

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента 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

Актуальність роботи.

Проблема прихованих витоків води у напірних водопровідних мережах на сьогодні є особливо актуальною, оскільки за статистикою саме ця категорія витоків становить найбільшу частку загальних втрат води. Пошук таких витоків потребує значних матеріальних та часових ресурсів, зокрема через необхідність застосування спеціалізованих засобів та великими затратами людської праці. У межах дисертаційної роботи було поставлено та розв'язано наукове завдання, спрямоване на розробку удосконаленого статистично-гідравлічного методу локалізації прихованих витоків, здатного забезпечити підвищену точність виявлення місць витоків за умови мінімізації витрат ресурсів та часу.

Структура і обсяг дисертації.

Дисертаційна робота має чітку структуру, включаючи вступ, чотири основні розділи, загальні висновки та додатки. Загальний обсяг праці становить 164 сторінки, включаючи 60 рисунків, 29 таблиць, список з 89 використаних джерел, що займає 9 сторінок, а також три додатки на 4 сторінках.

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", а саме "Гідравліка, інженерна гідрологія, енергоефективне та раціональне водокористування".

Об'єкт і предмет дослідження.

Об'єктом дослідження виступають потоки води в магістральних водогонах

за наявності витоків та несанкціонованих відбори води (незаконні приєднання). Предмет дослідження охоплює гідравлічно обґрунтовані методи виявлення та локалізації прихованих витоків у напірних водопровідних мережах.

Методи досліджень.

У роботі застосовано комплексний науковий підхід, що базується на поєднанні теоретичних, чисельних та експериментальних методів гідравлічного аналізу. Така методика дозволила забезпечити достовірність та надійність результатів, отриманих під час виконання дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів.

У процесі дослідження було розроблено новий статистично-гідравлічний метод для локалізації прихованих витоків і несанкціонованих водозаборів у напірних мережах. Крім того, удосконалено методику оцінки ймовірності багатоаварійності на окремих ділянках водопровідних мереж. Отримано функціональні залежності систематичної похибки запропонованого методу від параметрів трубопроводу (діаметра, площі отвору, інтенсивності витoku)

Публікації. Основні наукові положення, методи і результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у семи наукових публікаціях, у тому числі: одна стаття – в науковому виданні, що індексується наукометричною базою Scopus (квартиль Q3), одна стаття – у науковому фаховому виданні України, та 5 матеріалів доповідей на міжнародних наукових конференціях.

Короткий аналіз змісту дисертаційної роботи.

У вступі подано обґрунтування актуальності дисертаційного дослідження, чітко визначено мету і завдання роботи, окреслено об'єкт і предмет досліджень, а також сформульовано основні наукові положення. Показано наукову новизну роботи, визначено практичну цінність результатів досліджень. Представлено особистий внесок здобувача в опублікованих наукових працях.

Розділ 1. Методи та засоби виявлення прихованих витоків з напірних водопровідних мереж. У першому розділі обґрунтовано актуальність проблеми прихованих витоків води з напірних водопровідних мереж, що спричиняють значні втрати у системах водопостачання та потребують дороговартісного й трудомісткого виявлення. Проаналізовано сучасні підходи до зменшення втрат, серед яких особливу увагу приділено впровадженню зонування, стабілізації

тиску та використанню ІТ-рішень для моніторингу. Визначено недоліки існуючих методів, зокрема методу гідравлічного градієнта, що стали підставою для постановки мети дослідження – розробки статистично-гідравлічного методу локалізації витоків і несанкціонованих відборів води. Основні завдання дисертаційного дослідження охоплюють порівняльний аналіз методів, моделювання похибок локалізації, натурну верифікацію та техніко-економічну оцінку запропонованого підходу.

Розділ 2. Методика виконання дисертаційних досліджень.

У другому розділі дисертації представлено результати планування та проведення чисельного та натурального експериментів для оцінювання точності локалізації прихованих витоків із використанням статистично-гідравлічного методу. Визначено функціональні залежності приведеної похибки методу та її стандартного відхилення від п'яти ключових вхідних параметрів. Розроблено алгоритм автоматизованої локалізації витоків, реалізований у середовищі Microsoft Excel.

Розділ 3. Теоретичне моделювання гідравлічних явищ у водопровідних мережах за наявності прихованих витоків. У третьому розділі дисертації проведено аналіз ефективності методів локалізації прихованих витоків, а саме методу гідравлічного градієнта та статистично-гідравлічного методу, з детальним дослідженням приведеної похибки локалізації та умов застосування. Запропоновано оптимізаційну функцію, яка враховує точність та ймовірність виявлення витoku, встановлено критичну роль точності вимірювання тиску. Визначено, що при практичному використанні статистично-гідравлічного методу для моделювання коефіцієнта гідравлічного тертя найдоцільнішою є формула Холанда. Застосовано π -теорему Бекінгема для безрозмірного опису задачі та отримано лінії тренду приведених похибок локалізації витоків та їхніх стандартних відхилень, що можуть бути використані для уточнення координати витoku. Крім того, розроблено підхід до оцінки ймовірності багатоаварійності на основі моделі Пуассона, що дозволило визначити гранично допустимі строки виявлення й усунення витоків задля мінімізації ризику багато аварійності на ділянці.

Розділ 4. Техніко-економічні аспекти впровадження систем локалізації прихованих витоків. У четвертому розділі представлено результати натурної

верифікації статистично-гідравлічного методу на магістральних водогонах міст Львів і Кам'янець-Подільський. Підтверджено високу точність методу та вказано, що приведена похибка локалізації витоків, за результатами моделювання рядів даних з 10 тис. точок, не перевищувала 2,0%. Розроблено математичну модель оцінки економічного ефекту від впровадження методу, яка враховує скорочення втрат води, зменшення енергоспоживання насосів, витрат на очистку води та навантаження на персонал. На прикладі Кам'янця-Подільського середній економічний ефект становить близько 48,3 тис. грн на один витік, що дозволяє заощадити понад 4,8 млн грн щороку.

Результати дослідження впроваджено в навчальний процес на кафедрі гідротехніки та водної інженерії Національного університету "Львівська політехніка", зокрема в межах дисциплін "Експлуатація систем водопостачання та водовідведення" та "Інноваційні технології у гідротехнічному будівництві". Розроблений метод передано для практичного застосування ЛМКП "Львівводоканал" та КП "Міськтепловоденергія" (м. Кам'янець-Подільський) з метою пошуку прихованих витоків у водопровідних мережах цих міст.

Дискусійні положення та зауваження

1. Математична модель статистично-гідравлічного методу локалізації витоків, представлена в підрозділі 3.2, на стор.94–96, буде дійсною лише за умови однорідного розподілу місцевих опорів по довжині ділянки.

2. Відносна координата точки витoku X/L , як вказано в розділах 2 і 3, впливає на приведену похибку його локалізації. Але основною задачею методу саме і є визначення координати витoku X . З опису методу не зрозуміло, як вирішуватиметься ця взаємозалежність.

3. Важливим вхідним параметром є еквівалентна шорсткість труб. Доцільно уточнити, як саме в інженерній практиці можна забезпечити точність визначення еквівалентної шорсткості?

4. Враховуючи необхідність в достатньо тривалих часових рядах даних по витратах і тисках, умова сталості відносного витoku протягом всього часу локалізації виглядає недостатньо обґрунтованою. Протягом 1–2 годин на ділянці реального водопроводу змінюється як транзитна витрата, так і значення тиску на ділянці.

5. У підрозділі 3.6 при аналізі проблеми наявності двох і більше прихованих витоків на ділянці автор робить припущення, що "послідовність витоків з водопровідної мережі задовольняє умовам стаціонарності, відсутності наслідків та ординарності". Варто було б дослідити правомірність гіпотези щодо стаціонарності, оскільки з роками кількість аварійних витоків на ділянках як правило систематично зростає.

6. За практичного використання запропонованого методу є необхідність у якнайшвидшому виявленні місця витoku, що зумовлює оперування більш короткими часовими рядами даних. Чи оцінювалася додаткова похибка локалізації, зумовлена використанням таких скорочених рядів?

7. Розрахунок загальної річної економії КП "Міськтепловоденергія" (м. Кам'янець-Подільський), наведений на с.147, виглядає надто спрощеним, оскільки не можна вважати показники дослідженої аварії на досить великому водогоні середніми показниками для всіх аварійних витоків у міській водопровідній мережі.

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. Дисертаційна робота є внеском у розвиток наукових методів трубопровідної гідравліки, зосереджених на виявленні та локалізації прихованих витоків води з водопровідних мереж. У ній поєднано ґрунтовний теоретичний аналіз із результатами натурних (польових) експериментальних досліджень. За змістом, структурою, обсягом і оформленням дисертація відповідає встановленим вимогам до наукових робіт на здобуття ступеня доктора філософії. Робота написана грамотною українською мовою з використанням сучасної наукової та технічної термінології. Графічний матеріал є якісним, інформативним і повністю відповідає вимогам до оформлення дисертаційних робіт.

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.

Рецензент, професор кафедри

«Гідротехніки та водної інженерії»

Національного університету

«Львівська політехніка», д.т.н., проф.



Роман ГНАТІВ

Підпис д.т.н. проф. кафедри ГВІ Гнатива Р.М. засвідчую:

