

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи
Національного університету водного господарства та природокористування

Мартінова Сергія Юрійовича

на дисертаційну роботу **Потапенко Світлани Павлівни**

на тему: **«Підвищення стійкості систем питного водопостачання та
водовідведення»**

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

Відгук підготовлено на основі вивчення дисертаційної роботи, опублікованих здобувачкою результатів наукових досліджень, матеріалів апробації, а також документів, що підтверджують практичне впровадження результатів роботи.

Актуальність теми дисертації.

Дисертаційна робота Потапенко Світлани Павлівни присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання – підвищенню стійкості систем питного водопостачання та водовідведення в умовах воєнних, техногенних, енергетичних, екологічних та інших кризових впливів. Системи централізованого водопостачання і водовідведення належать до критичної інфраструктури, від безперервності та безпечності функціонування яких залежать санітарно-епідемічне добробут населення, стале функціонування населених пунктів, закладів охорони здоров'я, промисловості та інших об'єктів життєзабезпечення.

В умовах воєнних руйнувань, тривалих перерв електропостачання, дефіциту реагентів, пошкодження мереж і споруд, а також ризиків хімічного, біологічного, радіаційного та ядерного забруднення, традиційні підходи, орієнтовані переважно на статичну надійність окремих елементів, не забезпечують повного врахування послідовно взаємопов'язаних відмов. Тому обґрунтований у роботі перехід до концепції динамічної стійкості, яка передбачає здатність системи підтримувати достатній рівень функціонування, адаптацію до деструктивного впливу та відновлення працездатності є актуальним і науково обґрунтованим.

До переваг дисертації потрібно віднести системний розгляд проблеми, коли стійкість оцінюється не лише за технічним станом мереж і споруд, а з урахуванням енергозабезпечення, технологічної захищеності, якості питної води, ризиків, гідравлічних режимів, геопросторової інформації, можливостей децентралізованого водозабезпечення в умовах надзвичайних ситуацій та інвестиційного планування. Такий підхід створює передумови переходу від реактивного усунення наслідків аварій до превентивного ризик-орієнтованого управління.

Дисертаційна робота виконувалася в рамках державних та університетських наукових досліджень, зокрема держбюджетної тематики Київського національного університету будівництва і архітектури за номерами державної реєстрації 0122U200351 та 0122U200386. Практична спрямованість роботи підтверджується використанням її результатів при формуванні методичних підходів до розроблення схем оптимізації систем централізованого водопостачання та водовідведення, а також при розробленні Стратегії підвищення стійкості систем питного водопостачання та водовідведення міста Дніпра на період до 2030 року.

Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною, відповідає сучасним потребам водопровідно-каналізаційного господарства України та предметній області спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Мета роботи полягає у розробленні науково обґрунтованих методів і моделей підвищення стійкості систем питного водопостачання та водовідведення шляхом впровадження уніфікованих алгоритмів оптимізації, управління ризиками та адаптивних інженерно-технологічних рішень. Для її досягнення поставлено взаємопов'язані завдання щодо аналізу загроз і вразливостей, формалізації багатокритеріальної задачі, формування системи індикаторів, побудови інтегрального індексу стійкості R_s , розроблення матриці ризиків, сценарного і гідравлічного моделювання та оцінювання інвестиційних пріоритетів.

Для вирішення поставлених завдань здобувачею застосовано системний аналіз, декомпозицію та узагальнення, логіко-математичне та багатокритеріальне моделювання, ризик-орієнтоване планування, метод аналізу ієрархій, гідравлічне моделювання, геопросторовий аналіз, нормативно-аналітичний метод, стратегічне планування і бенчмаркінг. Інженерна верифікація запропонованих рішень передбачає використання QGIS та EPANET для аналізу просторових характеристик мереж, визначення зон критичного зниження тиску та моделювання аварійних і кризових режимів.

Достовірність основних положень забезпечується комплексним використанням взаємодоповнюючих методів, аналізом нормативних і наукових джерел, формалізацією критеріїв та обмежень, сценарним і гідравлічним моделюванням, техніко-економічною оцінкою, а також практичною апробацією запропонованих підходів для систем централізованого водопостачання та водовідведення міста Дніпра. Поставлені в дисертаційній роботі наукові завдання виконані, а висновки логічно випливають із результатів проведених досліджень.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- розроблено логіко-математичну модель оцінки та інтегральний індекс стійкості R_s систем питного водопостачання та водовідведення, що дає можливість

кількісно порівнювати базовий і альтернативні сценарії розвитку системи з урахуванням її здатності зберігати критичні функції, адаптуватися до деструктивного впливу та відновлюватися;

- сформовано комплексну систему індикаторних показників стійкості, яка охоплює технічний стан, ресурсозбереження, енергоефективність, технологічну захищеність, екологічну безпеку та готовність до функціонування в умовах надзвичайних ситуацій;

- науково обґрунтовано оновлений методологічний підхід до формування схем оптимізації систем централізованого водопостачання та водовідведення як інструменту стратегічного управління, що поєднує інформаційно-аналітичний блок, ідентифікацію ризиків, варіантне моделювання, оптимізацію та планування реалізації;

- формалізовано багатокритеріальну задачу підвищення стійкості та застосовано метод аналізу ієрархій для визначення ваг критеріїв і пріоритизації інженерних заходів;

- сформовано трифакторну матрицю ризиків для ідентифікації, класифікації та ранжування загроз, а також систематизовано причинно-наслідкові зв'язки факторів впливу за допомогою шестивекторної діаграми Ісікави;

- подальшого розвитку набув практичний інструментарій ризик-орієнтованого планування, який включає сценарне моделювання, техніко-економічне оцінювання, гідравлічну та геопросторову верифікацію і формування адаптивних пакетів заходів.

Отже, сформульовані наукові положення мають системний характер, а отримані наукові результати розвивають методичну базу планування, експлуатації та модернізації критичної водної інфраструктури.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота Потапенко Світлани Павлівни є завершеним науковим дослідженням, у якому послідовно розглянуто теоретичні, методичні, інженерно-технологічні та техніко-економічні аспекти підвищення стійкості систем питного водопостачання та водовідведення. Структура роботи логічна, поставлена мета узгоджується із завданнями, а результати окремих розділів формують єдину послідовність від аналізу проблеми до обґрунтування практичних рішень.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт, предмет і методи дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію та особистий внесок здобувачки. Зміст розділів відповідає поставленим завданням, а висновки до розділів і загальні висновки узгоджені із отриманими результатами.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан забезпечення стійкості систем питного водопостачання та водовідведення, закордонний і вітчизняний досвід управління, нормативно-правову базу та існуючі науково-методичні підходи. На основі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність переходу від статичних схем розвитку до ризик-орієнтованого сценарного планування з урахуванням гідравлічної, енергетичної, реагентної, санітарної та ХБРЯ-безпеки.

У другому розділі наведено характеристики систем питного водопостачання та водовідведення, визначено перспективи їх розвитку в Україні, сформовано науково-методичну базу дослідження та запропоновано концептуальну модель розроблення схем оптимізації. Позитивним є поєднання в межах єдиного підходу технологічних, управлінських, безпекових і економічних складових.

У третьому розділі сформовано систему індикаторних показників, розроблено методичний підхід до формування та аналізу альтернативних сценаріїв, представлено методологію аналізу й управління ризиками, а також обґрунтовано застосування гідравлічного та геопросторового моделювання. Розглянуто заходи функціонування систем під час надзвичайних ситуацій і у воєнний час, включаючи резервування енергопостачання, гідравлічне зонування, застосування локальних і мобільних технологічних рішень та сорбційних бар'єрів.

Четвертий розділ присвячений математичному моделюванню та багатокритеріальній оцінці стійкості. Авторкою формалізовано задачу підвищення стійкості, побудовано логіко-математичну модель, систематизовано фактори впливу за допомогою діаграми Ісікави та розроблено алгоритм сценарного моделювання кризових ситуацій. На розрахунковому прикладі показано можливість підвищення інтегрального показника стійкості з 0,61 до 0,79 внаслідок реалізації комплексу превентивних заходів.

П'ятий розділ зосереджений на техніко-економічному обґрунтуванні та математичному моделюванні інвестиційних пріоритетів модернізації. Розглянуто вартість життєвого циклу, капітальні та експлуатаційні витрати, критерії інвестиційної зрілості, диверсифікацію джерел фінансування, а також адаптовані показники NPVres і BCRres. Такий підхід дозволяє пов'язати технічну доцільність заходів із можливістю їх практичної реалізації та фінансування.

У загальних висновках сформульовано основні наукові результати роботи.

Додатки містять документи про практичне використання, матеріали аналізу ризиків для систем водопостачання та водовідведення міста Дніпра, матрицю ризиків, Стратегію підвищення стійкості до 2030 року та план її реалізації, що підсилює доказову та прикладну складову дисертації.

Дисертаційна робота була перевірена на тестові співпадіння за допомогою сервісу StrikePlagiarism, відсоток оригінальності роботи становить близько 96%. Розгляд дисертаційної роботи та поданих матеріалів не дає підстав для висновку про порушення принципів академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела,

визначено особистий внесок здобувачки у спільних публікаціях, структура та виклад результатів свідчать про самостійність виконаного дослідження.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою з використанням науково-технічного стилю. В цілому у роботі застосовано загальноприйняту термінологію у сфері водопостачання, водовідведення, гідравлічного моделювання, управління ризиками та інвестиційного планування. Матеріал викладено послідовно, основні положення, висновки та рекомендації сформульовано зрозуміло і логічно.

