

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра Інженерія вагонів та якість продукції

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи магістра

МКРМЕ.175.26.03.00. ПЗ

Розробив:

здобувач групи 217-ЯСС-324

спеціальності 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології»

(роботу виконано самостійно, відповідно
до принципів академічної доброчесності)

Данило ВІРЧЕНКО

Керівник:

доктор техн. наук, професор

Едвін ГЕВОРКЯН

Рецензент:

доцент, кандидат технічних наук,
доцент кафедри ЕТЕМ

Володимир НЕРУБАЦЬКИЙ

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Механіко-енергетичний»

Кафедра «Інженерія вагонів та якість продукції»

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

Освітня програма: Якість, стандартизація та сертифікація

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІВ та ЯП,
професор, д-р техн. наук



Василь РАВЛЮК

« 20 » 11 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну роботу магістра

Вірченку Данилу Едуардовичу

1. Тема: «Впровадження сучасних методів неруйнівного контролю технічного стану газових мереж» керівник: Геворкян Едвін Спартаківич затверджена розпорядженням по механіко-енергетичному факультету від “24” лютого 2025 року № 21/25.
2. Строк подання студентом роботи “30” грудня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: нормативно-правові акти України та міжнародні стандарти у сфері метрології та обліку природного газу (ДСТУ OIML R 137-1-2:2019, ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019, ДСТУ 2708:2015, ДСТУ EN ISO 5167-1:2016); наукова, технічна та навчально-методична література з питань метрологічного забезпечення, неруйнівного контролю та діагностики; нормативні документи НПАОП, Міністерства енергетики України та Міжнародні стандарти EN; виробничі дані, статистичні звіти та документація ХМФ «ГАЗМЕРЕЖІ», результати досліджень і спостережень, отримані під час переддипломної практики.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Вступ; 1. Вплив якості газових мереж на безвідмовність їх роботи; 2. Аналіз видів та методів неруйнівного контролю газових мереж послуг; 3. Управління цілісністю трубопроводів та значення неруйнівного контролю; 4 Економічна ефективність впровадження системи ІМС та роботизованих краулерів операторами газових мереж України; Загальні висновки до МКР; Список використаних джерел.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу: 1 Стан газових мереж України; 2 Фактори впливу на технічний стан газових мереж; 3 Структура причин аварій на газопроводах; 4 Методи неруйнівного контролю; 5 Актуальність неруйнівного контролю; 6 Аналіз видів та методів неруйнівного контролю газових мереж; 7 Еволюція контролю газових мереж; 8 Генерації технологій НК у газових мережах; 9 Інфраструктура компанії «Gasunie» (Нідерланди); 10 Структура інтегрованої системи управління ІМС Gasunie; 11 Газотранспортна інфраструктура компанії Snam (Італія); 12 Структура ІМС за моделлю Snam; 13 Етапи впровадження ІМС в Україні; 14 Роботизований краулер RedZone; 15 Шляхи підвищення якості та безвідмовності газових мереж в Україні; 16 Показники ефективності впровадження ІМС; Загальні висновки до МКР.

6. Дата видачі завдання 06.10.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз нормативної бази, наукових джерел та стандартів з контролю якості та безвідмовності газових мереж	06.10 - 15.10	Виконано
2	Дослідження сучасних видів неруйнівного контролю газових мереж; порівняння систем управління цілісністю трубопроводів країн ЄС	16.10– 25.10	Виконано
3	Оцінка стану засобів та методів неруйнівного контролю газових мереж в Україні	26.10 – 05.11	Виконано
4	Визначення перспектив впровадження системи управління цілісністю трубопроводів (ІМС) в Україні на основі досвіду Gasunie та Snam	06.11 – 25.11	Виконано
5	Формування пропозицій впровадження роботизованих краулерів малого діаметру з мультисенсорними системами для МГМ	26.11– 30.11	Виконано
6	Перевірка МКР на плагіат	01.12-10.12	Виконано
7	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	11.12– 20.12	Виконано
8	Нормоконтроль та отримання рецензії на магістерську роботу	21.12 -30.12	Виконано
9	Підготовка до захисту роботи	31.12 - 11.01.26	Виконано
10	Захист кваліфікаційної роботи	12.01 - 17.01.26	

Магістрант



Данило ВІРЧЕНКО

Керівник роботи



Едвін ГЕВОРКЯН

АНОТАЦІЯ

Д. Є. Вірченко. Кваліфікаційна магістерська робота другого (магістерського) рівня вищої освіти на тему: **«Впровадження сучасних методів неруйнівного контролю технічного стану газових мереж»** включає в себе 21 слайдів презентації, 90 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 16 рисунків, 5 таблиць, 37 літературних джерел.

Ключові слова: ГАЗОВІ МЕРЕЖІ, НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, РОБОТИЗОВАНІ МУЛЬТІСЕНСОРНІ СИСТЕМИ, РОБОТИ КРАУЛЕРИ.

Метою дослідження є підвищення якості та безвідмовності газових мереж шляхом аналізу, обґрунтування та впровадження сучасних методів неруйнівного контролю, які забезпечують ефективну діагностику технічного стану трубопроводів та сприяють запобіганню аварійним ситуаціям.

Об'єкт дослідження - газові мережі, що використовуються для транспортування та розподілу природного газу.

У роботі розроблено підходи до метрологічної надійності та безпеки газових мереж на основі систем управління цілісністю (IMS). Досліджено досвід застосування технологій неруйнівного контролю та обґрунтовано впровадження мультисенсорних роботизованих комплексів для діагностики трубопроводів. Результати підтверджують доцільність автоматизації контрольно-вимірювальних операцій для отримання прецизійних даних про стан інфраструктури, що мінімізує аварійні ризики та підвищує ефективність обслуговування газотранспортних систем.

ANNOTATION

D. Ye. Virchenko. Qualification Master's thesis of the second (Master's) level of higher education on the topic **“Implementation of Modern Non-Destructive Testing Methods for Assessing the Technical Condition of Gas Networks”** includes 21 presentation slides and 90 A4 pages of the explanatory note, containing 16 figures, 5 tables, and 37 literature sources.

Keywords: GAS NETWORKS, NON-DESTRUCTIVE TESTING, ROBOTIC MULTISENSOR SYSTEMS, CRAWLER ROBOTS.

The purpose of the study is to improve the quality and reliability of gas networks through the analysis, justification, and implementation of modern non-destructive testing methods that ensure effective diagnostics of the technical condition of pipelines and help prevent emergency situations.

Object of the study – gas networks used for the transportation and distribution of natural gas.

The thesis develops approaches to metrological reliability and safe operation of gas networks based on Integrity Management Systems (IMS). The research explores advanced non-destructive testing and justifies the use of multisensory robotic systems for pipeline diagnostics. The results confirm the feasibility of automating instrumentation and control operations to obtain precision data on infrastructure conditions, minimizing accident risks and increasing the efficiency of technical maintenance for gas transmission systems.

Зміст

Вступ	6
1 Вплив якості газових мереж на безвідмовність їх роботи	8
1.1 Значення якості газових мереж для забезпечення їх надійності	8
1.2 Сучасний стан газових мереж України	12
1.3 Якість мереж та безвідмовність: причинно-наслідковий зв'язок	17
1.4 Вплив неруйнівного контролю на якість та безвідмовність газових мереж	20
2 Аналіз видів та методів неруйнівного контролю газових мереж	23
2.1 Методи неруйнівного контролю у світовій практиці	26
2.2 Наявні засоби та методи неруйнівного контролю газових мереж що застосовуються в Україні	33
2.3 Нормативна база що регламентує неруйнівний контроль газових мереж України	36
3 Управління цілісністю трубопроводів та значення неруйнівного контролю	40
3.1 Загальний огляд світового розвитку контролю газових мереж	40
3.2 Аналіз використання систем утримання газових мереж передових компаній країн ЄС	46
3.3 Перспективи впровадження системи управління цілісністю трубопроводів (IMS) в Україні на основі досвіду Gasunie та Snam	62
3.4 Пропозиції впровадження роботизованих краулерів малого діаметру з мультисенсорними системами для міських розподільних мереж	69
4. Обґрунтування впровадження системи ІМС та роботизованих краулерів операторами газових мереж України	79
Загальні висновки до МКР	85
Список використаних джерел	88

