

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Фасуляка Вадима Євгенійовича**

**“Гідравлічні розрахунки напірних трубопроводів-збирачів з дискретним входом рідини”,**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

### **Актуальність теми дисертації**

Трубопроводи-збирачі (ТЗ), в яких реалізуються напірні потоки зі шляховим приєднанням рідини, широко застосовуються на практиці. Серед них: теплопостачання (сонячні колектори); вентиляція (витяжні системи) водопостачання (трубчасті водозабірні оголовки, водопровідні очисні споруди); водовідведення (водовідвідні мережі, каналізаційні очисні споруди); меліорація (осушні системи); водопониження (будівельні майданчики, забудовані підтоплені території) та ін. Незважаючи на повсюдне застосування, потоки зі змінною шляховою витратою недостатньо вивчені. У відомих методиках розрахунку шляхового притоку рідини у трубовід-збирач застосовують низку допущень, наприклад: гідравлічний коефіцієнт тертя та шляховий притік беруть постійним вздовж ТЗ, а кут приєднання струменів приймають прямим тощо. Насправді вказані параметри змінні. Неповне врахування геометричних параметрів ТЗ і кінематичних характеристик потоку рідини в ньому, призводить до певних помилок при розрахунку ТЗ. Отож виникла необхідність розробити метод розрахунку, що базується на розв'язанні диференціального рівняння руху рідини змінної витрати, з урахуванням усіх геометричних параметрів ТЗ і гідродинамічних характеристик потоку рідин в ТЗ, і струменів, які приєднуються до ТЗ. Поставлена задача, враховуючи широке застосування напірних трубопроводів-збирачів, має важливе значення для України і є актуальним напрямком наукових досліджень.

Важливим аспектом рецензованої роботи є теоретичні дослідження гідравлічних характеристик ТЗ.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконана згідно 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 наукового напрямку кафедри гідротехніки та водної інженерії Національного університету

“Львівська політехніка”: “Гідравліка, інженерна гідрологія, енергоефективне та раціональне водокористування”. Дослідження провадилися на замовлення Міністерства освіти і науки України в складі науково-дослідної роботи: “Зменшення нерівномірності шляхової витрати напірних потоків в перфорованих трубопроводах”, державний реєстраційний номер якої 0116U006721.

### **Короткий аналіз основного змісту роботи**

Дисертація Фасуляка В. Є. містить анотацію, вступ, п'ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел, додатки. Загальний обсяг дисертації складає 120 сторінок, до числа яких входить список використаних джерел із 101 назви на 14 сторінках та 3 додатки на 5 сторінках

**Вступ** включає 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; опис особистого внеску здобувача, інформацію про апробацію результатів роботи, наявні публікації, структуру та обсяг дисертації.

**У першому розділі** представлено галузі застосування напірних трубопроводів-збирачів. Подано систематичний огляд наукових праць. Проведено аналіз основних методів розрахунку ТЗ. Показано проблеми гідравлічного розрахунку напірних потоків зі змінною шляховою витратою, які спричинюються спрощенням розв'язання диференціального рівняння, що описує ці потоки. Зокрема у відомих математичних моделях не враховується змінність по довжині ТЗ коефіцієнта Дарсі. За результатами проведеного аналітичного огляду визначено мету та задачі досліджень.

**У другому розділі** наведено результати теоретичних досліджень напірного руху рідини зі шляховим приєднанням маси. Отримано диференціальне рівняння руху рідини зі змінною витратою (ДРРРЗВ). Отримано математичні залежності для диференціалу втрат напору для ламінарного та трьох ділянок турбулентного режимів течії рідини в ТЗ з урахуванням змінного значення гідравлічного коефіцієнта тертя. ДРРРЗВ розв'язано для ламінарних потоків. Подано методику гідравлічного розрахунку напірних ТЗ.

