

Анотація

Давиденко Ю. Є. Впровадження передових методів неруйнівного контролю для підвищення надійності контролю якості деталей. Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології», Освітня програма «Якість, стандартизація та сертифікація», Український державний університет залізничного транспорту, Харків, 2026.

Кваліфікаційна робота включає в себе 13 слайдів презентації, 87 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 10 рисунків, 4 таблиці, 29 найменувань літературних джерел.

Ключові слова: системи газопостачання, технологічне забезпечення, експлуатація газових мереж, технічна діагностика, газорозподільна станція, акустична емісія.

Об'єктом дослідження є процес технічної діагностики стану газових мереж з метою підвищення якості функціонування.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є впровадження передових методів неруйнівного контролю для підвищення надійності та якості експлуатації газових мереж.

Однією з ключових причин зниження експлуатаційної надійності газових мереж є саме нестача комплексного інструментарію, який би забезпечував всебічну оцінку та прогнозування технічного стану з урахуванням усіх релевантних чинників. Розв'язання цієї проблеми є можливим шляхом впровадження математичних моделей управлінського вибору, побудованих на принципах теорії нечіткої логіки та апарату лінгвістичних змінних.

В магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано використання прогресивного обладнання на основі методу акустичної емісії газових мереж, яке дозволить значно підвищити надійність газового обладнання, підвищити якість проведення діагностичних операцій та знизити кількість відмов в експлуатації.

Abstract

Davidenko Yu. Ye. Implementation of advanced non-destructive testing methods to enhance the reliability of quality control for components. Specialty 175 "Information and Measurement Technologies," Educational Program "Quality, Standardization, and Certification," Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, 2026.

The qualification thesis includes a 13-slide presentation and 87 A4 pages of an explanatory report, comprising 10 figures, 4 tables, and 29 bibliographic references.

Keywords: gas supply systems, technological support, operation of gas networks, technical diagnostics, gas distribution station, acoustic emission.

The object of the research is the technical diagnostics of the condition of gas networks aimed at improving the quality of their operation.

The aim of the master's qualification thesis is the implementation of advanced non-destructive testing methods to improve the reliability and quality of gas network operation.

One of the key reasons for the decrease in the operational reliability of gas networks is the lack of a comprehensive toolkit that would ensure an integrated assessment and forecasting of the technical condition while taking into account all relevant factors. Addressing this problem is possible through the implementation of managerial decision-making mathematical models based on the principles of fuzzy logic theory and the apparatus of linguistic variables.

In the master's qualification thesis, the use of advanced equipment based on the acoustic emission method for gas networks is proposed, which will significantly increase the reliability of gas equipment, improve the quality of diagnostic operations, and reduce the number of operational failures.

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕДОВИХ МЕТОДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ.175.26.07.00 ПЗ

Розробив здобувач групи 217-ЯСС-324
спеціальності 175 «Інформаційно-
вимірювальні технології» ОП Якість,
стандартизація та сертифікація (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів академічної
добросовісності)

 Юрій ДАВИДЕНКО

Керівник: професор, д.т.н.

Едвін ГЕВОРКЯН

Рецензент: доцент, к.т.н.

доцент кафедри ЕТЕМ

Володимир НЕРУБАЦЬКИЙ

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет «Механіко-енергетичний»

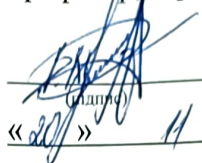
Кафедра «Інженерія вагонів та якість продукції»

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність: 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

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


(підпис)

Василь РАВЛЮК
(ініціали і прізвище)

2025 р.