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 226 сторінок, з яких 148 сторінок основного тексту. Список використаних джерел містить 197 найменувань; у роботі наведено 32 формули, 26 таблиць і 19 рисунків.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог до оформлення дисертацій, а якість подання текстового та графічного матеріалу забезпечує належне сприйняття результатів дослідження.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні результати дисертації висвітлено у 15 наукових працях, у тому числі у 10 статтях у наукових фахових та іноземних виданнях, серед яких дві статті у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами, вісім статей у фахових виданнях категорії «Б», одна публікація у виробничо-практичному журналі та чотири тези доповідей у матеріалах міжнародних науково-практичних конференцій.

Наукові публікації здобувачки характеризуються належним науковим рівнем, повною відповідністю темі дисертації та достатньою повнотою апробації основних результатів дослідження. Тематика публікацій відображає основні етапи виконаного дослідження і підтверджує системний характер наукового пошуку. Подані матеріали також свідчать про дотримання здобувачкою принципів академічної доброчесності, зокрема в частині належного посилання на використані джерела, коректного визначення особистого внеску у співавторських працях та належного представлення авторських результатів.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувачки.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У роботі використано ряд термінів, наприклад, «стійкість», «резильєнтність», «живучість», «вразливість», «безпечність», які потребують чіткого та однозначного трактування. Зустрічаються невдало сформовані терміни,

наприклад, безхлорні реагенти (електролізний гіпохлорит, діоксид хлору) – малося на увазі реагенти, що вміщують хлор, які безпечніші в експлуатації, ефективніші при підготовці природної води з підвищеним вмістом органіки тощо, склади газоподібного хлору – очевидно малося на увазі зрідженого хлору, мережі транспортування – очевидно мова йшла про СПРВ.

2. На рис. 2.3.1., ст. 66 наведено Етапи досліджень та їх взаємозв'язок. Виходячи з інструментів (QGIS, EPANET), розглядається водопровідна мережа і відсутні такі елементи системи водопостачання, як водозабір та водоочисні споруди. Крім того, який інструментарій пропонує здобувачка використовувати для систем водовідведення? Лінійне використання етапів без зворотних зв'язків потребує додаткового пояснення.

3. Здобувачка пропонує використовувати інтегральний коефіцієнт стійкості (R_s), який відображає здатність системи зберігати функціональність при зовнішніх впливах (ф. 3.1.8, с. 84). Потрібно було обґрунтувати доцільність його використання в порівнянні з наявними методиками бенчмаркінгу. Також доречно було навести методику визначення значень вагових коефіцієнтів w_i . Відсутнє пояснення коефіцієнта k_{org} , а коефіцієнти k_{tech} та k_{en} мають різне трактування (див. с. 84 та с. 109).

5. У рівнянні адвекції-дифузії (ф. 3.4.4, с. 98) відсутня дифузійна складова. Чи враховується протікання хімічних реакцій у потоці рідини?

6. Формулювання щодо порошкоподібного активованого вугілля як «універсального сорбційного бар'єра» потребує уточнення меж застосування. Ефективність такого рішення залежить від виду забруднювача, характеристик води, дози сорбенту, часу контакту та подальшого вилучення відпрацьованого матеріалу. На с. 98 здобувачка пропонує вводити порошкоподібне активоване вугілля у водопровідну мережу?

6. У додатку В, табл. 2, с. 201 застосована двофакторна оцінка ризиків, хоча на с. 91, ф. 3.3.1 здобувачка пропонує використовувати трифакторний індекс ризику. Потрібно пояснити методику визначення числових значень коефіцієнт базової вразливості системи (V).

Наведені зауваження не зменшують загальну наукову новизну та практичну вагомість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

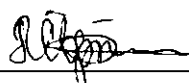
Дисертаційна робота Потапенко Світлани Павлівни «Підвищення стійкості систем питного водопостачання та водовідведення» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому отримано нові теоретичні та практичні результати, що мають значення для розвитку методів планування, експлуатації та

модернізації систем питного водопостачання та водовідведення як об'єктів критичної інфраструктури.

Дисертаційна робота за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, обґрунтованістю результатів і повнотою їх оприлюднення 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 року № 44 (зі змінами), а її авторка Потапенко Світлана Павлівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво» за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри водопостачання,
водовідведення та бурової справи
Національного університету водного
господарства та природокористування,
д.т.н., професор
«19» серпня 2026 року

 Сергій МАРТИНОВ