					МКРМЕ.175.26.03.00. ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата				
Розробив	Вірченко				Впровадження сучасних методів неруйнівного контролю технічного стану газових мереж	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	Геворкян						5	90
Н. контр.	Шовкун					УкрДУЗТ		
Затв.	Равлюк							

Вступ

Газотранспортна інфраструктура є основою енергетичної безпеки держави, а якість її технічного стану визначає надійність і безперервність газопостачання. У мирний час це є економічною вимогою, а в умовах воєнного стану набуває стратегічного значення через можливі економічні та гуманітарні наслідки. Водночас значна частина газових мереж України експлуатується понад нормативні строки, що негативно впливає на їх якість і надійність. Трубопроводи 60–90-х років зазнають деградації, корозії та впливу складних умов експлуатації, а ситуацію ускладнюють зношена арматура, витoki й відсутність системного контролю технічного стану.

Воєнні дії на території України стали окремим чинником, що суттєво підсилює проблему. Інфраструктура зазнала великої кількості пошкоджень, особливо в регіонах активних бойових дій. Частина об'єктів була знищена або перебуває в умовах складного доступу. Це вимагає нових, швидших, точніших та мобільніших методів діагностики, здатних забезпечити оцінку стану мереж без їх повної зупинки. Традиційні способи обстеження як візуальний огляд, вибірковий контроль та механічне розкриття трубопроводу вже не відповідають сучасним вимогам. Вони є трудомісткими, повільними, потенційно небезпечними та економічно затратними.

У світовій практиці неруйнівний контроль давно став ключовим фактором забезпечення безвідмовності та стабільності газових систем. Україна, інтегруючись до європейського енергетичного простору, має адаптувати найкращі міжнародні технології та стандарти.

Актуальність роботи полягає в тому що сучасний стан газорозподільних і газотранспортних мереж в Україні становить загрозу для надійності, безпеки та енергоефективності газопостачання. Воєнні дії призвели до додаткових пошкоджень критичної інфраструктури, ускладнили проведення планових та позапланових технічних оглядів, а також підвищили вимоги до оперативності

діагностики та ремонту мереж. У таких умовах особливого значення набуває впровадження сучасних методів неруйнівного контролю (НК), які дають змогу оцінювати технічний стан газових мереж без виведення їх з експлуатації.

Метою магістерської роботи є підвищення якості та безвідмовності газових мереж шляхом аналізу, обґрунтування та впровадження сучасних методів неруйнівного контролю, які забезпечують ефективну діагностику технічного стану трубопроводів та сприяють запобіганню аварійним ситуаціям.

Об'єктом дослідження є процес транспортування та розподілу природного газу в газових мережах.

Предметом дослідження є оцінювання технічного стану газових мереж із застосуванням сучасних методів неруйнівного контролю.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в комплексному аналізі сучасних технологій неруйнівного контролю, адаптованих до умов українських газових мереж, розробленні удосконаленої методики оцінювання технічного стану з урахуванням впливу екстремальних умов, зокрема воєнного стану, поглибленому дослідженні взаємозв'язку між якістю діагностики та рівнем безвідмовності газотранспортної системи, а також обґрунтуванні шляхів інтеграції міжнародних стандартів НК у національну

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування запропонованих методів і рекомендацій для підвищення надійності та довговічності газових мереж України, удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту трубопроводів, зниження аварійності та мінімізації економічних втрат підприємств, а також упровадження сучасних діагностичних технологій на підприємствах, що експлуатують газові мережі.

Апробація результатів роботи. Основні положення магістерської роботи були висвітлені у доповіді «Використання сучасних методів неруйнівного контролю для оцінки технічного стану газових мереж» на 85 студентській науково-технічній конференції УкрДУЗТ (10-11 грудня м. Харків, 2025) [35].