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

Давиденко Юрію Євгенійовичу

1. Тема: «Впровадження передових методів неруйнівного контролю для підвищення надійності контролю якості деталей»

керівник роботи професор, д.т.н. Геворкян Е.С., затверджена розпорядженням по механіко-енергетичному факультету від «24» лютого 2025 року № 21/25

2. Строк подання студентом роботи «16» грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: ТОВ «Газорозподільні мережі України», Статут товариства, Положення про Харківську міську філію ТОВ «Газорозподільні мережі України», технології діагностики мереж, стандарти ISO 9001, ISO 55000, ISO/IEC 17025, галузеві стандарти та технічні регламенти щодо методів діагностики, експлуатаційна документація виробника обладнання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ

Розділ 1 Дослідження сучасного стану технологічного забезпечення систем газопостачання України;

Розділ 2 Огляд загальних питань експлуатації газових мереж;

Розділ 3 Аналіз системи технічної діагностики газових мереж;

Розділ 4 Застосування прогресивного методу неруйнівного контролю для забезпечення надійності газових мереж;

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових):

Мета і задачі дослідження; Дослідження сучасного стану технологічного забезпечення систем газопостачання України; Аналіз практичного досвіду експлуатації систем газопостачання; Комплексний аналіз сучасних методів технічної діагностики газорозподільних мереж; Загальна характеристика системи перспективного неруйнівного контролю; Висновки.

6. Дата видачі завдання 06.10.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз матеріалу, отриманого на базовому підприємстві	01.10 - 10.10	виконано
2	Написання основних розділів пояснювальної записки	06.10 – 28.10	виконано
3	Розробка презентацій основної частини	29.10 – 02.11	виконано
4	Розробка та написання індивідуальної частини роботи	03.11 – 16.11	виконано
5	Розробка презентаційного матеріалу індивідуальної частини роботи	17.11 – 25.11	виконано
6	Формулювання висновків роботи	26.11 – 30.11	виконано
7	Перевірка роботи на плагіат	01.12 – 14.12	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	01.12 – 14.12	виконано
9	Перевірка роботи нормоконтролером	15.12 – 25.12	виконано
10	Подання роботи на рецензування	15.12 – 25.12	виконано
11	Підписання роботи керівником	15.12 – 25.12	виконано
12	Підписання роботи завідувачем кафедри	15.12 – 25.12	виконано
13	Підготовка до захисту роботи	26.12 – 10.01.26	виконано
14	Захист кваліфікаційної роботи	12.01 – 17.01.26	

Здобувач


(підпис)

Юрій ДАВИДЕНКО
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Едвін ГЕВОРКЯН
(ім'я та прізвище)

Зміст

Вступ	6
1 Дослідження сучасного стану технологічного забезпечення систем газопостачання України	10
1.1 Аналіз основних причин низької ефективності газорозподільної системи	10
1.2 Аналіз практичного досвіду експлуатації систем газопостачання	16
1.3 Аналіз основних чинників забезпечення надійності систем газопостачання	22
2 Огляд загальних питань експлуатації газових мереж	31
2.1 Аналіз технічних вимог до проектування мереж газорозподілення	31
2.2 Аналіз особливостей технічного обслуговування газових мереж	42
3 Аналіз системи технічної діагностики газових мереж	46
3.1 Теоретичні основи сучасних підходів до діагностики газових мереж	46
3.2 Основні задачі та компоненти перспективної діагностичної системи газових мереж	52
3.3 Комплексний аналіз сучасних методів технічної діагностики газорозподільних мереж контролю	58

					МКРМЕ.175.26.07.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Впровадження передових методів неруйнівного контролю для підвищення надійності контролю якості деталей	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Давиденко		06.02.25					
Перевір.		Геворкян		20.02.25			4	87	
Реценз.						УкрДУЗТ			
Н. Контр.		Шовкун		20.02.25					
Затверд.		Равлюк		20.02.25					

4 Застосування прогресивного методу неруйнівного контролю для забезпечення надійності газових мереж	72
4.1 Характеристика газорозподільних мереж	72
4.2 Характеристика прогресивного неруйнівного контролю в умовах ГРП	76
4.3 Загальна характеристика системи RAEM1-6	80
Висновки по роботі	83
Список використаних джерел	85

Вступ

Одним із визначальних напрямів забезпечення стабільності поставок природного газу до країн Європи, а також гарантованого енергопостачання українських споживачів, є утримання газотранспортної системи України в технічно досконалому стані та її поступальний розвиток. Для цього необхідним є систематичний контроль магістральних газопроводів та пов'язаних із ними об'єктів інфраструктури, що дає змогу встановити реальний рівень їхньої працездатності, оцінити ступінь зношеності та визначити умови подальшої експлуатації.

