

Український державний університет залізничного транспорту

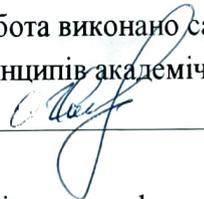
Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ, ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ

Пояснювальна записка і розрахунки  
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ.175.26.27.00. ПЗ

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



Олег УСТИМЕНКО

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

Рецензент: доцент кафедри  
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

« 28 » 11 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Устименко Олега Александровича

1. Тема «Удосконалення методів, засобів вимірювання газових мереж». Керівник Тимофєєва Лариса Андріївна, професор, д-р техн. наук затверджені наказом по механіко-енергетичному факультету від «    » 2025 року №    .
2. Строк подання студентом закінченої роботи «28» грудня 20 25 року.
3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи отримати під час проходження переддипломної практики на підприємстві технічного профілю, що здійснює експлуатацію та технічне обслуговування газових мереж.
4. Під час проходження переддипломної практики необхідно ознайомитися з організаційною структурою підприємства, функціональними обов'язками його підрозділів, технічними характеристиками газових мереж, особливостями їх експлуатації, а також із внутрішньою технічною та нормативно-методичною документацією у сфері вимірювання параметрів природного газу. Студент повинен вивчити нормативно-правову та стандартну базу у сфері метрологічного забезпечення вимірювань, а також проаналізувати чинну практику контролю витрати, тиску, температури газу та обліку втрат у газових мережах.
5. На основі зібраних матеріалів необхідно сформулювати методичний підхід до удосконалення методів і засобів вимірювання газових мереж, виконати аналіз застосовуваних вимірювальних методик і засобів, визначити основні проблемні аспекти та обґрунтувати напрями їх удосконалення. Студент має отримати вихідні дані для виконання аналітичної та економічної частин роботи, зокрема щодо рівня витрат природного газу, структури експлуатаційних витрат, організації вимірювального контролю та ефективності функціонування газових мереж.

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 у сфері експлуатації газових мереж, його організаційною структурою та технічною документацією.	26.02 - 02.03	виконано
2. Аналіз нормативно-правової та стандартної бази у сфері вимірювання параметрів природного газу та метрологічного забезпечення газових мереж.	03.03 – 13.04	виконано
3. Дослідження існуючих методів і засобів вимірювання витрати, тиску, температури природного газу та обліку його втрат.	14.04 – 10.06	виконано
4. Аналіз чинної системи контролю та моніторингу параметрів газових мереж в умовах їх експлуатації.	11.06 – 03.07	виконано
5. Обґрунтування напрямів удосконалення методів і засобів вимірювання газових мереж.	04.07 – 01.09	виконано
6. Розроблення удосконаленої методики вимірювання та обліку втрат природного газу.	02.09 – 05.10	виконано
7. Оцінка економічної та організаційної ефективності впровадження удосконалених методів і засобів вимірювання газових мереж.	06.10 - 16.11	виконано
8. Розробка та оформлення слайдів	з 17.11.25 по 27.11.25	виконано
9. Отримання рецензії на МКР	01.12.25	виконано
10. Захист МКР в ДЕК	14.01.26	

Студент  Олег УСТИМЕНКО

Керівник  Лариса ТИМОФЄЄВА

## **АНОТАЦІЯ**

Кваліфікаційна робота включає 15 слайдів презентації та 110 аркушів пояснювальної записки формату А4.

Ключові слова: газові мережі, вимірювання параметрів газу, витрата газу, тиск і температура газу, засоби вимірювання, метрологічне забезпечення, автоматизований контроль, енергоефективність.

Об'єктом дослідження є газові мережі систем газопостачання як об'єкт вимірювального та метрологічного контролю.

Предметом дослідження є методи, засоби та організаційно-методичні підходи до вимірювання параметрів природного газу, обліку його витрати та втрат у газових мережах.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розроблення удосконалених методів і засобів вимірювання газових мереж з метою підвищення точності обліку природного газу, достовірності контролю параметрів газу та підвищення енергоефективності й надійності систем газопостачання.

У роботі проаналізовано сучасний стан газових мереж і чинні методи вимірювання параметрів природного газу, розглянуто нормативно-правову та нормативно-методичну базу метрологічного забезпечення вимірювань. Проведено аналіз засобів вимірювання витрати, тиску та температури газу, а також існуючих підходів до обліку втрат природного газу. Виявлено основні недоліки традиційних методів і засобів вимірювання, що знижують точність та оперативність вимірювального контролю. Розроблено удосконалену методику вимірювання та обліку втрат природного газу в газових мережах, яка базується на комплексному використанні сучасних засобів вимірювання, автоматизованому зборі та обробці даних. Запропоновано рекомендації щодо впровадження удосконаленої системи вимірювання, виконано оцінку її технічної та економічної ефективності, а також розглянуто питання охорони праці та безпеки під час виконання вимірювальних робіт.

