

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота включає 15 слайдів презентації та 102 аркушів пояснювальної записки формату А4.

Ключові слова: нестандартні засоби вимірювальної техніки, метрологічне забезпечення, вимірювальні процеси, засоби вимірювання, точність вимірювань, невизначеність, метрологічні ризики, якість вимірювань, надійність результатів.

Об'єктом дослідження є нестандартні засоби вимірювальної техніки, що застосовуються у виробничих, ремонтних та контрольних процесах, як об'єкти метрологічного забезпечення та вимірювального контролю.

Предметом дослідження є методи, засоби та організаційно-методичні підходи до метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки, зокрема забезпечення точності, відтворюваності та достовірності результатів вимірювань.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розроблення напрямів удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки з метою підвищення точності та надійності вимірювань, зниження метрологічних ризиків, забезпечення якості вимірювальних процесів і підвищення ефективності їх практичного застосування.

У роботі проаналізовано теоретичні та нормативно-методичні засади метрологічного забезпечення вимірювань, розглянуто вимоги національних і міжнародних стандартів у сфері метрології, технічного контролю та управління якістю. Проведено аналіз особливостей застосування нестандартних засобів вимірювальної техніки, організації вимірювальних процесів, методів калібрування, атестації та контролю метрологічних характеристик. Виявлено основні проблемні аспекти, що знижують точність вимірювань, стабільність результатів і достовірність вимірювального контролю.

Розроблено практичні рекомендації щодо удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки, які передбачають удосконалення методик вимірювання, стандартизацію умов проведення вимірювань, оптимізацію складу засобів вимірювання та впровадження елементів автоматизованого збору й обробки результатів. 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 102 pages of explanatory notes in A4 format.

**Keywords:** non-standard measuring instruments, metrological support, measurement processes, measuring instruments, measurement accuracy, uncertainty, metrological risks, measurement quality, result reliability.

The object of the study is non-standard measuring instruments used in production, repair, and inspection processes as objects of metrological support and measurement control.

The subject of the study is methods, measuring instruments, and organizational and methodological approaches to metrological support of non-standard measuring instruments, including ensuring measurement accuracy, repeatability, and reliability.

The purpose of the qualification work is to substantiate and develop directions for improving metrological support of non-standard measuring instruments in order to increase measurement accuracy and reliability, reduce metrological risks, ensure measurement quality, and improve the efficiency of their practical application.

The work analyzes theoretical and regulatory foundations of metrological support, as well as national and international standards in the field of metrology, technical control, and quality management. The features of using non-standard measuring instruments, organization of measurement processes, calibration and verification methods, and control of metrological characteristics are analyzed. Key problem areas that reduce measurement accuracy, result stability, and measurement reliability are identified.

Practical recommendations for improving metrological support of non-standard measuring instruments 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

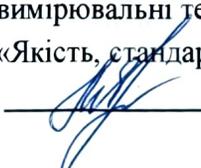
Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕСТАНДАРТНИХ  
ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Пояснювальна записка і розрахунки  
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ.175.26.15.00. ПЗ

Розробила студентка групи 217-ЯСС-324  
спеціальності 175 «Інформаційно-  
вимірювальні технології» освітньої програми  
«Якість, стандартизація та сертифікація»

  
\_\_\_\_\_ Яна ЛОЦМАН

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

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

« 11 » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

#### Лоцман Яни Олександрівни

1 Тема «Удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки».

керівник Тимофеев 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 деталей машин і механізмів, зокрема пар тертя. У процесі практики студент повинен зібрати фактичні дані, необхідні для аналізу вимірювальних процесів, оцінювання геометричних, мікрогеометричних і функціональних параметрів деталей пар тертя, 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 пар тертя, 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 під час ремонтно-відновлювальних робіт.

5. На основі зібраних матеріалів необхідно сформулювати методичний підхід до удосконалення методів і засобів вимірювання при ремонті та відновленні пар тертя.