Комплексне технічне обстеження, яке включає неруйнівний контроль, діагностику корозійних процесів, оцінку стану захисних покриттів, аналіз роботи компресорних агрегатів і перевірку вузлів вимірювання витрат, є ключовим інструментом попередження аварійних ситуацій і мінімізації техногенних ризиків. Отримані позитивні результати таких перевірок свідчать про здатність системи функціонувати безпечно, надійно та безперервно, забезпечуючи вимоги як транзиту, так і внутрішнього споживання природного газу.

Станом на сьогодні в інфраструктурі газопостачання фіксується відчутне зростання кількості аварійних подій, що супроводжуються істотними екологічними ризиками. Основним чинником формування такої ситуації є значний рівень зношеності ключових елементів газотранспортної мережі. Зокрема, орієнтовно 29 % магістральних і розподільчих газопроводів уже повністю вичерпали встановлений амортизаційний ресурс, а майже 60 % перебувають в експлуатації у діапазоні від 10 до 33 років, що суттєво підвищує ймовірність виникнення дефектів та відмов.

Критичним є і стан технологічного обладнання: близько третини компресорних агрегатів відпрацювали свій моторесурс і потребують реконструкції або заміни. Значний рівень зношеності простежується також у мережах розподілу газу - понад 11,6 тис. км трубопроводів (близько 7 %) та близько 4,9 тис. газорегуляторних пунктів (орієнтовно 14 %) експлуатуються понад нормативний строк служби, що створює додаткові ризики для надійності системи.

Додатковою проблемою є дефіцит достовірної статистично обґрунтованої інформації щодо надійності обладнання та конструкцій. У ряді випадків параметри надійності є неповними, суперечливими або мають значний рівень невизначеності. Через це традиційні методики оцінювання ризиків аварій у системах газопостачання не здатні забезпечити комплексну картину функціональних загроз, оскільки ґрунтуються на використанні неточних або неповних даних, що обмежує їхню прогностичну ефективність.

Сучасні вітчизняні дослідження у сфері газотранспортної інфраструктури здебільшого зосереджені на вдосконаленні традиційних методів оцінювання та контролю технічного стану газопроводів, а також на розробленні нових технічних засобів діагностування. Водночас майже відсутні системні експериментальні та аналітичні роботи, спрямовані на вивчення впливу комплексів кількісних і якісних зовнішніх факторів на зміну технічного стану елементів газорозподільної системи. Це формує суттєвий науково-методичний розрив, оскільки реальні умови експлуатації охоплюють широкий спектр динамічних, неоднорідних і слабоформалізованих впливів, які неможливо врахувати за допомогою класичних детермінованих моделей.

На сьогодні не розроблено узгоджених підходів до управління організаційно-технологічними процедурами діагностування, що ускладнює формування єдиної стратегії моніторингу технічного стану системи газопостачання. Відсутні також науково обґрунтовані моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішень, здатні інтегрувати як кількісні показники, так і нечітко визначені якісні характеристики, що супроводжують процеси старіння, деградації та зовнішнього впливу на обладнання. Однією з ключових причин зниження експлуатаційної надійності газових мереж є саме нестача комплексного інструментарію, який би забезпечував всебічну оцінку та прогнозування технічного стану з урахуванням усіх релевантних чинників.

Розв'язання цієї проблеми є можливим шляхом впровадження математичних моделей управлінського вибору, побудованих на принципах теорії нечіткої логіки та апарату лінгвістичних змінних. Такий підхід дає змогу враховувати багатозначні,

недостатньо формалізовані або частково невизначені параметри, що суттєво впливають на надійність газорозподільних систем. Нечіткі системи керування виявляють особливу ефективність у випадках, коли об'єкт є висококомплексним, а доступна апріорна інформація недостатня для побудови детальної аналітичної моделі. Саме цими характеристиками вирізняється система газопостачання.

