

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Кравчука Олександра Андрійовича**

**"Фільтрування рідини зі змінною швидкістю руху потоку",**

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за

спеціальністю 05.23.04 - Водопостачання, каналізація

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку літературних джерел зі 158 найменувань і додатків. Загальний обсяг роботи -187 сторінок, 46 рисунків, 1 таблиця.

### **Актуальність теми дисертаційної роботи**

Погіршення якісних показників води природних джерел, підвищення вимог до якості води, що очищається, вимагає інтенсифікації роботи очисних споруд, збільшення їх продуктивності і розробки надійних методик розрахунку.

В Україні, як і за кордоном, більшість швидких фільтрів, які застосовуються у схемах очистки води для господарсько-побутових та промислових потреб, працюють зі швидкістю, яка істотно змінюється з часом. Проте, до даного часу не запропоновано достатньо обґрунтованих і точних математичних моделей, які б описували даний процес. Це в першу чергу пов'язано із складністю вихідних математичних залежностей і аналітичних методів для їх розв'язку. Як відомо, робота швидких фільтрів в режимі змінної швидкості фільтрування має ряд суттєвих особливостей в порівнянні з режимом постійної швидкості. В багатьох випадках їх визначення можливе тільки на основі використання експериментального матеріалу, якого на даний час недостатньо. Тому проведення додаткових експериментальних і теоретичних досліджень в даному напрямку, визначення відповідних характеристик досліджуваних споруд і розробка надійної теоретично обґрунтованої методики їх розрахунку є безумовно

актуальним і своєчасним завданням. Позитивне вирішення цього питання ще на стадії проектування дозволить забезпечити стабільну і ефективну роботу фільтрувальних очисних споруд.

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

Роботу виконано згідно державної програми "Про концепцію розвитку водного господарства України", вона безпосередньо пов'язана з планами держбюджетної тематики Київського національного університету будівництва і архітектури, які виконувались на замовлення Міністерства освіти і науки України (державний реєстраційний номер №0199и000598, №0199и000661).

### **Наукова новизна отриманих результатів**

- удосконалено фізичну модель процесу вилучення забруднень на швидких фільтрах з зернистою засипкою, яка враховує вплив змінної з часом швидкості фільтрування;
- обґрунтовано та побудовано математичну модель прояснення суспензії фільтруванням для даного випадку, яка дозволяє оцінити вплив різних факторів і вихідних характеристик на процес очистки;
- на підставі реалізації запропонованої математичної моделі розроблено аналітичні методи розрахунку основних конструктивних і технологічних параметрів швидких фільтрів із зернистим завантаженням;
- з використанням дослідних даних і спеціальних методик їх обробки визначено основні параметри і коефіцієнти, необхідні для розрахунку даних споруд.

### **Практичне значення одержаних результатів**

Розроблено інженерну методику розрахунку швидких фільтрів, які працюють зі змінною з часом швидкістю та запропоновано рекомендації щодо визначення інтенсивності видалення забруднень очисною спорудою,

часу фільтроциклу та товщини фільтруючого шару зернистого завантаження, що дозволило підвищити ефективність роботи фільтрів, а також збалансувати і регламентувати їх роботу.

Запропоновано конструкцію системи трубопроводів для подачі і розподілу води в даній фільтрувальній споруді.

Результати дисертаційної роботи впроваджені при проектуванні швидких фільтрів для очистки води в робочі проекти ТОВ "ЮнібудЕнерго сервіс" м. Київ, а також в проекти ТОВ "ПОБІ Вотер Інжиніринг" м. Київ.

### **Обґрунтованість і достовірність результатів досліджень**

Розроблені наукові положення та висновки дисертаційної роботи щодо визначення основних технологічних і конструктивних параметрів роботи швидких фільтрів з зернистою засипкою, що працюють зі швидкістю, яка істотно змінюється з часом, ґрунтуються на аналізі значної кількості проведених теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних за допомогою сучасних вимірювальних приладів та обладнання, а також обчислювальної техніки та програмного забезпечення. Достатній ступінь достовірності та обґрунтованість наукових результатів забезпечується використанням математичних методів планування експерименту, моделювання процесів прояснення води на швидких фільтрах та визначення параметрів роботи даних споруд.

