

РЕЦЕНЗІЯ **на дисертаційну роботу**

Боднара Тараса Сергійовича

«Локалізація прихованих витоків на магістральних водоводах і зонних водопровідних мережах», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія (19 – Архітектура та будівництво)

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків і додатків. Загальний обсяг дисертації - 164 сторінки, включно з 60 рисунками та графіками, списком використаних 89 джерел та трьох додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, визначено мету та завдання роботи, предмет досліджень, практичну цінність результатів дисертації. Наведено перелік наукових результатів, отриманих здобувачем особисто.

Актуальність роботи. Приховані витoki води з водопроводів є однією з проблем в експлуатації систем водопостачання, обсяги втрат води при цьому залежать від терміну експлуатації та технічного стану водопроводів. На локалізацію прихованих витоків води з водопроводу експлуатаційним підприємствам часто необхідно тривалий період, через відсутність в них спеціальних засобів для швидкого пошуку місця витоків води. Відтак є потреба локалізації прихованих витоків на основі ефективних та доступних інструментальних методів, які б підвищили точність визначення місця витoku за короткий період часу.

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 від 21.12.2023 р. № 3534-IX), 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 наукової тематики кафедри гідротехніки та водної інженерії Національного університету "Львівська політехніка".

Об'єктом досліджень є потоки води в магістральних і головних водоводах за наявності витоків або несанкціонованих відборів води.

Предметом дослідження є гідравлічно-базовані методи виявлення прихованих витоків води з водопроводів.

Методи дослідження. У роботі застосовано комплекс теоретичних, чисельних і експериментальних методів дослідження. Використано математичний аналіз, чисельне моделювання, математичну статистику, натурні експериментальні вимірювання параметрів водопровідних мереж із подальшою обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів: удосконалено метод гідравлічного градієнта локалізації прихованих витоків води, де розроблено формулу відносної відстані до точки витоку; розроблено статистично-гідравлічний метод локалізації прихованих витоків води з водопроводів: розроблено аналітичні залежності для оцінки ймовірності багатоаварійності залежно від питомої річної аварійності, довжини ділянки та тривалості локалізаційно-ремонтного процесу водопроводу. Теоретичні положення методу підтверджено результатами чисельного моделювання та натурних експериментів.

Практичне значення одержаних результатів:

Використання, розроблених в дисертації методів, надає експлуатаційним підрозділам водопроводів визначати координати прихованих витоків води з достатньо високою точністю, без потреби проведення масштабних розкопувань водопроводу. Скорочується тривалість ліквідації витоків, зменшуються відповідно втрати води, та споживання електроенергії насосами на подачу води.

Публікації. Основні наукові положення, методи і результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 7 наукових публікаціях, у тому числі: 1 стаття у науковому виданні, що входить до наукометричної бази Scopus (квартиль Q3), 1 стаття у науковому фаховому виданні України, та 5 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій.

Короткий аналіз змісту дисертації.

Розділ 1. Методи та засоби виявлення прихованих витоків з напірних водопровідних мереж (с 25 – с. 64)

Коротко описано про пошук прихованих витоків методом гідравлічного градієнта, акустичний метод, метод кореляції, газовий, георадарний методи, дана характеристика систем, приладів та обладнання для виявлення прихованих витоків.

В п.1.2.4. викладено інформацію що століття тому існувала теорія (чи метод), виявлення місця та величини витоків, через отвори розміром більше 0,1% від площі поперечного перерізу труби, за допомогою ослаблених перехідних хвиль тиску витоків. Згаданий метод описаний недостатньо для розуміння, і чому не наведені такі кількісні характеристики для ваших методів виявлення місця та величини витоків.

Розділ 2. Методика виконання дисертаційних досліджень (с.65 – с.83) складається з: планування експериментів; вибір факторів експерименту; матриці експерименту; опис похибок, класів точності вимірювальних приладів; методики математичної обробки та аналізу результатів.

В плануванні експерименту до матриць не вказано посилання на розрахункову формулу визначення відстані x/l до місця витікання води з водопроводу.

Розділ 3. Теоретичне моделювання гідравлічних явищ у водопровідних мережах за наявності прихованих витоків (с. 84 – с.132).

В розділі 3 представлено: статистично-гідравлічний метод локалізації витоків та метод гідравлічного градієнта; теоретичний аналіз похибок за даними методами; оцінка точності коефіцієнта гідравлічного тертя за різними авторами, пошук і локалізацію прихованих витоків на зонних водопровідних мережах.

Обсяг дослідження впливу коефіцієнта λ гідравлічного тертя на похибки локалізації представлено на 12 сторінках. Суб'єктивно прийнято за еталон формулу Колбрука–Вайта а також формулу Холанда, які не були предметом глибокого дослідження дисертації. Адже для середніх і великих водопроводів λ не залежить від числа Re , також для цього необхідне точне значення $\Delta\epsilon$ для водопроводу, що складно в умовах експлуатації. Наведені графічні залежності з $Re = 0 \dots 100000$, експериментально не підтверджені. Доцільніше було б виконання аналізу похибки ΔL при однакових λ , Re або їх зміні в діапазоні реального витоку ΔQ води згідно формули (3.30 або 3.29) .

Формула (3.1) для визначення відстані L до витоку не враховує всіх факторів, бо напори води в розрахункових точках залежать також від

геодезичних висот водоводу в точках вимірювань. Остаточною для цього є формула (3.15).

Тривалість ремонту $T_{ЛРП}$ водопроводу більше 5 діб (табл. 3.7) не варто аналізувати бо це суб'єктивний фактор

Розділ 4. Техніко-економічні аспекти впровадження статистично-гідравлічного методу локалізації прихованих витоків (с.133 – с.149), в складі якого є: натурна верифікація статистично-гідравлічного методу; методика розрахунку економічного ефекту від впровадження локалізації витоків; економічний ефект від використання статистично-гідравлічного методу локалізації прихованих витоків на водогоні м. Кам'янець-Подільський.

Впровадження результатів дисертаційної роботи. Результати роботи запропоновані і використані в інженерній практиці експлуатації водопроводів та - в навчальному процесі підготовки спеціалістів в НУ "Львівська політехніка», що в Додатках дисертації підтверджено відповідними актами.

Дискусійні запитання та зауваження:

1. Методику визначення місця витoku води з водогону за методом гідравлічного градієнта варто було виділити в окремому пункті розділу дисертації. Не пояснено процес визначення координати витoku води статистично-гідравлічним методом за 1000-точковими пакетами, і про які точки йдеться зокрема на рис.4.2?

2. Замість суб'єктивного дослідження теоретичного коефіцієнта λ гідравлічного тертя - від різних авторів, можна було дати значення λ , або питомого опору S_0 на основі фактичних втрат напору для діючих водопроводів. Відомо, що значення λ , при відповідних величинах Re залишається незмінним, і може бути однаковим до і після місця витoku води з водопроводу.

3. Середня частота утворення нових витоків, після виявленого з водопровідної мережі, - постійна, та не залежить від будь яких часових рамок (п.3.6). Тому зв'язок ймовірнісних показників додаткових витоків можна було аналізувати на протязі найближчих двох чи трьох тижнів, не рахуючи його локалізаційно-ремонтним періодом $T_{ЛРП}$ (табл. 3.7 та рис.3.23)

4. Для вимірювання тиску води найчастіше поширені пружинні манометри. В центральному секторі шкали їх точність найвища. Тому

безпідставне підвищення у 2 рази відносної похибки вимірювання манометрами тиску δp , що для приладу класу точності 0,6 прийнято 1,2% (с.88). Відтак це могло вплинути на достовірність залежності функції оптимізації F_{opt} та відносної похибки локалізації прихованих витоків $\delta L'_{leak}$ від відстані до контрольної точки С (рис. 3.3–3.5).

5. Не вказано, у висновках до відповідного розділу дисертації, межі і умови використання розроблених методів для місцезнаходження витоків води з водопроводів. Є лише часткова непряма інформація в тексті.

6. Необхідність виконання земляних робіт (п. 3.1 с.87), для реалізації методу гідравлічного гідравлічного градієнта, при пошуку витоків води з водопроводу, не варто вважати за проблему розробленого методу. Розкопка необхідна через відсутність контрольних камер по довжині водопроводу, для можливості вимірювань тиску, витрати води, товщини стінок труби та загальної оцінки технічного стану водопроводу. Ця проблема не вирішена на стадії проектів, та будівельних норм.

Загальний висновок

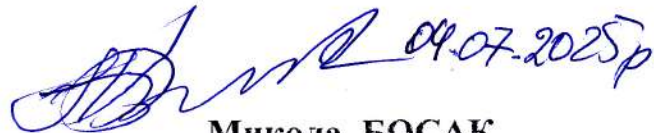
Дисертаційна робота Боднара Тараса Сергійовича «Локалізація прихованих витоків на магістральних водоводах і зонних водопровідних мережах», є цілісною і завершеною науковою працею, яка виконана автором самостійно. За структурою, обсягом і оформленням робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Результати дисертації є поступом в удосконаленні експлуатації водопроводів. Практичні проблеми експлуатації водопроводів досліджені науковими методами. Враховуючи багатофакторність задачі про локалізацію прихованих витоків гідравлічними методами, розроблено алгоритм і програму для автоматизованої локалізації прихованих витоків за допомогою статистично-гідравлічного методу, реалізовану в середовищі Microsoft Excel.

Дисертація містить якісний теоретичний матеріал, з результатами експериментальних а також натурних досліджень. Дисертація написана грамотною українською мовою з використанням сучасної науково-технічної термінології. Графічний матеріал дисертаційної роботи відповідає вимогам чинних стандартів та переконливо доповнює текстову інформацію.

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» (з наступними змінами), а її автор, **Боднар Тарас Сергійович**, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Рецензент, доцент кафедри
"Гідротехніки та водної інженерії"
Національного університету
"Львівська політехніка", к.т.н.

 04.07.2025р
Микола БОСАК

Підпис к.т.н. Босака М.П. засвідчую:
Вчений секретар
Національного університету
"Львівська політехніка"



 **Роман БРИЛИНСЬКИЙ**