Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003841

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-10-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Боднар Тарас Сергійович

2. Taras Bodnar

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3454-7349

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 192

Назва наукової спеціальності: Будівництво та цивільна інженерія

Галузь / галузі знань: архітектура та будівництво

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Будівництво та цивільна інженерія

Дата захисту: 28-10-2025

Спеціальність за освітою: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10870

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 30.17.51

Тема дисертації:

1. Локалізація прихованих витоків на магістральних водоводах і зонних водопровідних мережах

2. Localization of hidden leaks in trunk water mains and zonal water supply networks

Реферат/анотація:

1. У сучасних умовах значної зношеності водопровідних мереж, підвищення вартості водних ресурсів та енергетичних витрат проблема втрат води, зокрема прихованих витоків, набуває критичного значення для забезпечення сталого водопостачання. За даними світової практики, приховані витоки становлять від 10% до 50% від загальних втрат у системах водопостачання залежно від віку та технічного стану трубопроводів. В Україні проблема прихованих витоків особливо актуальна внаслідок старіння інженерної інфраструктури міст, обмежених фінансових ресурсів на модернізацію мереж і недостатнього рівня впровадження сучасних технологій виявлення витоків. Розроблений метод дозволяє за мінімальною кількістю доступних вимірювань тиску та витрат виконати локалізацію місця витоку з високою точністю, що підтверджено чисельним моделюванням та натурними експериментами. Для теоретичного обґрунтування статистично-гідравлічного методу локалізації прихованих витоків води було виконано чисельне моделювання похибок визначення координат місця витоку залежно від основних вхідних параметрів системи, таких як: діаметр трубопроводу, надлишковий тиск у мережі, площа отвору витоку, безрозмірна витрата витоку та відносна координата

витоку на ділянці. Важливою особливістю дослідження є врахування ймовірності багатоаварійності ділянок водопровідної мережі. Для оцінки цієї ймовірності була застосована модель незалежних подій Пуассона. За гіпотезами стаціонарності, ординарності аварій та відсутності взаємозалежності подій отримано аналітичні залежності, що дозволяють оцінювати ризик виникнення множинних витоків залежно від питомої аварійності, довжини ділянки та часу, необхідного для ліквідації витоку. Розробка статистично-гідравлічного методу локалізації витоків базувалася на аналізі впливу вхідних гідравлічних параметрів на координату витоку та приведену похибку локалізації. У загальному випадку координата точки витоку X є функцією 11 розмірних вхідних параметрів: X = F (z1; z2; p1; p2; □; L; D; Δe; Q1; Q2; □). Застосовуючи □-теорему Бекінгема, відносну координату X/L можна представити як функцію восьми безрозмірних комплексів: X/L = F (I; Δe/D; ΔQ/Q; Re1; Re2; Eu; □о/□тр). На чисельній імітаційній моделі виконано теоретичні дослідження з визначення систематичних приведених похибок статистично-гідравлічного методу залежно від п'яти основних вхідних параметрів: безрозмірної витрати витоку, діаметра трубопроводу, площі отвору, надлишкового тиску на ділянці та відносної координати витоку. Отримані лінії тренду можуть бути рекомендовані для коригувального уточнення очікуваної координати точки витоку. Для кожного параметра побудовано окремі графіки залежностей середніх похибок та стандартних відхилень похибок, що дозволяють здійснювати корекцію очікуваного місця витоку з урахуванням конкретних умов ділянки. Розроблений статистично-гідравлічний метод локалізації витоків води відзначається рядом важливих переваг, що забезпечують його практичну ефективність. Завдяки статистичній обробці пакетів точок вимірювання досягається висока точність визначення координати витоку. Метод дозволяє працювати зі стандартним обладнанням для вимірювання тиску і витрати води, що виключає необхідність проведення допоміжних розкопок для встановлення додаткових вимірювальних пристроїв уздовж трубопроводу. Запропонований статистично-гідравлічний метод реалізовано у вигляді алгоритму в середовищі Microsoft Excel із застосуванням макрокоманд для автоматизації розрахункових процедур. Застосування методу істотно скорочує тривалість пошуку та ліквідації аварій, що позитивно впливає на загальну надійність функціонування водопровідних систем. Для удосконалення прогнозування надійності водопровідних мереж у дисертаційній роботі було побудовано модель оцінки багатоаварійності на основі процесу Пуассона. Була введена оптимізаційна функція Fopt, яка характеризує співвідношення приведеної похибки локалізації витоку до ймовірності виявлення витоку після першого допоміжного розкриття трубопроводу. Це дозволило аналітично обґрунтувати ефективність застосування статистично-гідравлічного методу в порівнянні з класичним методом гідравлічного градієнта. Враховуючи істотний вплив точності визначення коефіцієнтів гідравлічного тертя на похибку статистично-гідравлічного методу, виконано порівняльний аналіз формул для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя. Таким чином, дисертаційною роботою вирішено важливу науково-практичну задачу удосконалення методів локалізації прихованих витоків води в напірних водопровідних мережах за рахунок розробки статистично-гідравлічного підходу, що базується на комплексному врахуванні впливу основних гідравлічних параметрів і статистичних властивостей витоків. Отримані результати дослідження сприятимуть підвищенню ефективності роботи водопровідних мереж та забезпеченню сталого розвитку систем централізованого водопостачання в Україні.