## **ABSTRACT**

The qualification work includes 15 presentation slides and 110 pages of explanatory notes in A4 format.

Keywords: gas networks, gas parameter measurement, gas flow rate, gas pressure and temperature, measuring instruments, metrological support, automated monitoring, energy efficiency.

The object of the study is gas networks of gas supply systems as an object of measurement and metrological control. The subject of the study is methods, measuring instruments, and organizational and methodological approaches to measuring natural gas parameters, gas flow accounting, and loss assessment in gas networks. The purpose of the qualification work is to substantiate and develop improved methods and instruments for gas network measurements in order to increase the accuracy of natural gas accounting, the reliability of gas parameter monitoring, and the energy efficiency and reliability of gas supply systems.

The work analyzes the current state of gas networks, existing methods for measuring natural gas parameters, and the regulatory and metrological framework. Measuring instruments for gas flow rate, pressure, and temperature are analyzed, as well as approaches to natural gas loss accounting. The main shortcomings of traditional measurement methods that reduce accuracy and operational efficiency are identified. An improved methodology for measuring and accounting natural gas losses in gas networks is developed, based on the integrated use of modern measuring instruments and automated data acquisition and processing. Recommendations for implementing the improved measurement system are proposed, its technical and economic efficiency is evaluated, and occupational health and safety issues during measurement operations are considered.

Зміст

Вступ	10
1 Теоретичні основи та аналіз сучасних методів і засобів вимірювання газових мереж	12
1.1 Газові мережі як об'єкт вимірювання: призначення, класифікація та особливості функціонування	12
1.2 Нормативно-правова та стандартна база вимірювання параметрів газових мереж	15
1.3 Аналіз існуючих методів і засобів вимірювання параметрів газу в газових мережах	19
1.4 Метрологічне забезпечення вимірювань у газових мережах	23
1.5 Аналіз сучасного стану та проблем вимірювань у газових мережах	25
Висновки до розділу 1	28
2 Аналіз об'єкта дослідження та існуючої системи вимірювання газових мереж	31
2.1 Характеристика об'єкта дослідження та газової мережі як об'єкта вимірювання	31
2.2 Аналіз існуючої системи вимірювання параметрів газу на об'єкті дослідження	34
2.3 Аналіз похибок вимірювання та втрат газу в газових мережах	37
2.4 Аналіз організації метрологічного забезпечення та контролю вимірювань у газових мережах	40
2.5 Розширений аналіз інформаційного забезпечення та систем збору, передачі й обробки вимірювальних даних у газових мережах	44
2.6 Обґрунтування необхідності удосконалення методів і засобів вимірювання газових мереж	47

МКРМЕ.175.26.27.00. ПЗ

Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Літер	Аркуш	Аркушів
Розробив		Устименко		08.02.15			
Перевірив		Гимофєсва		08.02.15			
Реєнз.		Бабенко					
Н. контр.		Шовкун		09.02.16			
Затв.		Равлюк		09.02.16			
					УкрДУЗТ		

2.7 Узагальнення результатів аналізу та формування вимог до удосконаленої системи вимірювання газових мереж	49
Висновки до розділу 2	53
3 Удосконалення методів і засобів вимірювання параметрів газових мереж	55
3.1 Розширене обґрунтування концепції удосконалення методів і засобів вимірювання газових мереж	55
3.2 Вибір та обґрунтування удосконалених методів вимірювання параметрів газу в газових мережах	59
3.3 Вибір та обґрунтування сучасних засобів вимірювання для газових мереж	62
3.4 Розроблення структури та принципу функціонування удосконаленої системи вимірювання газових мереж	66
3.5 Розширений алгоритм реалізації та впровадження удосконаленої системи вимірювання газових мереж	69
3.6 Оцінка техніко-економічної ефективності впровадження удосконаленої системи вимірювання газових мереж	73
Висновки до розділу 3	77
4 Охорона праці, промислова та екологічна безпека під час експлуатації газових мереж	79
4.1 Аналіз умов праці та небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час експлуатації газових мереж і вимірювального обладнання	79
4.2 Заходи з охорони праці та промислової безпеки під час експлуатації газових мереж і вимірювального обладнання	81
4.3 Заходи з пожежної та вибухової безпеки під час експлуатації газових мереж і систем вимірювання	84
4.4 Дії персоналу в разі аварійних ситуацій та витоків газу в газових мережах	87
4.5 Екологічні аспекти експлуатації газових мереж та вплив удосконалених систем вимірювання на зменшення негативного впливу на довкілля	90