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	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 пар тертя	14.04 – 10.06	виконано
4. Аналіз чинної 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, спрямованих на підвищення точності та достовірності контролю при ремонті пар тертя.	04.07 – 01.09	виконано
6. Оцінка економічної та організаційної ефективності впровадження запропонованих технічних і методичних 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  Яна ЛОЦМАН

Керівник  Сергій ТИМОФЕЄВ

Зміст

Вступ	9
1 Теоретичні основи метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювань	12
1.1. Поняття, значення та особливості метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	12
1.2. Нормативно-правові засади та стандарти, що регламентують метрологічне забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	15
1.3. Аналіз факторів, що впливають на точність та стабільність роботи нестандартних засобів вимірювальної техніки	19
1.4. Особливості метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	22
1.5. Методи калібрування, атестації та оцінювання точності нестандартних засобів вимірювальної техніки	26
1.6. Метрологічна експертиза, документування та системне управління життєвим циклом нестандартних засобів вимірювальної техніки	29
Висновки до розділу 1	32
2 Аналіз системи метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки на підприємстві	34
2.1. Характеристика діяльності підприємства та системи вимірювального забезпечення	34
2.2. Аналіз нормативно-правової та стандартної бази метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	38
2.3. Аналіз наявних нестандартних засобів вимірювальної техніки та особливостей їх застосування на підприємстві	41

					МКРМЕ.175.26.15.00. ПЗ			
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	Літер	Аркуш	Аркушів
Розробив	Лоцман			25.04.25				
Перевірив	Тимофесв			25.04.25			4	95
Реценз.	Буцько					УкрДУЗТ		
Н. контр.	Шовкун			09.07.24				
Затв.	Равлюк			07.10				

2.4. Оцінка метрологічного стану нестандартних засобів вимірювальної техніки	44
2.5. Аналіз похибок, невизначеності вимірювань та метрологічних ризиків при застосуванні нестандартних засобів вимірювальної техніки	47
2.6. Узагальнення результатів аналізу та обґрунтування необхідності удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	50
Висновки до розділу 2	57
3 Шляхи удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	59
3.1. Обґрунтування концепції удосконалення метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	59
3.2. Розроблення удосконалених методичних підходів до калібрування та контролю нестандартних засобів вимірювальної техніки	61
3.3. Розроблення структурної моделі удосконаленої системи метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	64
3.4. Розроблення алгоритму впровадження удосконаленої системи метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	67
3.5. Оцінювання технічної, метрологічної та організаційної ефективності впровадження удосконаленої системи метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	70
3.6. Розширені практичні рекомендації щодо впровадження, експлуатації та розвитку удосконаленої системи метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	73
Висновки до розділу 3	76
4 Економічна та організаційна оцінка ефективності запропонованих заходів	78

4.1. Розширений аналіз умов праці та небезпечних і шкідливих виробничих факторів при виконанні вимірювальних робіт із застосуванням нестандартних засобів вимірювальної техніки	78
4.2. Обґрунтування та розроблення заходів з охорони праці при експлуатації нестандартних засобів вимірювальної техніки	81
4.3. Оцінка економічної та організаційної ефективності впровадження заходів з охорони праці та метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки	84
4.4. Забезпечення пожежної та електробезпеки при роботі з нестандартними засобами вимірювальної техніки	87
4.5. Екологічні аспекти та вплив вимірювальної діяльності із застосуванням нестандартних засобів вимірювальної техніки на навколишнє середовище	90
4.6. Заходи з попередження аварійних ситуацій та дії персоналу у разі виникнення надзвичайних подій при роботі з нестандартними засобами вимірювальної техніки	92
Висновки до розділу 4	95
Загальні висновки	97
Список використаних джерел	99

					МКРМЕ.175.26.15.00. ПЗ
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	

## Вступ

У сучасних умовах розвитку промисловості, енергетики, машинобудування та інформаційних технологій зростає потреба у вимірюванні все складніших фізичних величин, у реальних виробничих середовищах, із застосуванням нестандартних засобів вимірювальної техніки (НЗВТ). Такі засоби створюються тоді, коли традиційні промислові прилади не забезпечують потрібної точності, швидкодії, діапазону, надійності або конструктивної адаптованості до специфічних умов функціонування. Нестандартні вимірювальні пристрої часто застосовуються у наукових лабораторіях, унікальних технологічних процесах, випробувальних стендах, модернізованих машинно-технічних системах і в умовах експлуатаційних досліджень, де необхідно здійснювати вимірювання в екстремальних або нестандартних умовах.