**У третьому розділі** Обґрунтовано геометричні параметри та гідродинамічні характеристики ТЗ, вибраних для експериментального дослідження. Зроблено планування експериментів. Описано лабораторний

стенд, застосований для дослідження притоку води до напірних ТЗ. Відтворено методику проведення дослідів. Представлено математичну обробку результатів експерименту. Оцінено точність проведених лабораторних вимірів й отриманих дослідних результатів.

**У четвертому розділі** представлено результати експериментальної перевірки запропонованого методу гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів. Результати експериментальних досліджень відображено на 13 графічних залежностях. Результати розрахунків ТЗ за запропонованими формулами збігаються з даними експериментів.

**У п'ятому розділі** оцінено ефективність результатів досліджень. Описано винайдений “Спосіб регулювання притоку рідини в напірний трубовід-збирач і пристрій для його реалізації”, призначений для усунення роздачі рідини з напірного ТЗ за наявності транзитної витрати рідини на вході в ТЗ. Показано, що за наявності транзитного потоку рідини на вході у трубовід-збирач початкова його ділянка працює у режимі розподільного трубопроводу, тобто роздає, а не збирає рідину. Причиною роздачі рідини є те, що на початковому відрізку ТЗ тиск усередині більший, ніж той, який створює рідина, що оточує ТЗ зовні. Відобразлено технічні, економічні, соціальні й екологічні переваги заходів з проектування ТЗ, запропонованих у дисертаційній роботі.

Показано зв'язок дисертаційних досліджень з науковими програмами та кафедральною тематикою наукових робіт. Представлено результати впровадження результатів дисертаційного дослідження у навчальний процес Львівської політехніки та у виробництво.

Сформовано мету подальших наукових досліджень.

### **Обґрунтованість та достовірність результатів досліджень**

Обґрунтованість та достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю математичної постановки задачі, використанням апробованих методів гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів, а також у використанні сучасних методик та обладнання для експериментального дослідження напірних потоків рідин. При обробці експериментальних даних застосовано відомі статистичні методи.

Обґрунтованість висновків і рекомендацій забезпечується тим, що вони безпосередньо впливають із отриманих теоретичних та експериментальних результатів дисертаційної роботи. Вони ґрунтуються на порівняльному аналізі досліджуваних явищ та узгодженням отриманих результатів з роботами інших авторів.

### **Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих працях**

Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 12 наукових публікаціях, у тому числі: 2 статті у наукових виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus, 2 статті у наукових фахових виданнях України, 7 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій. Отримано 1 патент України на винахід.

Апробація результатів дисертаційного дослідження підтверджується виступами на 7 міжнародних наукових конференціях. Особистий внесок здобувача у публікаціях, надрукованих у співавторстві, докладно розкрито у вступній частині дисертації (с. 22).

### **Наукова новизна одержаних результатів**

У дисертаційній роботі вирішено важливе науково-практичне завдання удосконалення наявних методів гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів з врахуванням змінних значень гідравлічного коефіцієнта тертя уздовж ТЗ і гідравлічних режимів його роботи. Найзначніші елементи наукової новизни отриманих автором результатів:

- проведено критичний аналіз відомих методів гідравлічного розрахунку напірних ТЗ зі шляховим приєднанням маси та визначено основні проблеми при їх реалізації;
- виведено формули для обчислення втрат напору на тертя по відрізках ТЗ для ламінарного та трьох ділянок турбулентного режиму течії рідини за змінного значення коефіцієнта гідравлічного тертя.
- розроблено математичну модель розрахунку напірних трубопроводів-збирачів за ламінарного режиму руху рідини в них;
- отримано математичну залежність для обчислення повного робочого напору рідини у напірному трубопроводі-збирачі;
- виведено рівняння для обчислення витрати рідини у напірному ТЗ.

### **Практичне значення одержаних результатів**

Практичне значення мають такі результати дисертаційного дослідження:

- удосконалено методику гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів з урахуванням змінного значення гідравлічного коефіцієнта тертя по довжині ТЗ;
- винайдено “Спосіб регулювання притоку рідини в напірний трубопровід-збирач і пристрій для його реалізації”, згідно з яким, за наявності транзитного потоку на вході у ТЗ, усувається роздача рідини на початковому його відрізку та забезпечується збирання рідини по усій довжині ТЗ (патент України № 128075);

– результати досліджень впроваджено у ТОВ “ТЕО ІНЖИНІРИНГ” для проектування дренажних трубопроводів систем дощових садів.

Основні результати дисертаційного дослідження впроваджені також в навчальний процес на кафедрі гідротехніки та водної інженерії Національного університету “Львівська політехніка”, для студентів спеціальності 194 “Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології”, а саме в лекційних та практичних заняттях з дисципліни “Будівельне водопониження та дренаж”.

### **Дискусійні положення та зауваження**

1. У підписі до рис. 1.16 відсутня загальна назва рисунка, а лише подано назви його складових, тобто назви рис. *a* та рис. *б*, а.

2. У формулах (2.31) і (2.32) та на рис. 2.3, рис. 2.4 і рис. 2.6 глибину занурення вхідного перерізу розрахункового відрізка ТЗ під рівень зовнішнього потоку рідини позначено символом  $T_{(o)}$ , а в умовних позначеннях цю глибину представлено символом  $Z_{(o)}$ .

3. У назві підрозділу 2.6 потрібно акцентувати увагу на те, що розглядаються напірні ТЗ, а не ТЗ взагалі.

4. Планування експериментів методом латинських квадратів (табл.3.1) є досконалим для вивчення простих процесів. Однак цей метод мало потужний для дослідження складних гідродинамічних процесів у напірних ТЗ.

5. Експериментальні залежності, зображені на рис. 4.2 – рис. 4.6, рис. 4.11 і рис. 4.12 доцільно було інтерпретувати кривими і подати їх математичний опис.

6. Не подано докладного пояснення результатів експериментів, представлених на рис. 4.2 – рис. 4.12.

7. У пункті 6 загальних висновків написано: “Спосіб регулювання припливу рідини...”, що неповністю збігається назвою винаходу за отриманим патентом України № 128075: “Спосіб регулювання притоку рідини ...”.

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

### **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Фасуляка Вадима Євгенійовича “Гідравлічні розрахунки напірних трубопроводів-збирачів з дискретним входом рідини” є цілісною і завершеною науковою працею. Дисертація написана грамотно, з використанням сучасних наукових і технічних термінів. Її оформлення

відповідає вимогам до дисертаційних робіт. Рисунки, графіки та формули оформлені відповідно до чинних стандартів, є чіткими та зрозумілими.

Важливо підкреслити, що дисертаційна робота Фасуляка Вадима Євгенійовича виконана в рамках досягнень наукової школи НУ «Львівська політехніка», пов'язаної з вивченням роботи трубопроводів-збирачів. У роботі отримано нові наукові результати. Праця загалом сприяє вирішенню важливої науково-практичної задачі: удосконалення наявних методів гідравлічного розрахунку напірних трубопроводів-збирачів з врахуванням змінних гідравлічних режимів течії рідини в них.

Дисертаційна робота Фасуляка Вадима Євгенійовича “Гідравлічні розрахунки напірних трубопроводів-збирачів з дискретним входом рідини” відповідає вимогам наказу Міністерства освіти та науки України № 40 від 12.01.2017 р. “Про затвердження Вимог до оформлення дисертацій” (із наступними змінами), а також 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). Її автор, Фасуляк Вадим Євгенійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент –  
завідувач кафедри гідроенергетики,  
теплоенергетики та гідравлічних машин  
Національного університету водного  
господарства та природокористування,  
доктор технічних наук, професор

О. А. Рябенко

09.07.2024р.



О. Р. У. М.