### **Аналіз основного змісту дисертаційної роботи**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, відображено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, відмічається особистий внесок автора роботи.

**У першому розділі** виконано аналітичний огляд стану проблем моделювання процесів фільтрування через зернисте завантаження. Висвітлено основні математичні моделі, які описують

даний процес.

Проаналізовано диференційні рівняння, які описують динаміку процесу видалення забруднень зернистим матеріалом та рух рідини у пористому зернистому середовищі, визначено розрахункові режими роботи фільтра. На основі виконаного аналізу даних теоретичних і експериментальних досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених показано необхідність вдосконалення існуючих моделей фільтрування та методик інженерного розрахунку основних параметрів процесу фільтрування зі змінною з часом швидкістю, а саме, тривалості фільтроциклу, досягнення граничних втрат напору, товщини фільтруючого завантаження, для розрахунку яких відсутні надійні залежності.

**У другому розділі** представлена математична модель фільтрування води на швидких фільтрах із зернистим завантаженням, яка застосовується для випадку змінної з часом швидкості фільтрування. Згідно з нею загальний час прояснення суспензії при фільтруванні умовно розбивається на три стадії - дві короткочасні початкові і основну. Запропонована математична модель прояснення суспензії фільтруванням зі змінною швидкістю протягом третьої стадії складається з трьох взаємопов'язаних блоків: прояснювального, фільтраційного і гідравлічного. В результаті її розв'язку отримано зручні безрозмірні математичні залежності для розрахунку концентрацій забруднень та осаду за висотою фільтра, зависі у фільтраті при постійній та змінній швидкості фільтрування; рівня непроясненої води над завантаженням і швидкості фільтрування; часу ефективної роботи фільтра (тривалості фільтроциклу); раціональної висоти фільтруючого завантаження.

**У третьому розділі** здійснено планування експерименту, визначено основні технологічні та конструктивні параметри, які впливають на розглядуваний процес. Дослідження фільтрування води проводились на експериментальній установці, яка була змонтована та запроектована із використанням критеріїв подібності. Проведено лабораторне дослідження основних характеристик фільтруючого матеріалу - кварцового піску.

Розроблено порядок проведення конкретних вимірювань на фільтрувальній установці. Визначена послідовність математичної обробки і представлення отриманих даних по виміру концентрації забруднень, втрат напору, розрахунку коефіцієнтів прилипання і відриву частинок забруднень. Оцінено величину і вплив різного роду похибок, що виникають при проведенні експериментів. Прийнята методика перевірки отриманих експериментальних даних відтворюваність за критерієм Кохрена і на адекватність за критерієм Фішера.

У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень процесу фільтрування суспензії через зернисте завантаження, а також здійснено аналіз отриманих даних. Визначено гідравлічні характеристики чистого зернистого завантаження модельного фільтра. Проведено дослідження гідравлічного опору завантаження при пропуску рідини з різними концентраціями забруднень. З'ясовано характер залежності величини опору від початкової концентрації забруднень у воді і з часом. З'ясовано закономірності зміни коефіцієнта фільтрації зернистого завантаження з часом в залежності від швидкості фільтрування, за глибиною завантаження і величини питомого об'єму осаду для різних умов і режимів роботи фільтрувальної споруди. Досліджено інтенсивність видалення забруднень і ступінь їх накопичення з часом за висотою фільтруючого завантаження. Відмічається, що максимальна швидкість даних процесів має місце у верхніх шарах фільтра. Підтверджено, що збільшення концентрації затриманого у завантаженні осаду призводить до зменшення його пористості. Показано, що важливою характеристикою затриманого осаду слугує відношення об'ємної концентрації осаду до об'ємної концентрації твердих частинок в цьому осаді. Отримано експериментальну залежність цього показника від величини відносного питомого об'єму осаду. Досліджено характер зміни швидкості фільтрування з часом в залежності від концентрації забруднень у рідині і фільтраційних характеристик завантаження. Визначено величини приведених коефіцієнтів швидкості прилипання і відриву частинок забруднень, а також

значення відповідних показників степені.

