

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Бігун Ірини Володимирівни**
"Гідравлічні методи регулювання роздачі рідини
з напірних розподільних трубопроводів",
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 19 "Архітектура та будівництво"
за спеціальністю 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

Актуальність теми дисертації

Розроблення ефективних засобів управління напірними потоками рідин зі змінною по шляху витратою, є важливим напрямком розвитку технологій у водопостачанні та водовідведенні, водному транспорті, машинобудуванні, авіації, іригації та інших галузях. Напірні розподільні трубопроводи з дискретною роздачею рідини по довжині є найбільш поширеним типом трубопроводів зі змінною по шляху витратою. Незважаючи на широке застосування потоків зі змінною по довжині витратою, в методах їх гідравлічного розрахунку застосовують цілий ряд припущень, що зумовлює в багатьох практично важливих випадках істотні похибки моделювання.

На вирішення окреслених вище питань скерована дисертаційна робота Бігун І.В. Виходячи з вищесказаного, вважаю що тема дисертаційної роботи є актуальною з точки зору удосконалення методів гідравлічного розрахунку напірних розподільних трубопроводів та експериментальної верифікації цих методів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Бігун І.В. виконана на кафедрах "Теплогазопостачання і вентиляція" та "Гідротехніка і водна інженерія" Національного університету "Львівська політехніка" у рамках наукового напрямку кафедр (кафедральна тематика № 0118U007051 "Зменшення нерівномірності шляхової роздачі рідини з напірних розподільних трубопроводів").

Мета і завдання дослідження сформульовані з врахуванням стану наукових досліджень у галузі напірної гідравліки потоків змінної витрати, що дозволило обґрунтувати наявну наукову проблему, а саме необхідність удосконалення методів гідравлічного розрахунку напірних розподільних трубопроводів з дискретною роздачею рідини по шляху.

Поставлено наступні **завдання дослідження**: проаналізувати й експериментально перевірити відомі теоретичні методи розрахунку напірних розподільних трубопроводів; експериментально встановити значення коефіцієнта витрати вихідних циліндричних насадок з бічним, ортогональним до поздовжньої осі насадки, входом струменя, встановлених у напірному розподільному трубопроводі; дослідити закономірності шляхової роздачі рідини з напірних розподільних трубопроводів, залежно від значень кута відгалуження струменів від потоку у розподільному трубопроводі, відношення площ поперечного перерізу насадки і розподільного трубопроводу, критерію Рейнольдса; теоретично обґрунтувати можливі методи зменшення нерівномірності шляхової роздачі рідини з напірних розподільних трубопроводів; надання рекомендацій для удосконалення методу гідравлічного розрахунку напірних розподільних трубопроводів, який урахує кут відгалуження струменів.

Дисертантом обрано як **об'єкт дослідження**, витікання рідини крізь вихідні циліндричні насадки напірних розподільних трубопроводів з бічним входом струменя в насадки.

Методи дослідження

Поставлені завдання Бігун І.В. вирішила із застосуванням методів фізичного та математичного моделювання витікання рідини крізь вихідні циліндричні насадки з бічним входом струменя та шляхової роздачі рідини з напірних розподільних трубопроводів. Теоретичні дослідження виконано із застосуванням методів математичного аналізу, експериментальні дослідження базувалися на положеннях теорії гідродинамічної подібності та застосуванні сучасних технологій проведення лабораторних гідравлічних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів

У дисертаційній роботі вирішено ряд прикладних наукових завдань у галузі гідравліки напірних потоків рідини та газу. Найбільш значимі елементи наукової новизни отриманих автором результатів:

- вперше отримано залежності коефіцієнта витрати вихідних циліндричних насадок з бічним, ортогональним до їхньої поздовжньої осі, входом струменя від кута відведення струменя від основного потоку в розподільному трубопроводі, ступеня стиснення струменя на вході в насадку та від критерію Рейнольдса;
- удосконалено метод гідравлічного розрахунку розподільних трубопроводів з врахуванням як геометричних характеристик розподільного трубопроводу, так і гідродинамічних параметрів внутрішнього та зовнішнього потоків рідини.

Практичне значення отриманих результатів

Найбільше практичне значення мають такі результати дисертаційного дослідження:

- експериментально показано можливість регулювання роздачі води з напірного розподільного трубопроводу змінюванням кута відведення струменів;
- отримано значення коефіцієнта витрати вихідних циліндричних насадок з бічним, ортогональним до їх поздовжньої осі, входом струменя залежно від трьох вхідних параметрів: кута відведення струменя; ступеня стиснення струменя в насадці; критерію Рейнольдса;
- винайдено спосіб регулювання притоку рідини в напірний трубопровід-збирач, що забезпечує збирання рідини по усій довжині трубопроводу-збирача.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, можуть бути використані у навчальному процесі кафедри "Гідротехніки та водної інженерії" Національного університету "Львівська політехніка", зокрема при викладанні дисциплін "Гідравліка та протипожежне водопостачання" та "Засоби керування напірними потоками". Практичні результати дисертаційної роботи Бігун І.В. передані Басейновому управлінню водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну для

впровадження у виробництво, що підтверджує акт №1 про використання результатів дисертаційної роботи від 15.06.2022 р.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів.

Обґрунтованість та достовірність результатів дисертаційних досліджень базуються на використанні загальноновизнаних та добре апробованих методів гідравлічного розрахунку течій в напірних трубопроводах, а також у використанні сучасних методик та обладнання для експериментального дослідження потоків рідин.

Особистий внесок здобувача

Результати дисертаційної роботи отримано здобувачем особисто або за безпосередньої участі. Бігун І.В. виконала аналіз сучасних методів гідравлічного розрахунку напірних розподільних трубопроводів, запроектувала та змонтувала експериментальний стенд, виконала експериментальне дослідження, провела математичну обробку та аналіз експериментальних результатів, описала винахід "Спосіб регулювання притоку рідини в напірний трубопровід-збирач і пристрій для його реалізації".

Апробація результатів дисертації

Матеріали дисертаційної роботи Бігун І.В. пройшли апробацію на міжнародних наукових конференціях: X міжнародній науково-практичній конференції "Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам в регіоні" (Львів, 2019); 18 та 19 міжнародній науково-практичній конференції "Ресурси природних вод Карпатського регіону / Проблеми охорони та раціонального використання" (Львів, 2019, 2020); XVII міжнародній науковій конференції "Current Issues of Civil and Environmental Engineering: Lviv-Košice-Rzeszów" (Львів, 2019); 3 і 4 міжнародній науково-практичній конференції "Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг" (Львів, 2019); 2nd Polish IWA Young Water Professionals Conference "Emerging Technologies in Water and Wastewater Sector" (Warsaw, 2020); II міжнародній науковій конференції "Ecocomfort and Current Issues of Civil Engineering" (Львів, 2020).

Мова і стиль роботи

Дисертаційна робота написана грамотно, з використанням сучасних наукових і технічних термінів. Рисунки, графіки та формули оформлені відповідно до чинних стандартів, є чіткими та зрозумілими; для кращого сприйняття складних графічних залежностей вдало використано технічні засоби, зокрема, виноски та надписи. Стиль викладення роботи відповідає вимогам до наукових праць; істотних зауважень щодо орфографічних, синтаксичних чи друкарських помилок немає. У цілому оформлення роботи відповідає вимогам до дисертаційних робіт.

Публікації

За тематикою дисертаційної роботи загалом опубліковано 17 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових виданнях, які індексуються в Scopus, 3 статті – у наукових фахових виданнях України, зокрема 1 – в одноосібному авторстві; 1 розділ колективної монографії, виданої за кордоном; 7 публікацій у матеріалах міжнародних наукових конференцій; подано 1 заявку на отримання патенту на винахід.

Структура та обсяг дисертації

Дисертаційна робота викладена на 153 сторінках, складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Робота містить 6 таблиць та 63 рисунки. Список використаних джерел складається зі 101 найменування, з них 64 кирилицею та 37 латиницею.

Аналіз основного змісту роботи

Вступ містить усі обов'язкові елементи: обґрунтування актуальності теми дисертаційного дослідження, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, формулювання мети та завдань наукових досліджень, визначення об'єкту та предмету досліджень, опис використаних методів дослідження, формулювання наукової новизни та практичного значення одержаних результатів; детально описано особистий внесок здобувача, подано інформацію про апробацію результатів роботи, наявні публікації, структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі "Проблема зменшення нерівномірності роздачі рідини з напірних розподільних трубопроводів (РТ)" виконано аналіз відомих методів гідравлічного розрахунку розподільних трубопроводів, виявлено їх основні недоліки та проблемні питання при практичній реалізації цих методів.

У другому розділі "Теоретичне обґрунтування методів зменшення нерівномірності шляхової роздачі рідини з напірних РТ" поставлено задачі теоретичного дослідження, проаналізовано загальні розв'язки, отримані проф. В. Чернюком, розглянуто вплив на роздачу рідини з напірних розподільних трубопроводів кінематичних характеристик основного потоку і струменів, геометричних параметрів розподільного трубопроводу, кута нахилу трубопроводу до горизонту та кутів відгалуження струменів від основного потоку.