2. In modern conditions of significant deterioration of water supply networks, rising costs of water resources, and increasing energy consumption, the issue of water losses particularly hidden leaks has become critically important for ensuring sustainable water supply. According to global practices, hidden leaks account for 10% to 50% of total losses in water supply systems, depending on the age and technical condition of the pipelines. In Ukraine, the problem of hidden leaks is particularly acute due to the aging of urban infrastructure, limited financial resources for network modernization, and insufficient implementation of modern leak detection technologies. The developed method allows high-accuracy localization of the leak location using a minimal number of pressure and flow measurements, which is confirmed by numerical simulations and field experiments. To theoretically substantiate the statistical-hydraulic method of hidden leak localization, numerical modeling of localization error based on system input parameters was conducted, such as pipeline diameter, excess pressure in the network, leak orifice area, dimensionless leak flow rate, and relative leak location. A key feature of the study is the consideration of the

probability of multiple simultaneous leaks in network sections. The Poisson model of independent events was used to assess this probability. Based on the assumptions of stationarity, ordinariness, and independence of accidents, analytical expressions were obtained to estimate the risk of multiple leaks depending on specific failure rates, pipeline length, and the time required for leak elimination. The development of the statistical-hydraulic leak localization method was based on analyzing the influence of input hydraulic parameters on the leak location and the resulting localization error. In general, the leak point coordinate X is a function of 11 dimensional input parameters: X = F (z□, z□, p□, p□, □, L, D, Δe, Q□, Q□,□).Using Buckingham's π-theorem, the relative coordinate X/L can be represented as a function of eight dimensionless complexes: X/L =f (I, Δe/D, ΔQ/Q, Re□, Re□, Eu, □□/□тр). Theoretical studies were conducted using a numerical simulation model to determine systematic relative errors of the statistical-hydraulic method depending on five main input parameters: dimensionless leak flow rate, pipe diameter, orifice area, excess pressure, and relative leak coordinate. The resulting trend lines can be used to adjust the expected leak location. For each parameter, separate graphs of average error and standard deviation were constructed to enable corrections based on specific site conditions. The proposed statistical-hydraulic leak localization method has several practical advantages. Using statistical processing of measurement point packets, high accuracy in determining the leak coordinate is achieved. This eliminates the need for additional excavations to install sensors along the pipeline. The method was implemented in Microsoft Excel using macros to automate calculations. The method significantly reduces the time needed for leak localization and repair, improving the overall reliability of water supply systems. To enhance the reliability forecasting of water networks, a Poisson-based model for multiple leak risk assessment was developed. An optimization function Fopt was introduced, representing the ratio of relative localization error to the probability of leak detection after the first auxiliary pipeline excavation. This allowed for an analytical justification of the efficiency of the statistical-hydraulic method compared to the traditional hydraulic gradient method. Considering the significant effect of hydraulic friction factor accuracy on localization errors, a comparative analysis of friction factor formulas was performed. Thus, the dissertation addresses a vital scientific and practical problem of improving hidden leak localization methods in pressurized water supply systems through the development of a statistical-hydraulic approach that incorporates key hydraulic parameters and statistical leak characteristics. The findings contribute to enhancing the efficiency of water supply networks and promoting sustainable development of centralized water supply systems in Ukraine.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Раціональне природокористування

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Bodnar T., Makovskyi Y., Zhuk V. Localization of hidden leaks in water supply networks by hydraulic methods. Pollack Periodica. 2024. https://doi.org/10.1556/606.2024.01181. (Scopus, квартиль Q3, Web of Science).
- 2. Zhuk V., Bodnar T. Probability of simultaneous multiple leakages at sections of water networks in the process of localization of hidden water leaks. Theory and Building Practice. 2023, Vol. 5, № 1, P. 72–83. https://doi.org/10.23939/jtbp2023.01.072
- 3. Bodnar T.S., Zhuk V.M. Structure of hidden leakages from pressure water networks 20TH International Scientific-Practical Conference "Resources of natural waters in Carpathian region" Problems of protection and rational exploitation", Львів, Україна. 2022. С. 170-172.
- 4. Боднар Т.С., Тестування похибок локалізації прихованих витоків за удосконаленим гідравлічним методом, XXII Міжнародна науково-практична конференція «Multidisciplinary academic research, innovation and results», 2022, Прага, Чехія, с.717-719 DOI: 10.46299/ISG.2022.1.22

- 5. Боднар Т.С., Жук В.М. Відносні похибки локалізації одиночних прихованих витоків у водопровідних мережах за методом гідравлічного градієнта // XXI Міжнародна науково- практична конференція "Ресурси природних вод Карпатського регіону". Львів, Україна. 2023. С. 77-79.
- 6. Боднар Т.С., Методи та підходи до локалізації прихованих витоків у водопровідних мережах Priority areas of research in the scientific activity of teachers», 2024, Загреб, Хорватія, с. 230–233 DOI 10.46299/ISG.2024.1.8.
- 7. Боднар Т.С., Сучасні системи для виявлення прихованих витоків води. XII Міжнародна науковопрактична конференція «Development of theories and methods of education of past years», 2024, Антверпен, Брюссель.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення стану навколишнього середовища

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жук Володимир Михайлович

2. Volodymyr Zhuk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.23.16

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2275-0799

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ткачук Олександр Андрійович

2. Oleksandr Tkachuk

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.23.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3036-0010

Додаткова інформація: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57215917379; https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=9HssoWwAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національний університет водного господарства та природокористування

Код за ЄДРПОУ: 02071116

Місцезнаходження: вул. Соборна, Рівне, Рівненський р-н., 33028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Паневник Денис Олександрович
2. Denys Panevnyk

Кваліфікація: д.філософ, доцент, 133

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7853-5051

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гнатів Роман Маріянович
2. Roman M. Hnativ

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.02.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4931-7493

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Босак Микола Панасович
2. Mykola Bosak

Кваліфікація: к. т. н., 05.14.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0306-9583

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Чернюк Володимир Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Чернюк Володимир Васильович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Марущак Уляна Дмитрівна
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна