

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну наукову працю Куби Тетяни Василівни на тему
**«Розробка пересувних комплексів забору і очищення води для забезпечення
людей питною водою в умовах відсутності централізованого
водопостачання»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 19 – «Архітектура та
будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Куби Тетяни Василівни присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання забезпечення населення питною водою у випадках, коли централізована система водопостачання не функціонує, працює з істотними обмеженнями або не може гарантувати необхідні показники якості та безпеки води. Для сучасної України ця проблема набула особливого значення внаслідок воєнних загроз, руйнування та пошкодження водозабірних споруд, насосних станцій, водопровідних мереж, очисних споруд і енергетичної інфраструктури.

У кризових умовах надійність водозабезпечення визначається не лише технічним станом окремих споруд, а сукупністю взаємопов'язаних технологічних, енергетичних, санітарно-епідемічних, логістичних та організаційних ризиків. Саме тому підхід, за якого пересувний комплекс розглядається як автономний елемент децентралізованої системи водозабезпечення, є обґрунтованим. У роботі поєднано питання вибору джерела, забору води, її багатобар'єрної підготовки, контролю якості, накопичення, транспортування та розподілу води між споживачами. Тематика дослідження узгоджується з сучасними завданнями підвищення стійкості критичної інфраструктури та безпеки систем життєзабезпечення. Робота пов'язана з науковою темою КНУБА «Забезпечення споживачів якісною питною водою в умовах сучасних викликів».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Робота відповідає напряму прикладних наукових досліджень КНУБА та узгоджується з пріоритетами науково-прикладних досліджень у частині «Забезпечення споживачів якісною питною водою в умовах сучасних викликів» Прикладні дослідження і розробки. Державний реєстраційний номер 0122U200386.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Обґрунтованість отриманих результатів забезпечується застосуванням комплексу взаємодоповнювальних методів дослідження, зокрема теоретичного аналізу та узагальнення нормативних і наукових джерел, експериментальних і натурних випробувань, системного та ризик-орієнтованого підходів, розрахунково-статистичного й геоінформаційного моделювання.

Достовірність отриманих технологічних результатів підтверджується польовою апробацією дослідного зразка, контролем показників якості води на послідовних стадіях очищення та практичною перевіркою запропонованих технологічних рішень. Розрахункові положення ґрунтуються на обґрунтованих залежностях і алгоритмах, при цьому в роботі розмежовано експериментально підтверджені межі гарантованої роботи комплексу та потенційні розрахункові межі застосування технології.

Окремої уваги заслуговує ризик-орієнтований характер запропонованих технологічних рішень. Авторкою передбачено, що у разі підозри на токсичне, радіологічне або невідоме забруднення вихідна вода не повинна без додаткового контролю спрямовуватися за стандартним технологічним режимом. Прийняття рішення щодо її подальшого використання має здійснюватися на основі відбору проб, проведення спеціалізованого контролю та оцінювання допустимості відповідного технологічного сценарію. Такий підхід відповідає принципам безпечної експлуатації систем водоочищення в умовах невизначеності щодо складу та характеру забруднення.

У цілому наукові положення, висновки та практичні рекомендації дисертації є достатньо обґрунтованими, логічно взаємопов'язаними та підтвердженими сукупністю теоретичних, експериментальних і розрахункових результатів.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів:

- обґрунтовано ризик-орієнтований підхід до вибору режиму роботи пересувного комплексу залежно від якості вихідної води та характеру потенційних загроз;
- розроблено багаторежимну технологічну схему;
- удосконалено підхід до оперативного керування установкою у польових умовах;

- розроблено стадійну розрахунково-статистичну модель ефективності технологічних бар'єрів, яка дає змогу оцінювати внесок окремих стадій очищення, прогнозувати якість води;
- отримав подальший розвиток геоінформаційний підхід до планування децентралізованого водозабезпечення населених пунктів.

Практичне значення одержаних результатів

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні, створенні та апробації пересувного комплексу забору й очищення води, призначеного для забезпечення населення питною водою в умовах припинення або обмеження централізованого водопостачання. Запропонований комплекс передбачає можливість наповнення водовозів і накопичувальних ємностей, а також безпосередньої подачі очищеної води споживачам.

Розроблені технологічні та організаційні рішення можуть бути використані підприємствами водопостачання, органами місцевого самоврядування, службами цивільного захисту, гуманітарними організаціями та операторами критичної інфраструктури для формування резервних схем водозабезпечення, планування роботи мобільних засобів очищення води та розроблення заходів реагування на тривалі порушення централізованого водопостачання.

Оцінка змісту та структури дисертаційної роботи

Дисертація має завершену логічну структуру, складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, списку публікацій здобувачки та шести додатків. Основний текст викладено на 143 сторінках.