Список використаних джерел

1. ДСТУ ISO 9000:2018. Системи управління якістю. Основні положення і словник термінів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 42 с.
2. Оператор газотранспортної системи України. Технічний звіт про стан мереж. 2023. Режим доступу: <https://tsoua.com>
3. Геворкян Е. С., Мельник О. М. Неруйнівні методи контролю якості : конспект лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2015. 42 с.
4. Порядок технічного огляду, обстеження, оцінки та паспортизації технічного стану систем газопостачання : наказ від 24.10.2011 № 640. Київ, 2011. 130 с.
5. Міністерство енергетики України. Звіт про технічний стан мереж. 2022. Режим доступу: <https://mpe.kmu.gov.ua>
6. Регіональна газова компанія. Цифрова трансформація газових мереж. 2023. Режим доступу: <https://rgc.ua>
7. Ободянська О. І. Організаційні аспекти прийняття управлінських рішень щодо забезпечення надійності газорозподільних мереж. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2011. № 11. С. 104–107.
8. Троїцький В. О., Бондаренко О. Г., Глуховський В. Ю. Особливості створення засобів теплового неруйнівного контролю. Київ : ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України, 2012. С. 105–110.
9. Механіка руйнування і міцність матеріалів. Т. 5: Неруйнівний контроль і технічна діагностика / за ред. З. Т. Назарчука. Львів, 2001. 1134 с.
10. Міністерство енергетики України. Концепція безпеки газових мереж. 2021. Режим доступу: <https://mpe.kmu.gov.ua>
11. Ратушняк Г. С., Ободянська О. І. Моделювання управління ризиком на газових мережах. Вісник ВПІ. 2012. № 1. С. 38–42.
12. НАН України. Аналітичний звіт «Корозійна деградація трубопроводів». 2020. Режим доступу: <https://nas.gov.ua>

13. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання.
14. Бичківський Р. В., Столярчук П. Г., Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація. Львів, 2002. 560 с.
15. Розгонюк В. В. Удосконалення методики діагностування магістральних газопроводів : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Івано-Франківськ, 2000. 24 с.
16. ДСТУ EN ISO 9712:2014. Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу.
17. Інтегровані технології обробки матеріалів / Е. С. Геворкян та ін. Харків : УкрДУЗТ, 2016. 238 с.
18. ДСТУ EN 1594:2015. Газорозподільні системи. Газопроводи понад 16 бар.
19. Сусліков Л. М., Студеняк І. П. Неруйнівні методи контролю : навч. посібник. Ужгород : Говерла, 2016. 192 с.
20. ДСТУ EN ISO 17637:2017. Неруйнівний контроль зварних швів.
21. ДСТУ EN 13477-1:2016. Акустичні методи неруйнівного контролю.
22. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII.
23. ДСТУ EN 10246-1:2006. Неруйнівний контроль сталевих труб.
24. ДСТУ ISO 10012:2005 Системи керування вимірюванням. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT).
25. Комарова Г. Л. Конспект лекцій з дисципліни «Метрологія». Харків : УкрДУЗТ, 2020. 98 с.
26. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. Затверджено наказом Держстандарту України № 333 від 28.12.1994 р. – К. : Держстандарт України, 1995. – 91 с.
27. Гуменюк Г. Д., Кійко В. В., Янчик М. В. Технічне регулювання в Україні та ЄС. Херсон, 2021. 241 с.

28. Криничний П. Я., Карпаш О. М., Кійко Л. М. Ультразвукова дефектоскопія різьбових з'єднань. Методи та прилади контролю якості. 2000. № 6. С. 9–12.
29. Mudge P. J., Lank A. M., Allyne D. N. Detection of corrosion under insulation. Edinburgh, 1996.
30. PHMSA. Pipeline Integrity Management Guidelines. Washington, 2021.
31. ISO 55000:2014. Asset management — Overview, principles and terminology.
32. ULC Robotics. CISBOT Robotic System Whitepaper. New York, 2020.
33. Ващишак І. Р., Ващишак С. П., Карпаш О. М. Аналіз методів контролю теплових мереж. Нафтогазова енергетика. 2010. № 2(13). С. 64–69.
34. ДБН В.2.5-39-2008. Теплові мережі. Київ, 2009. 55 с.
35. Вірченко Д. Є. Використання методів НК для оцінки газових мереж. Харків : УкрДУЗТ, 2025.
36. РГК «Нафтогаз». Огляд аварійності газових мереж. 2022. Режим доступу: <https://rgc.ua>
37. Обладнання для неруйнівного контролю : вебсайт. Режим доступу: <https://oniko.ua/products/non-destructive-testing/>