Функціонування нечітких систем керування базується на використанні структурованої бази знань та елементів штучного інтелекту. Обробка інформації здійснюється шляхом логічного виведення: значення вихідних лінгвістичних змінних визначаються через систему правил, що пов'язують їх з характеристиками вхідних параметрів. Реалізація таких систем можлива як у вигляді спеціалізованих нечітких контролерів, так і в програмно-алгоритмічних комплексах, орієнтованих на підтримку прийняття рішень у складних техногенних системах.

Метою даної магістерської роботи є впровадження передових методів неруйнівного контролю для підвищення надійності та якості експлуатації газових мереж.

Для досягнення заданої мети були поставлені наступні завдання:

- провести дослідження сучасного стану технологічного забезпечення систем газопостачання України;
- провести аналіз технічних вимог до проєктування мереж газорозподілення;
- провести аналіз особливостей технічного обслуговування газових мереж;
- провести аналіз системи технічної діагностики газових мереж;
- запропонувати прогресивний метод неруйнівного контролю для забезпечення надійності газових мереж.

Об'єктом дослідження є процес технічної діагностики стану газових мереж з метою підвищення якості функціонування.

Предметом дослідження - розробка і обґрунтування рекомендацій стосовно підвищення якості та надійності експлуатації газових мереж України.

В магістерській кваліфікаційній роботі запропоновано до використання прогресивне обладнання на основі методу акустичної емісії газових мереж, яке

дозволить значно підвищити надійність газового обладнання, підвищити якість проведення діагностичних операцій та знизити кількість відмов в експлуатації.

Наукова новизна. У роботі удосконалено підхід до технічної діагностики газорозподільних мереж шляхом застосування акустико-емісійних методів неруйнівного контролю, що дозволяє виявляти активні деградаційні процеси та оцінювати технічний стан об'єктів у режимі експлуатації.

Практична цінність. Результати роботи можуть бути використані операторами газорозподільних мереж для підвищення надійності та безпеки експлуатації газового обладнання, зниження аварійності та оптимізації системи технічного обслуговування за фактичним технічним станом.

Апробація результатів досліджень. За темою дослідження опубліковано тези доповіді в збірнику 85 студентської наукової-технічної конференції УкрДУЗТ (10 - 12 грудня 2025 р.) [28].

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Повний обсяг роботи складає 87 сторінок комп'ютерного тексту. Матеріали кваліфікаційної роботи проілюстровані 10 рисунками та 4 таблицями. Перелік використаних джерел налічує 29 найменувань.

Список використаних джерел

1. Закон України “Про засади функціонування ринку природного газу”
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19#Text>
2. Інтеграція України до внутрішнього ринку газу ЄС https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2019/03/Integratsia-Ukrainy-do-vnutrishniogo-Rynku-Gazu_EU_2019.pdf
3. УГОДА ПРО АСОЦІАЦІЮ між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Дата підписання: 27.06.2014, дата ратифікації Україною: 16.09.2014, дата набрання чинності для України: 01.09.2017
https://ips.ligazakon.net/document/view/mu14097?an=3&ed=2021_11_22
4. Єнін П.М. Газопостачання населених пунктів і об’єктів природним газом: навчальний посібник / П.М. Єнін, Г.Г Шишко, К.М. Предун. – К.: Логос, 2002. – 198 с.
5. ДБН В.2.5-20-2018 Газопостачання, 2018 – 287 с.
6. ДБН В.2.5-41:2009 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопроводи з поліетиленових труб. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво 2010. – 145 с.
7. ISO 12716 – Acoustic Emission of Pipelines (технічний стандарт).
8. ДСТУ-Н Б А.3.1-18:2013 Настанова щодо зварювання конструкцій газопроводів зі сталевих труб
9. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека в будівництві
10. КОДЕКС 2:2021 ГАЗОРОЗПОДІЛЬЧІ СИСТЕМИ. Рекомендації щодо проектування, будівництва, контролювання за будівництвом, введення та виведення з експлуатації газорозподільчих систем. – Київ, ДП УкрДНДЦ, 2022.
11. Троїцький В.О., Бондаренко О.Г., Глуховський В.Ю. Особливості створення засобів для оцінки параметрів дефектів тепловим неруйнівним

контролем. *Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд і машин*. Київ: ІЕЗ ім. Є.О.Патона НАН України, 2012. С. 105-110.