У першому розділі

здійснено аналіз сучасного стану проблеми забезпечення населення питною водою в умовах відсутності або порушення централізованого водопостачання. Розглянуто нормативні вимоги та підходи до забезпечення населення водою в умовах надзвичайних ситуацій, проаналізовано сучасні технології очищення води та світовий досвід застосування пересувних і децентралізованих водоочисних комплексів. Визначено основні ризики та обмеження їх використання в кризових умовах, обґрунтовано необхідність застосування адаптивних багатобар'єрних технологічних схем, здатних забезпечувати необхідну якість питної води за змінних характеристик вихідної води. Важливим є висновок щодо доцільності переходу від разового аварійного підвозу води до керованих децентралізованих систем, спроможних працювати протягом тривалішого періоду.

У другому розділі

обґрунтовано технологічні рішення щодо організації роботи пересувного комплексу забору й очищення води з урахуванням змінних характеристик вихідної води та умов його експлуатації. Сформовано підхід до визначення ризик-профілю джерела води, визначено систему польового контролю якості води та технологічних параметрів, а також встановлено основні контрольні точки процесу очищення. Розроблено багаторежимну технологічну схему, що передбачає адаптацію складу та інтенсивності технологічних бар'єрів залежно від характеру забруднення води, і запропоновано алгоритм вибору відповідного режиму роботи комплексу. Обґрунтовано необхідність прийняття технологічних рішень на основі сукупної оцінки показників якості вихідної води, технологічних параметрів та ситуаційних чинників. Проведено натурну апробацію запропонованих технологічних рішень на водах різного складу, за результатами якої визначено локальну та кумулятивну ефективність окремих технологічних бар'єрів. На основі експериментальних даних здійснено статистичне узагальнення результатів, розроблено та калібровано стадійну розрахунково-статистичну модель ефективності очищення, яку використано для прогнозування якості очищеної води та визначення меж застосовності технологічної схеми.

У третьому розділі

обґрунтовано конструктивні рішення та технічні параметри дослідного зразка пересувного комплексу забору й очищення води. Розглянуто особливості компонування технологічного обладнання у причепі-фургоні з урахуванням вимог до мобільності, безпечної експлуатації та роботи в польових умовах. Визначено рішення щодо організації водозабору, автономного та зовнішнього електроживлення, освітлення, вентиляції й опалення, а також забезпечення належних умов експлуатації технологічного обладнання. Обґрунтовано основні конструктивно-технологічні параметри комплексу, зокрема його продуктивність та режим роботи. Розроблені технічні рішення реалізовано у дослідному зразку, що дозволило провести його натурну апробацію та підтвердити можливість практичного застосування запропонованої технологічної схеми.

У четвертому розділі

розроблено математичну та геоінформаційну модель планування застосування пересувних комплексів для організації децентралізованого водопостачання в кризових умовах. Сформовано підхід до просторового аналізу, який поєднує дані про чисельність і розміщення населення, доступні джерела води, пункти водороздачі та транспортну інфраструктуру з розрахунками необхідного

обсягу води, продуктивності пересувних комплексів, кількості установок, накопичувальних ємностей, водовозів та транспортних рейсів. Запропоновано алгоритм просторового планування, що дає змогу визначати необхідну конфігурацію засобів децентралізованого водопостачання залежно від потреб населення та характеристик території. Розроблений підхід дозволяє розглядати пересувний комплекс не як окремий технічний об'єкт, а як складову інтегрованої системи резервного водозабезпечення населеного пункту та забезпечує можливість обґрунтування організаційно-технологічних рішень щодо його застосування в умовах надзвичайних ситуацій.

У п'ятому розділі

проведено техніко-економічне оцінювання запропонованих технологічних та організаційних рішень і виконано аналіз чутливості основних фінансових показників. Визначено структуру експлуатаційних витрат пересувного комплексу, зокрема витрат на електроенергію, реагенти, витратні матеріали, технічне обслуговування, оплату праці персоналу, мембранні елементи та їх хімічну промивку. Проаналізовано вплив основних складових експлуатаційних витрат на економічні характеристики роботи комплексу. Отримані результати дають змогу оцінити економічну доцільність запропонованих технологічних рішень та доповнюють технологічні й організаційні положення дисертаційної роботи.

Загальні висновки відповідають поставленій меті та завданням, відображають основні наукові й практичні результати та узгоджуються зі змістом дисертаційних розділів.

Повнота оприлюднення основних результатів дисертації

Основні наукові результати та положення дисертаційної роботи знайшли належне відображення у наукових публікаціях здобувачки.

За тематикою дисертації опубліковано 7 наукових праць, з яких 6 статей — у фахових виданнях України категорії «Б», 1 стаття — у виданні, що індексується міжнародною наукометричною базою даних Scopus, а також 4 тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

Публікації охоплюють основні напрями дослідження: децентралізоване водопостачання, управління ризиками в умовах воєнних загроз, гідравлічне та геоінформаційне моделювання, забезпечення стійкості систем водопостачання, розроблення пересувних комплексів забору й очищення води та дослідження ефективності напірної фільтрації.

Особистий внесок здобувачки у працях, опублікованих у співавторстві, визначено та конкретизовано в дисертації.

Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертаційної роботи встановлено, що використані наукові положення, результати та матеріали інших авторів належним чином супроводжуються відповідними посиланнями на джерела. Особистий внесок здобувачки у працях, виконаних у співавторстві, визначено та конкретизовано. Під час аналізу роботи ознак неправомірного запозичення наукових результатів або використання опублікованих матеріалів без відповідних посилань не виявлено.

Зауваження та дискусійні питання

1. У дисертації поняття «ризик-профіль джерела води» використовується як один із ключових інструментів вибору технологічного режиму. Водночас його формування ґрунтується переважно на показниках якості вихідної води – каламутності, забарвленості, органічному навантаженні, мінералізації тощо. У зв'язку з цим дискусійним є питання щодо розмежування ризику джерела та безпосередніх показників якості води, а також чинників небезпеки, які додатково враховуються при формуванні ризик-профілю.
2. Автором запропоновано декілька режимів роботи комплексу залежно від характеру забруднення води. Водночас у реальних умовах можливе одночасне виникнення декількох груп забруднювачів. У такому випадку потребує уточнення алгоритм вибору режиму: за яким критерієм визначається пріоритет технологічних бар'єрів та приймається рішення щодо їх комбінованого застосування.
3. У роботі експериментально визначено ефективність окремих стадій очищення та їх кумулятивний ефект. Водночас для комплексу, призначеного для роботи зі змінною якістю вихідної води, важливою є стабільність якості очищеної води протягом робочого циклу. Дискусійним залишається питання щодо зміни ефективності очищення зі збільшенням тривалості фільтроциклу та накопиченням забруднень у фільтрувальних завантаженнях.
4. Межі застосовності технологічної схеми визначаються шляхом зворотного розрахунку допустимої концентрації забруднювача через кумулятивну залишкову частку після відповідних технологічних стадій. Водночас ефективність технологічних бар'єрів може залежати від концентрації забруднювачів, їх взаємного впливу та складу вихідної води. Тому потребує додаткового обґрунтування використання постійних коефіцієнтів очищення для визначення

граничних характеристик води за межами експериментально дослідженого діапазону.

5. Одним із результатів роботи є стадійна розрахунково-статистична модель ефективності технологічних бар'єрів, призначена для прогнозування якості води та визначення меж роботи установки. Водночас для оцінювання достовірності прогнозу важливо визначити не лише відповідність розрахункових та експериментальних значень, а й похибку прогнозування та невизначеність моделі. У зв'язку з цим доцільно уточнити, якими статистичними критеріями підтверджено її адекватність та прогнозу здатність для даних, що не використовувалися при калібруванні.

6. Автором обґрунтовано можливість роботи комплексу у декількох технологічних режимах без додаткового технологічного обладнання. Водночас зміна режиму, зокрема включення мембранного бар'єра, впливає на фактичну продуктивність, енергоспоживання, витрати реагентів та утворення концентрату. У зв'язку з цим дискусійним є питання, наскільки заявлена продуктивність до 2 м³/год зберігається в різних режимах та якою є реальна експлуатаційна продуктивність з урахуванням промивання, санітарної обробки й технічного обслуговування.

7. Пересувний комплекс у роботі розглядається як елемент забезпечення населення питною водою, а ГІС-модель враховує джерела води, потреби населення, пункти водороздачі та транспортну складову. Водночас потребує чіткішого визначення меж системи, в межах якої здійснюється оцінювання її ефективності та надійності: чи охоплює вона лише технологічну установку, чи також джерело води, накопичувальні ємності, транспорт та енергозабезпечення. Дискусійним також є питання впливу відмови окремих критичних елементів на здатність системи забезпечувати необхідний обсяг та якість води.

Наведені зауваження мають переважно уточнювальний і дискусійний характер, не знижують наукової цінності одержаних результатів.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Куби Тетяни Василівни **«Розробка пересувних комплексів забору і очищення води для забезпечення людей питною водою в умовах відсутності централізованого водопостачання»** є завершеною самостійною кваліфікаційною науковою працею, у якій розв'язано актуальне науково-практичне завдання щодо розроблення, наукового обґрунтування та експериментальної апробації пересувних комплексів забору й очищення води та

визначення умов їх ефективного застосування у децентралізованих системах водозабезпечення.

Дисертаційна робота вирізняється комплексним характером досліджень, що поєднують технологічні, експериментальні, конструктивні, ризик-орієнтовані, геоінформаційні та техніко-економічні підходи. Отримані результати характеризуються науковою новизною, належним рівнем обґрунтованості та практичною значущістю, а запропоновані технічні й технологічні рішення реалізовано у дослідному зразку та апробовано в умовах, наближених до практичної експлуатації.

За актуальністю обраної теми, науковою новизною, ступенем обґрунтованості та достовірності отриманих результатів, їх теоретичною і практичною значущістю, змістом та завершеністю дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), а її авторка, Куба Тетяна Василівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент:

доцент кафедри водопостачання та водовідведення
Київського національного університету будівництва і архітектури,
кандидат технічних наук, доцент



Інга УРЯДНІКОВА