Незважаючи на широке використання нестандартних засобів вимірювальної техніки, проблема їх метрологічного забезпечення залишається однією з найбільш актуальних. Традиційні методики повірки, калібрування, встановлення метрологічних характеристик, оцінки похибок та невизначеності не завжди можуть бути застосовані до приладів, що не мають серійних аналогів або створені для вирішення вузькоспеціалізованих задач. Це зумовлює необхідність розроблення адаптивних підходів до метрологічного забезпечення таких засобів, що включають індивідуальний підбір еталонної бази, створення спеціальних методик вимірювань, дослідження умов експлуатації та врахування впливу зовнішніх факторів на результат.

Метрологічне забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки має важливе значення для забезпечення якості продукції, безпеки технологічних процесів, достовірності експериментальних досліджень та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. НЗВТ нерідко

використовуються для контролю параметрів, що мають критичне значення для роботи машин і обладнання: високі температури, великі навантаження, агресивні середовища, складні механічні деформації, вібрації, електромагнітні поля. За таких умов навіть незначна похибка може призвести до відмови системи, аварії або некоректного оцінювання технічного стану. Саме тому удосконалення процедури метрологічного забезпечення цих засобів є необхідною умовою їх ефективного та безпечного застосування.

Сучасні тенденції розвитку вимірювальної техніки передбачають широке впровадження цифрових технологій, інтелектуальних сенсорних систем, комбінованих та адаптивних приладів, що здатні самостійно компенсувати вплив збурювальних факторів. Проте, разом із підвищенням технологічної складності приладів зростають і вимоги до їхньої метрологічної підтримки. Актуальним стає питання створення нових підходів до оцінювання метрологічних характеристик та розроблення методів калібрування, адаптованих до специфіки нестандартних засобів вимірювання. Відсутність уніфікованих нормативних документів для НЗВТ ускладнює процес встановлення їх параметрів точності та простежуваності до національних еталонів.

Важливою проблемою є також те, що нестандартні засоби вимірювання часто експлуатуються у складних умовах, де на їх роботу впливають температурні коливання, механічні навантаження, вібрації, умови монтажу, нестабільність джерел живлення та інші фактори, що формують складну структуру похибок. Тому для забезпечення стабільності результатів необхідно здійснювати глибоке дослідження метрологічних властивостей таких приладів у реальних умовах їх експлуатації. Це передбачає проведення експериментальних досліджень, математичне моделювання процесів вимірювання, розроблення алгоритмів корекції

похибок та методів оцінювання невизначеності, що враховують умови роботи.

Об'єктом дослідження у роботі є процес метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки.

Предметом дослідження — методи, методики, засоби та організаційні підходи до підвищення точності, стабільності та простежуваності вимірювань НЗВТ.

Метою дипломної роботи є розроблення та наукове обґрунтування удосконалених методів метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки, що забезпечують підвищення точності, надійності та відтворюваності вимірювальних процесів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасних вимог до метрологічного забезпечення вимірювальних систем та специфіки НЗВТ;
- виявити основні проблеми та недоліки традиційних методів повірки і калібрування, які обмежують їх застосування до нестандартних приладів;
- дослідити вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на точність роботи НЗВТ;
- розробити удосконалену методику метрологічного забезпечення з урахуванням специфіки НЗВТ;
- обґрунтувати підхід до оцінювання невизначеності результатів вимірювань;
- дослідити можливості застосування цифрових і інтелектуальних методів компенсації похибок;
- провести оцінку ефективності впровадження запропонованої системи у виробничий процес.

Наукова новизна роботи полягає у формуванні комплексного підходу до метрологічного забезпечення нестандартних засобів вимірювальної техніки, що передбачає інтеграцію традиційних і сучасних цифрових

методів, експериментальних процедур та математичного моделювання для зменшення похибок і забезпечення високої точності вимірювань.

Практичне значення дослідження полягає у можливості впровадження запропонованих методів у метрологічні служби підприємств, випробувальні лабораторії, ремонтні та інженерні підрозділи, які використовують у своїй діяльності нестандартні засоби вимірювання. Реалізація розроблених рекомендацій дозволить підвищити достовірність контролю, забезпечити стабільність технічних процесів, зменшити ризики невірних вимірювань і підвищити якість продукції.

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII.
2. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII.
3. Закон України «Про стандартизацію» від 05.06.2014 № 1315-VII.
4. Кодекс законів про працю України : чинне законодавство.
5. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання.
6. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги.
7. ДСТУ ISO 9000:2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів.
8. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.
9. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.
10. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови.
11. ДСТУ 3215-95. Метрологія. Терміни та визначення.
12. ДСТУ OIML D 1:2008. Метрологія. Принципи метрологічного контролю.
13. ДСТУ OIML G 1:2014. Міжнародний словник основних та загальних термінів з метрології.
14. ДСТУ EN 61010-1:2017. Вимоги безпеки до електричного вимірювального обладнання.
15. ДСТУ EN 61326-1:2017. Електромагнітна сумісність вимірювальних приладів.
16. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / за ред. О. М. Величка. – Київ : Політехніка, 2018.
17. Метрологічне забезпечення виробництва : навч. посібник / В. В. Бойко. – Харків : ХНТУСГ, 2019.

18. Основи метрології та вимірювальної техніки / І. М. Рибалко. – Київ : НУБіП України, 2020.
19. Управління якістю вимірювань у виробництві / О. С. Кузьмін. – Львів : Львівська політехніка, 2017.
20. Метрологічні ризики у виробничих системах / М. В. Сидоренко. – Дніпро : ДНУ, 2018.
21. Величко О. М. Забезпечення єдності вимірювань у промисловості // Вісник НТУУ «КПІ». – 2019. – № 2. – С. 45–52.
22. Сидоренко М. В. Оцінювання невизначеності результатів вимірювань // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2018. – № 4. – С. 21–27.
23. Кузьмін О. С. Ризик-орієнтований підхід у метрології // Економіка та управління. – 2021. – № 3. – С. 89–94.
24. Войтович В. М. Організація метрологічної служби підприємства // Машинобудування. – 2017. – № 1. – С. 56–61.
25. ISO/IEC Guide 98-3:2008. Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM).
26. ISO 10012:2003. Measurement management systems – Requirements for measurement processes.
27. ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements.
28. ISO 14001:2015. Environmental management systems – Requirements.
29. IEC 61010. Safety requirements for electrical equipment for measurement.
30. ДСТУ 7234:2011. Безпека праці. Електробезпека. Загальні вимоги.
31. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування.

32. ДСТУ ISO 11621:2016. Метрологічний контроль.
33. Методичні вказівки з організації метрологічного контролю на підприємстві. – Київ : Мінекономіки України, 2020.
34. Правила улаштування електроустановок : чинна редакція.
35. Технічна діагностика машин і обладнання / С. О. Костенко. – Київ : Либідь, 2019.
36. Експлуатаційна надійність вимірювальних систем / А. П. Кравченко. – Харків : ХПІ, 2018.
37. Основи охорони праці / В. Г. Коваленко. – Київ : Основа, 2020.
38. Промислова безпека та охорона праці / Л. М. Гапоненко. – Дніпро : УДУНТ, 2021.
39. Управління безпекою праці на підприємстві / О. І. Левченко. – Львів : ЛНУ, 2017.
40. Метрологічне забезпечення нестандартних засобів вимірювання / О. М. Величко // Вісник метрології. – 2021. – № 1. – С. 14–20.
41. Аналіз похибок у нестандартних вимірювальних системах / І. М. Рибалко // Машинознавство. – 2020. – № 6. – С. 33–39.
42. Автоматизація вимірювальних процесів / М. О. Петренко. – Київ : Техніка, 2018.
43. Інформаційні вимірювальні системи / С. П. Бондар. – Харків : ХНУРЕ, 2019.
44. Системи контролю та моніторингу параметрів / В. І. Ткаченко. – Одеса : ОНПУ, 2020.
45. Методологія оцінювання точності вимірювань / П. М. Литвиненко. – Київ : НТУ, 2018.
46. Управління точністю у виробничих процесах / Ю. С. Кравець. – Львів : ЛП, 2019.
47. Метрологічні служби підприємств: організація та функції / А. В. Шевченко. – Харків : Фактор, 2021.

48. Оцінювання метрологічних ризиків / М. В. Сидоренко // Вісник стандартизації. – 2022. – № 2. – С. 41–47.

49. Єдність вимірювань як основа якості продукції / О. М. Величко. – Київ : Політехніка, 2022.