

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Боднара Тараса Сергійовича

«Локалізація прихованих витоків на магістральних водоводах

і зонних водопровідних мережах»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

Структура і обсяг дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації 164 сторінки, включаючи 60 рисунки, 29 таблиць, список використаних джерел із 89 назв на 9 сторінках та 3 додатки на 4 сторінках. У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, визначено мету та завдання роботи. Сформульовано об'єкт і предмет досліджень. Наведено основні положення, котрі лягли в основу наукових досліджень. Показано наукову новизну роботи, визначено практичну цінність результатів досліджень. Представлено особистий внесок здобувача.

Актуальність роботи.

Приховані витoki становлять суттєву частку загальних втрат води в системах водопостачання, а їхня величина безпосередньо залежить від віку та технічного стану трубопроводів. На локалізацію прихованих витоків підприємства, що експлуатують системи водопостачання, витрачають значні обсяги часу та коштів, оскільки в більшості випадків необхідне застосування спеціальних приладів для пошуку. У дисертаційній роботі поставлено та вирішено наукову задачу розробки статистично-гідравлічного методу локалізації прихованих витоків, який би дозволив підвищити точність визначення місця витoku при мінімізації витрат часу та ресурсів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тематика роботи відповідає положенням Закону України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" від 11.07.2001 р. № 2623-III (зі змінами), Закону України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року" від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. Робота виконана у рамках наукового напрямку кафедри гідротехніки та водної інженерії Національного університету "Львівська політехніка" "Гідравліка, інженерна гідрологія, енергоефективне та раціональне водокористування".

Об'єктом досліджень у роботі є потоки води в магістральних водоводах та на лініях зонних водопровідних мереж за наявності витоків та/або несанкціонованих відборів води. **Предмет досліджень** – гідравлічно-базовані

методи виявлення та локалізації прихованих витоків у напірних водопровідних мережах.

Методи досліджень.

У роботі використано комплексний метод наукового дослідження, який включає поєднання теоретичних, чисельних та експериментальних методів гідравлічних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

Розроблено статистично-гідравлічний метод локалізації прихованих витоків води та несанкціонованих відборів з напірних водопровідних мереж, удосконалено метод оцінки ймовірності багатоаварійності на їхніх ділянках, а також отримано функціональні залежності систематичної похибки зазначеного методу від діаметра трубопроводу, площі отвору, безрозмірної величини витoku, відносного розташування витoku та надлишкового тиску як на магістральних, так і на зонних водопровідних лініях.

Публікації. Основні наукові положення, методи і результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 8 наукових публікаціях, у тому числі: 1 стаття у наукових виданнях, що входить до бази Scopus, 1 стаття у науковому виданні України, та 6 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій.

Короткий аналіз змісту дисертації.

Розділ 1. Методи та засоби виявлення прихованих витоків з напірних водопровідних мереж. Розділ містить детальний літературний аналіз наукових джерел за тематикою дисертаційної роботи. Розглянуто місце та значення прихованих витоків у балансах систем водопостачання, відомі методи пошуку та локалізації прихованих витоків з водопровідних мереж, а також опис та аналіз систем, приладів і обладнання для виявлення прихованих витоків, що використовуються у водопровідній інженерній практиці. Проаналізовані теоретичні основи гідравлічних методів локалізації прихованих витоків води. Найпростішим гідравлічним методом локалізації одиночного прихованого витoku на ділянці напірної мережі є метод гідравлічного градієнта. Хоч метод і дає змогу виявити витік на довгих ділянках, проте не дозволяє достатньо точно локалізувати місце витoku без додаткових методів. Решта представлених методів потребує спеціального обладнання та є чутливими до цілого ряду зовнішніх чинників.

Розділ 2. Методика виконання дисертаційних досліджень. Для досягнення поставленої мети та вирішення завдань дисертаційної роботи використано теоретичні і експериментальні методи дослідження, розроблені наукові підходи,

теоретичні моделі, які ґрунтуються на глибокому теоретичному обґрунтуванні. Достовірність презентованих результатів підтверджена результатами чисельних та фізичних експериментів.

Розділ 3. Теоретичне моделювання гідравлічних явищ у водопровідних мережах за наявності прихованих витоків. Комплексно досліджено та проаналізовано теоретичні та технічні аспекти виявлення прихованих витоків у водопровідних мережах з використанням методу гідравлічного градієнта та статистично-гідравлічного методу. Введено до розгляду та проаналізовано оптимізаційну функцію F_{opt} . Встановлено, що основним фактором похибки в методі гідравлічного градієнта є точність вимірювання тиску. Виконано порівняльний аналіз формул для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя. Виконано оцінку ймовірностей багатоаварійності ділянок водопровідних мереж для типових в Україні та Львові значень питомої аварійності.

Розділ 4. Техніко-економічні аспекти впровадження систем локалізації прихованих витоків. Виконано верифікацію розробленого статистично-гідравлічного методу для виявлення прихованих витоків води в натурних умовах, зокрема на магістральних водогонах м. Львів та м. Кам'янець-Подільський Хмельницької обл. Визначено економічного ефекту від впровадження статистично-гідравлічного методу локалізації витоків, що враховує економію водних ресурсів за рахунок скорочення термінів ліквідації аварій, а також відповідну економію електроенергії на привід насосів, зменшення затрат праці на обслуговуючий персонал та витрат на очищення води.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені в навчальний процес на кафедрі гідротехніки та водної інженерії НУ "Львівська політехніка", зокрема в курсах "Експлуатація систем водопостачання та водовідведення" та "Інноваційні технології у гідротехнічному будівництві". Розроблені в дисертації методи локалізації прихованих витоків передано ЛМКП «Львівводоканал» та КП «Міськтепловоденергія» для впровадження при пошуку прихованих витоків на водопровідних мережах м. Львів та м. Кам'янець-Подільський.

Дискусійні положення та зауваження

1. У роботі згадується про важливість точності приладів, однак бракує розгорнутого аналізу впливу саме низькоточного обладнання на результати застосування запропонованого методу.
2. У дисертації представлено лише застосування Excel та стандартних засобів вимірювання, тому є доцільним питання щодо інтеграції запропонованого методу з сучасними SCADA та GIS-системами.

3. Економічна оцінка, представлена у роботі, є загальною, бракує порівняльного аналізу вартості реалізації запропонованого методу з іншими наявними методами.
4. Автором наведено огляд альтернативних методів (акустичні, потокові, тискові системи моніторингу), однак недостатньо здійснено прямий порівняльний аналіз їх переваг та недоліків у контексті конкретних експлуатаційних умов (шумове навантаження, точність визначення витоків малої інтенсивності тощо).
5. У роботі детально розглянуті статичні умови (діаметр, площу отвору), проте недостатньо уваги приділено зміні режимів роботи мереж (коливання тиску, витрат), які є характерними для реальних умов експлуатації.
6. У дисертації метод апробовано на ділянках магістральних та зонних мереж, однак недостатньо розкрито можливі складнощі застосування методу на ділянках із численними розгалуженнями або при наявності частково відкритих відгалужень.

Наведені значення стосуються окремих моментів дисертаційної роботи, однак не зменшують наукову і практичну цінність результатів цієї роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку.

Загальний висновок

Дисертаційна робота **Боднара Тараса Сергійовича** *«Локалізація прихованих витоків на магістральних водоводах і зонних водопровідних мережах»* є самостійним завершеним науковим дослідженням, що присвячене актуальній технічній проблемі підвищення ефективності функціонування систем водопостачання шляхом удосконалення методів виявлення прихованих витоків. За структурою, обсягом і рівнем науково-технічного опрацювання дисертація відповідає вимогам, які пред'являються до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

У роботі сформульовано та розв'язано задачу визначення координати та площі отвору витoku в напірній водопровідній мережі на основі результатів гідравлічного моделювання. Запропоновано метод визначення витoku, що базується на чисельному аналізі зміни тисків та об'ємних витрат у контрольних точках трубопроводу та порівнянні їх з розрахунковими значеннями. Розроблена методика враховує довжину та діаметр ділянки трубопроводу, а також поточні параметри потоку. Оцінку приведених похибок методу локалізації прихованих витоків реалізовано в середовищі MS Excel. Отримано аналітичні та графічні залежності, що дозволяють підвищити точність локалізації за запропонованим

методом. Метод апробовано для реальних витоків на магістральних ділянках водопроводів у м. Львів та м. Кам'янець-Подільський, що продемонструвало ефективність запропонованого підходу.

Дисертація відзначається чіткою структурою, логічною послідовністю викладу, достатнім обґрунтуванням вибраних підходів та адекватною кількістю ілюстративного матеріалу. Виклад ведеться українською літературною мовою з використанням фахової технічної термінології. Представлені результати можуть бути використані в проєктних та експлуатаційних організаціях, що здійснюють обслуговування водопровідних систем.

Дисертація Боднара Тараса Сергійовича на тему «Локалізація прихованих витоків на магістральних водоводах і зонних водопровідних мережах» відповідає вимогам наказу Міністерства освіти та науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій» (із наступними змінами) та постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із наступними змінами), а її автор, Боднар Тарас Сергійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

**Офіційний опонент,
доцент кафедри «Нафтогазових машин та
обладнання» Івано - Франківського
національного технічного
університету нафти і газу, докт. філ.**

 **Денис ПАНЕВНИК**

Підпис(и)	Дениса ПАНЕВНИКА
посвідчую	
Учений секретар ІФНТУНГ	В. ХОМІН
«22»	07
	2025р.

