. Це створює потребу у розробленні вдосконалених методів метрологічного забезпечення, здатних забезпечити високу точність та стабільність результатів вимірювань у різних ремонтних сценаріях.

Однією з ключових проблем, що потребує вирішення, є невідповідність між традиційними процедурами вимірювання та фактичними умовами, в яких здійснюється ремонт спеціальної техніки. Середовище ремонту характеризується підвищеними вібраціями, значним забрудненням, перепадами температур, складністю доступу до контрольних точок та обмеженнями у використанні стандартних еталонів. Це ускладнює забезпечення єдності вимірювань, створює передумови для появи випадкових і систематичних похибок, а також потребує впровадження спеціальних корекційних та компенсаційних методів.

Актуальність дослідження посилюється також тим, що у багатьох ремонтних підприємствах рівень метрологічної культури залишається недостатньо високим. Часто метрологічне забезпечення зводиться до формальних процедур перевірки приладів, без урахування реальних умов ремонту або впливу зовнішніх факторів на точність вимірювань. Недостатня увага приділяється аналізу похибок, валідації методик, перевірці повторюваності результатів, контролю впливових чинників та оптимізації вимірювального обладнання. У результаті якість ремонту може знижуватися, а надійність спеціальної техніки — погіршуватися.

З огляду на це, виникає потреба у системному підході до вдосконалення метрологічного забезпечення, який передбачає аналіз чинних нормативів, дослідження впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, розроблення сучасних вимірювальних методик, оптимізацію засобів контролю, застосування цифрових технологій та створення адаптивних вимірювальних систем. Особливого значення набувають методи діагностики технічного стану вузлів спеціальної техніки, що ґрунтуються на

комплексному аналізі фізичних параметрів — вібрації, температури, сили, геометрії, тиску, електричних характеристик. Ефективне метрологічне забезпечення в цьому контексті дає змогу своєчасно виявляти приховані дефекти, прогнозувати відмови та підвищувати ефективність ремонтних робіт.

Об'єктом дослідження у даній роботі є система метрологічного забезпечення ремонтних процесів спеціальної техніки.

Предметом дослідження — методи, засоби та організаційні механізми забезпечення точності вимірювань під час ремонту спеціальної техніки.

Метою дипломної роботи є розроблення та обґрунтування удосконаленої системи метрологічного забезпечення, спрямованої на підвищення якості та надійності ремонту спеціальної техніки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан метрологічного забезпечення ремонтних процесів спеціальної техніки;
- визначити основні фактори, що впливають на точність вимірювань у реальних умовах ремонту;
- дослідити недоліки існуючих методик контролю та повірки вимірювальних приладів;
- вивчити можливості застосування сучасних засобів вимірювання та цифрових технологій у ремонтних процесах;
- розробити удосконалену методику метрологічного забезпечення для підвищення якості ремонтних робіт;
- оцінити ефективність впровадження запропонованих рішень.

Наукова новизна роботи полягає у формуванні комплексного підходу до метрологічного забезпечення ремонту спеціальної техніки, який враховує реальні експлуатаційні умови, специфіку нестандартних вимірювальних задач та можливості сучасних цифрових інструментів. Запропоновані методи спрямовані не лише на підвищення точності вимірювань, але й на

створення умов для планово-попереджувального ремонту, діагностики та прогнозування технічного стану машин.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання розроблених методик у діяльності ремонтних підприємств, сервісних центрів, інженерних служб та організацій, що експлуатують спеціальну техніку. Впровадження удосконаленого метрологічного забезпечення дозволить зменшити кількість відмов після ремонту, скоротити тривалість діагностики, підвищити точність регулювальних операцій та забезпечити стабільну роботу техніки у складних умовах.

Структура роботи включає вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Перший розділ присвячений теоретичним основам метрологічного забезпечення та аналізу чинників точності. У другому розділі розглядаються особливості ремонту спеціальної техніки та її вимірювальна специфіка. Третій розділ містить розроблені рекомендації, методики та технічні рішення щодо удосконалення метрологічного забезпечення ремонтних процесів.

експлуатаційної надійності та ефективності функціонування ремонтного виробництва, а отримані науково-практичні результати можуть бути використані в діяльності підприємств технічного сервісу.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII.
3. Закон України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII.
4. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» від 15.01.2015 № 124-VIII.
5. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
6. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи керування вимірюваннями. Вимоги до вимірювальних процесів і вимірювального обладнання.
7. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

8. ДСТУ EN ISO 14253-1:2018. Геометричні характеристики виробів. Контроль вимірювань.
9. ДСТУ ISO 5725-1:2005. Точність (правильність і прецизійність) методів та результатів вимірювань.
10. ДСТУ ISO 5725-2:2005. Основний метод визначення повторюваності та відтворюваності.
11. ДСТУ ISO 5725-3:2005. Проміжні показники точності методів вимірювань.
12. ДСТУ ISO 5725-4:2005. Основні методи визначення правильності результатів.
13. ДСТУ ISO 5725-5:2005. Альтернативні методи визначення точності.
14. ДСТУ ISO 5725-6:2005. Використання показників точності на практиці.
15. ДСТУ ISO 14253-2:2019. Геометричні допуски. Оцінювання невизначеності вимірювань.
16. ДСТУ ISO 14638:2016. Геометричні характеристики виробів. Основні поняття.
17. ДСТУ ISO 1101:2017. Геометричні допуски форми, орієнтації, розташування та биття.
18. ДСТУ ISO 4287:2012. Геометричні характеристики поверхні. Параметри шорсткості.
19. ДСТУ ISO 4288:2012. Геометричні характеристики поверхні. Оцінювання параметрів.
20. ДСТУ ISO 25178-2:2015. Текстура поверхні. Параметри площинної поверхні.
21. ДСТУ ISO 3650:2009. Міри довжини кінцеві. Технічні вимоги.
22. ДСТУ ISO 3611:2009. Мікрометри. Технічні вимоги та методи випробування.

23. ДСТУ ISO 13385-1:2016. Штангенінструменти. Загальні технічні вимоги.
24. ДСТУ ISO 1938-1:2017. Калібри гладкі. Допуски та контроль.
25. ДСТУ ISO 14253-3:2018. Рішення щодо відповідності на основі вимірювань.
26. ДСТУ ISO/TR 14638:2017. Геометричні характеристики виробів. Методичні рекомендації.
27. Кузнєцов В. М. Основи метрології та вимірювальної техніки : підручник. – Київ : Либідь, 2018.
28. Ільїн О. О. Метрологічне забезпечення виробництва і ремонту машин. – Харків : НТУ «ХП», 2019.
29. Бондаренко М. Ф. Технічні вимірювання в машинобудуванні. – Київ : НТУУ «КП», 2017.
30. Сидоренко О. І. Контроль якості та надійність машин. – Львів : Львівська політехніка, 2020.
31. Петренко В. П. Метрологія, стандартизація і сертифікація. – Київ : КНЕУ, 2018.
32. Левченко І. А. Основи вимірювань і технічної діагностики. – Дніпро : ПДАБА, 2019.
33. Кравченко С. В. Методи контролю якості ремонтних робіт. – Харків : ХНАДУ, 2020.
34. Ковальчук В. М. Технічний контроль у ремонтному виробництві. – Київ : НУБіП України, 2018.
35. Яценко В. Г. Надійність та довговічність машин. – Київ : Вища школа, 2017.
36. ISO 9000:2015. Quality management systems — Fundamentals and vocabulary.
37. ISO 10012:2003. Measurement management systems — Requirements for measurement processes.

38. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM).
39. ISO 14253-1:2017. Geometrical product specifications (GPS). Inspection by measurement.
40. ISO 4287:1997. Surface texture — Profile method — Terms, definitions and parameters.
41. ISO 4288:1996. Surface texture — Profile method — Rules and procedures.
42. ISO 1101:2017. Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out.
43. ISO 1938-1:2015. Geometrical product specifications (GPS) — Plain gauges.
44. Montgomery D. C. Introduction to Statistical Quality Control. – New York : Wiley, 2019.
45. Juran J. M. Juran's Quality Handbook. – New York : McGraw-Hill, 2018.
46. BIPM. International Vocabulary of Metrology (VIM). – Paris, 2012.
47. OIML G 1:2019. Concepts of metrology.
48. OIML D 10:2013. Guidelines for the determination of measurement uncertainty.
49. OIML R 76-1:2016. Non-automatic weighing instruments.
50. IEC 60050. International Electrotechnical Vocabulary. – Geneva : IEC, 2018.