У третьому розділі "Постановка експерименту" обґрунтовано геометричні параметри та гідродинамічні характеристики лабораторного напірного розподільного трубопроводу, виконано планування експериментів, представлена методика виконання експериментальних досліджень та математичної обробки результатів, оцінка похибок експерименту.

У четвертому розділі "Експериментальні дослідження шляхової нерівномірності роздачі рідини з напірного РТ" представлено результати експериментальних досліджень коефіцієнта витрати вихідних циліндричних насадок з бічним входом струменя та нерівномірність шляхової роздачі рідини з напірного розподільного трубопроводу залежно від впливу різних факторів.

У п'ятому розділі "Ефективність результатів досліджень" описано розроблений спосіб керування напірним потоком рідини зі змінною витратою, виконано оцінку ефективності перспективного впровадження результатів досліджень, представлено впровадження результатів роботи та перспективи подальших досліджень за напрямком.

Висновки по роботі – чіткі та логічно впливають з наукових результатів, отриманих автором.

Разом з тим, до дисертаційної роботи є деякі незначні зауваження.

1. У описі апробації результатів дисертаційної роботи на с. 26 двічі вказано одну і ту ж конференцію (3-я міжнародна науково-практична конференція "Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг", Львів, 2019): один раз англійською мовою, другий – українською.

2. Експериментальні значення коефіцієнта витрати внутрішніх циліндричних насадків з бічним входом струменя, наведені в п. 4.1, відповідають умовам витікання для крайньої, кінцевої за напрямком течії, насадки розподільного трубопроводу (п.3.3). У роботі не обґрунтовано, чи можна поширювати отримані експериментальні результати для проміжних за течією насадків, і які можливі похибки в результаті такого застосування.

3. Відхилення експериментальних значень коефіцієнта витрати від ліній тренду, наведених на рис. 4.1–4.5, значно перевищують обґрунтовану в п. 3.7 максимальну відносну похибку визначення коефіцієнта витрати 0,71%.

4. Для більшості експериментальних кривих, наведених на рис. 4.1–4.4, відсутня тенденція до автоматичності коефіцієнта витрати за числом Рейнольдса навіть при $Re > 50000$. Зростання експериментальних коефіцієнтів витрати на рис. 4.1–4.4 при зменшенні числа Рейнольдса нижче за $Re = 3000$ суперечить усталеним уявленням та не пояснене в роботі.

5. Не пояснено наявність двох локальних максимумів та одного мінімуму на графіках залежності експериментального коефіцієнта витрати насадків від співвідношення площ перерізу насадка і розподільного трубопроводу $(d/D)^2$, наведених на рис. 4.7, 4.10.

6. За геометричної подібності досліджених насадок потрібно було б очікувати збільшення коефіцієнта витрати насадки зі збільшенням співвідношення $(d/D)^2$, проте з рис. 4.9 випливає, що максимальні значення коефіцієнта витрати μ отримані для співвідношення $(d/D)^2 = 0,119$, а мінімальні значення μ – для максимального із досліджених співвідношень $(d/D)^2 = 0,251$.

7. У роботі не наведено функціональних залежностей коефіцієнта витрати насадок від досліджених вхідних параметрів (Re , $(d/D)^2$, кут β). Не зрозуміло, як без відповідних залежностей можна регулювати роздачу рідини з трубопроводу.

Вказані вище зауваження не знижують загальний рівень дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота Бігун Ірини Володимирівни "Гідравлічні методи регулювання роздачі рідини з напірних розподільних трубопроводів" є актуальною і завершеною науковою працею, містить наукову новизну та практичне значення. Дисертаційна робота підтверджує уміння Бігун І.В. формулювати і самостійно вирішувати науково-технічні завдання, пов'язані з теоретичним і експериментальним дослідженням потоків змінної витрати.

Основні положення і результати роботи опубліковані у фахових виданнях, включених до переліку МОН України, у статтях, опублікованих у періодичних наукових виданнях, що індексуються наукометричними базами даних, зокрема Scopus. Дисертаційна робота оформлена згідно з вимогами Наказу МОН України від 12.01.2017 р. №40 "Про затвердження вимог до оформлення дисертації", "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії" (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. №44), а дисертантка, Бігун Ірина Володимирівна, заслуговує присвоєння наукового ступеня *доктора філософії* з галузі знань 19 "Архітектура та будівництво" за спеціальністю 192 "Будівництво та цивільна інженерія".

Рецензент,

доцент кафедри "Гідротехніки та водної інженерії"

Національного університету "Львівська політехніка",

канд. техн. наук, доцент

Жук В.М.

Підпис доцента кафедри ГВІ Жука В.М.

"ЗАСВІДЧУЮ"

Вчений секретар Національного університету

"Львівська політехніка"

" 23 " 08 2022 р.



Брилинський Р.Б.