**У п'ятому розділі** представлено розроблену методику інженерного розрахунку швидких фільтрів, які працюють зі змінною з часом швидкістю фільтрування, розглянуто приклади розрахунку їх технологічних параметрів. Здійснено порівняльний аналіз отриманих в роботі даних з даними розрахунку за методиками інших авторів. Приведені матеріали по впровадженню результатів дисертаційної роботи при розрахунку і проектуванні реальних фільтрувальних споруд.

### **Редакційний аналіз**

Дисертаційна робота і автореферат написані грамотно. Застосована наукова термінологія є загальноприйнятою, стиль викладення результатів теоретичних і експериментальних досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність її сприйняття. Оформлення дисертації відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

### **Відповідність тексту автореферату і дисертації**

Текст автореферату відповідає структурі, змісту та основним положенням, наведеним в дисертації.

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

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 друкованих праць, в тому числі 8 у фахових виданнях, з них 1 у міжнародному виданні, отримано 1 патент України на винахід. Робота пройшла достатню апробацію на міжнародних науково-практичних конференціях та наукових семінарах.

### **Зауваження**

1. У швидких водоочисних фільтрах відповідно до ДБН крупність фільтруючого завантаження повинна знаходитися в діапазоні 0,5-2,0 мм. Однак в роботі мінімальна крупність завантаження відповідно до зернового складу

значно нижче 0,5 мм (стор. 113), що може вплинути на коректність проведених експериментальних досліджень, особливо в частині визначення нерівномірності розподілу забруднень за висотою шару завантаження.

2. Досвід експлуатації швидких фільтрів показує, що нерідко трапляється їх робота в режимі контактного фільтрування при реагентній очистці води, проте в роботі ці питання не розглядалися.

3. При проведенні експериментальних досліджень початкова концентрація зважених речовин у вихідній воді приймалася рівною 50 і 100 мг/л, проте в реальних умовах і відповідно до ДБН в системах господарсько-питного водопостачання ця величина не повинна перевищувати 20 мг/л.

4. З роботи не зрозуміло, як встановлюються граничні умови  $V_{\max}$  і  $V_{\min}$  для швидкості фільтрування, що знижується.

5. Для більшої достовірності математичної моделі на графіках, отриманих під час проведення експериментальних досліджень, слід було б нанести результати аналітичних розрахунків.

6. В актах на впровадження результатів наукових досліджень вказується на економічну ефективність пропонованих розробок, проте в самій роботі ці дані не наводяться.

7. Для застосування в практиці реального проектування запропонована інженерна методика розрахунку досить складна.

### **Загальний висновок по дисертаційній роботі**

В дисертаційній роботі отримано нові наукові результати, запропоновано науково обґрунтовану методику розрахунку конструктивних та технологічних параметрів роботи швидких фільтрів.

Приведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку даної дисертаційної роботи і не зменшують ступеня наукової обґрунтованості та достовірності основних результатів та висновків.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.23.04 -

водопостачання, каналізація.

Дисертаційна робота **Кравчука Олександра Андрійовича "Фільтрування рідини зі змінною швидкістю руху потоку"** зі спеціальності 05.23.04 - водопостачання, каналізація, що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук є завершеною науковою працею, яка за актуальністю теми, практичним значенням, науковою новизною отриманих результатів виконана на високому рівні, повністю відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України щодо дисертацій, які подаються на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор **Кравчук Олександр Андрійович** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.04 - водопостачання, каналізація.

Офіційний опонент

завідувач кафедри водопостачання та водовідведення Одеської державної академії будівництва та архітектури,  
д-р техн. наук, професор

В.Й. Прогульний