12. Скальський В.Р., Коваль П.М. Акустична емісія під час руйнування матеріалів, виробів і конструкцій. Львів, СПОЛОМ, 2005. 396 с.

13. REMIT розширить повноваження регулятора на здійснення моніторингу ринку – НКРЕКП. *Українська енергетика* <https://ua-energy.org/uk/posts/remit-rozshyryt-povnovazhennia-rehuliatora-na-zdiisnennia-monitorynhu-rynku-nkrekp>

14. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж : монографія / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 128 с.

15. Підвищення надійності газотранспортних систем: монографія / Б. В. Копей, А. Бенмуна, В. І. Слободян, А. Беллауар, С. І. Галій, Д. Халімі, А. М. Найда. Серія «Нафтогазове обладнання», том 8 – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. – 300 с.

16. Обслуговування і ремонт газопроводів / Грудз В. Я., Тимків Д. Ф., Михалків В. Б., Костів В. В. – Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2009. – 711 с.

17. Довідник працівника газотранспортного підприємства /В. В. Розгонюк, А.А. Руднік, В.М. Коломєєв та ін. – Київ:РОСТОК, 2001. – 1090 с.

18. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання: наук.-техн. посіб.: у 3 т. /Є. І. Крижанівський, Г. М. Никифорчин [за ред. В. В. Панасюка]. – Т. 3: Деградація газопроводів та її запобігання. – Івано-Франківськ: вид-во Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, 2012. – 433 с.

19. Гончарук М. І., Середюк М. Д., Шелудченко В. І. Довідник з газопостачання населених пунктів України. Івано-Франківськ, 2006. 1313 с.

20. Якість газу [Електронний ресурс] // АТ "Укртрансгаз". – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html>.

21. Пономарчук І. А., Слободян Н. М. Газопостачання населених пунктів. Вінниця: ВДТУ, 2001. 110 с.

22. Сідак В.С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання: Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 227 с.
23. Сідак В.С., Дудолад О.С. Комплексні підходи до керування надійністю систем газопостачання: Навч. посібник. – Харків, 2006. – 248 с.
24. Сідак В.С., Дудолад О.С. Новітні технології будівництва та реновації інженерних мереж: Навч. Посібник. – Харків; 2006. – 356 с.
25. Barschdorff, D., Haupt, H., 2001. Monitoring of deep drawing by means of acoustic emission, Technisches Messen, Bd. 68, Heft 4, p. 166-169.
26. Miller, R., Hill, E., 2005. Non-destructive Testing Handbook, Acoustic Emission Testing, Bd. 6, ASNT.
27. Єнин П. М., Шишко Г. Г., Предун К. М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. Навчальний посібник. К. : Логос, 2002. 193 с.
28. Впровадження передових методів неруйнівного контролю для підвищення надійності контролю якості деталей Юрій ДАВИДЕНКО (217-ЯСС-324) Керівник – проф. Едвін ГЕВОРКЯН Збірник тез 85 студентської наукової-технічної конференції УкрДУЗТ (10 - 12 грудня 2025 р.) Харків : УкрДУЗТ. 2025.С.96-97
29. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення : методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності / укладачі : Л. М. Козар, Є. В. Коновалов, А. О. Лапко, О. Е. Наумова, Г. В. Шаповал, Д. В. Шумик, В. М. Петухов, С. В. Панарін. - Харків : УкрДУЗТ, 2014. - 46 с.