Висновки до розділу 4	92
5 Економічне обґрунтування удосконалення методів і засобів вимірювання газових мереж	94
5.1 Обґрунтування економічної доцільності удосконалення методів і засобів вимірювання газових мереж	94
5.2 Розрахунок економічного ефекту від упровадження удосконалених методів і засобів вимірювання газових мереж	97
5.3 Оцінка строку окупності та узагальнених показників економічної ефективності впровадження удосконалених методів і засобів вимірювання газових мереж	100
Висновки до розділу 5	102
Загальні висновки	105
Список використаних джерел	107

					МКРМЕ.175.26.27.00. ПЗ
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	

## Вступ

Сучасні газорозподільні та газотранспортні мережі є складними технічними системами, надійність і безперебійність функціонування яких безпосередньо залежать від рівня розвитку методів і засобів вимірювання. Зростання обсягів споживання природного газу, необхідність забезпечення енергетичної безпеки, інтеграція України до європейського енергоринку та впровадження міжнародних стандартів (ISO, EN, OIML) висувають підвищені вимоги до достовірності, точності й оперативності вимірювань параметрів газових мереж. У цих умовах удосконалення засобів та методів вимірювання набуває стратегічного значення, оскільки є основою для підвищення ефективності експлуатації мереж, попередження аварійних ситуацій та підвищення економічної доцільності роботи підприємств газового сектору.

Газові мережі функціонують у складних експлуатаційних умовах, що супроводжуються значними коливаннями тиску й температури, впливом корозії, старінням матеріалів, наявністю дефектів та неоднорідностей у трубопроводах. Усе це ускладнює процес вимірювання та вимагає застосування високотехнологічних засобів контролю. Класичні прилади — манометри, ротаметри, механічні лічильники газу — поступово поступаються місцем сучасним електронним цифровим системам, ультразвуковим, турбінним, коріолісовим витратомірам, автоматизованим вимірювально-діагностичним комплексам і системам дистанційного моніторингу. Проте навіть найсучасніші технічні рішення вимагають удосконалення методичних підходів, метрологічного забезпечення, алгоритмів обробки вимірювальної інформації та підвищення чутливості й відтворюваності вимірювань.

Важливою проблемою залишається раннє виявлення відхилень у роботі газових мереж, зокрема витоків газу, зміни гідравлічного режиму,

засмічень, появи дефектів у зварних з'єднаннях, зменшення прохідної здатності трубопроводів. Від точності вимірювань тиску, температури, витрати, густини та складу газу залежить не лише коректність комерційного обліку, а й можливість оперативного реагування на аварійні ситуації. Сучасні тенденції розвитку галузі включають цифровізацію вимірювальних процесів, впровадження систем SCADA, IoT, smart metering, використання неймережових алгоритмів для аналізу параметрів газових потоків, а також інтеграцію даних вимірювань у комплексні системи технічної діагностики.

Удосконалення засобів і методів вимірювання газових мереж також є ключовим для забезпечення відповідності міжнародним стандартам енергоефективності, точності комерційного обліку та екологічної безпеки. Україна, як частина європейського енергетичного простору, повинна забезпечити уніфікацію метрологічних підходів, гармонізацію системи контролю з вимогами EN 1776, EN 12480, ISO 17089, OIML R140 та нормативної бази, що регулює вимірювання в енергетичних мережах.

Проблематика роботи охоплює комплекс питань: аналіз сучасних технологій вимірювання параметрів газових потоків; ідентифікація недоліків існуючих технічних рішень; розгляд методів неруйнівного контролю та діагностики трубопроводів як частини вимірювального комплексу; розроблення пропозицій щодо підвищення точності вимірювань; удосконалення алгоритмів контролю працездатності та метрологічної надійності вимірювальних систем; створення рекомендацій щодо впровадження модернізованих засобів у практику експлуатації газових мереж.

Таким чином, актуальність теми дипломної роботи визначається необхідністю підвищення точності, достовірності та оперативності вимірювань параметрів газових мереж в умовах зростаючих вимог до безпеки, надійності та ефективності газорозподільних систем. Удосконалення методів вимірювання дозволить не лише знизити аварійність

і підвищити економічну ефективність експлуатації, але й забезпечити відповідність національної газової інфраструктури сучасним міжнародним стандартам.

## Список використаних джерел

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII (зі змін.).
2. Закон України «Про ринок природного газу» від 09.04.2015 № 329-VIII.
3. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змін.).
4. Кодекс газорозподільних систем : затв. постановою НКРЕКП від 30.09.2015 № 2494.
5. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилення. Загальні положення та правила складання.
6. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги.
7. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи керування вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання.
8. ДСТУ EN 1776:2017. Системи газопостачання. Газовимірювальні станції. Функціональні вимоги.
9. ДСТУ EN 12480:2016. Лічильники газу. Турбінні лічильники газу.
10. ДСТУ EN 12261:2016. Лічильники газу. Турбінні лічильники.
11. ДСТУ EN 14236:2016. Ультразвукові лічильники газу.
12. ДСТУ OIML R 137-1:2018. Лічильники газу. Частина 1. Метрологічні та технічні вимоги.
13. ДСТУ OIML R 137-2:2018. Лічильники газу. Частина 2. Метрологічний контроль і випробування.
14. ДСТУ ISO 5167-1:2015. Вимірювання витрати рідини та газу за допомогою звужувальних пристроїв.
15. ДСТУ ISO 5167-2:2015. Вимірювання витрати газу за допомогою діафрагм.

16. ДСТУ ISO 5167-4:2015. Витратоміри Вентурі.
17. ДСТУ ISO 9951:2015. Вимірювання витрати газу турбінними лічильниками.
18. ДСТУ ISO 12213-1:2019. Природний газ. Розрахунок коефіцієнта стисливості.
19. ДСТУ ISO 12213-2:2019. Розрахунок фізичних властивостей природного газу.
20. ДСТУ ISO 6976:2019. Природний газ. Обчислення теплоти згоряння та числа Воббе.
21. ДСТУ EN 60079-0:2017. Вибухонебезпечні середовища. Загальні вимоги до обладнання.
22. ДСТУ EN 60079-11:2017. Вибухонебезпечні середовища. Іскробезпечний захист.
23. ДСТУ EN 1127-1:2016. Вибухонебезпечні середовища. Запобігання вибухам.
24. Правила безпеки систем газопостачання України : НПАОП 0.00-1.76-15.
25. Правила технічної експлуатації систем газопостачання України.
26. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови.
27. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці.
28. Кузьмін В. І. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник. Київ : КНТ, 2019.
29. Соколовський Я. І. Вимірювання витрати та кількості газу : навч. посіб. Львів : НУ «ЛП», 2018.
30. Бойко О. М. Метрологічне забезпечення газових вимірювань. Харків : ХНУРЕ, 2020.

31. Гриценко В. Г. Автоматизовані системи обліку енергоресурсів. Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2019.
32. Іванов О. О. Сучасні методи вимірювання витрати газу. Дніпро : ДНУ, 2021.
33. Кравченко С. П. Технічна діагностика газових мереж. Київ : Наукова думка, 2018.
34. Лисенко М. В. Надійність газорозподільних систем. Харків : ХНТУСГ, 2017.
35. Петренко А. І. Автоматизація обліку природного газу. Київ : НТУУ «КПІ», 2020.
36. Шевченко О. М. Метрологічний контроль у газовому господарстві. Полтава : ПНТУ, 2019.
37. Зайцев В. П. Основи технічної експлуатації газових мереж. Київ : Основа, 2016.
38. Данилюк І. В. Системи моніторингу параметрів газу. Львів : ЛНУ, 2021.
39. Капустін О. С. Промислова безпека в газовій галузі. Харків : Факт, 2018.
40. Коваленко Н. М. Економіка енергетичних підприємств. Київ : Центр учбової літератури, 2019.
41. Марченко В. А. Енергоефективність газових систем. Суми : СумДУ, 2020.
42. Кравець Ю. О. Методи зниження втрат газу в мережах. Київ : КНЕУ, 2021.
43. Мельник І. П. Управління якістю вимірювань. Львів : Магнолія, 2018.
44. Рибалко І. М. Метрологія та стандартизація. Харків : ХНАДУ, 2019.

45. Гаврилюк О. Р. Газорозподільні системи України: стан і перспективи. Київ : НАН України, 2020.
46. ISO/TR 9464:2018. Guidelines for the measurement of gas flow.
47. ISO 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
48. European Gas Pipeline Incident Data Group. Gas Pipeline Safety Report. Brussels, 2021.
49. International Gas Union. Gas Measurement Practices. Paris, 2020.
50. National Institute of Standards and Technology. Handbook of Gas Flow Measurement. Gaithersburg, 2019.