

В І Д Г У К

офіційного опонента

на дисертаційну роботу **ХОМУТЕЦЬКОЇ** Тетяни Петрівни

«РОЗВИТОК НАУКОВИХ І ПРАКТИЧНИХ ЗАСАД

ЕНЕРГООЩАДНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ПІДЗЕМНИХ

ДЖЕРЕЛ», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних

наук за спеціальністю **05.23.04 – водопостачання, каналізація**

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В Україні водопостачання населених пунктів з підземних джерел має значне поширення, що важливо для умов зростаючого антропогенного забруднення навколишнього середовища. Як показують багаточисельні дослідження, для сучасних комунальних систем водопостачання притаманні висока енергоємність, зношеність основних фондів та великі втрати води при її транспортуванні. Тому, розробка і впровадження на водопровідних системах заходів енергозбереження є досить актуальним.

Крім того, існує низка протиріч при визначенні технологічних схем водопроводів, експлуатаційних режимів їхньої роботи та показників оцінки їх ефективності. Так, оптимізація конструктивних і функціональних параметрів окремих споруд, зазвичай, не обґрунтовується показниками сумісної роботи гідравлічно взаємозв'язаних споруд, не враховуються зміни характеристик споруд у процесі експлуатації тощо. В результаті це стає причиною незабезпечення споживачів розрахунковими напорами і витратами води, перевитратами електроенергії через роботу насосів за межами оптимального діапазону.

В цьому плані наукове обґрунтування й розробка більш ефективних і досконаlih методів розрахунків сумісної роботи водопровідних споруд з урахуванням зміни їхніх характеристик у процесі експлуатації та запровадження енергоощадного водопостачання взагалі та з підземних джерел, зокрема, є актуальним.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, 10-ти загальних висновків, списку літератури та 6-ти додатків. Основний зміст роботи викладено на 260 сторінках основного тексту, включаючи 50 таблиць і 96 рисунків. Усього робота вміщує 389 сторінок, в т.ч. 6 додатків на 55 стор. та списку літератури із 344 найменувань на 38 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі досліджень, викладено наукову і практичну цінність дисертації, наведено відомості про апробацію результатів роботи.

У **першому розділі** досліджено сучасний стан господарсько-питного водопостачання в Україні та визначено перспективи його поліпшення.

Встановлено, що 39% комунальних систем водопостачання в Україні базуються на використанні води з підземних джерел. Їх частка має тенденцію до зростання у зв'язку із антропогенним забрудненням навколишнього середовища та суттєвим погіршенням якості поверхневих вод.

На основі аналізу достатньо великого об'єму літературних джерел у цьому розділі дана характеристика систем господарсько-питного водопостачання в Україні, шляхи їх удосконалення, характеристика підземних вод України, причини неефективної роботи систем питного водопостачання з підземних джерел, проблеми забезпечення ефективної сумісної роботи їх споруд та існуючих методів інтенсифікації їх роботи у системах водопостачання.

В цілому, матеріал, що викладений в цьому розділі, достатньо повний та відбиває сучасний стан проблем, що розглядаються в роботі. *Однак, у висновках розділу відсутні визначені задачі подальших теоретичних та експериментальних досліджень.*

У **другому розділі** виконано аналіз теорії притоку води до досконалих свердловин в напірних і безнапірних водоносних пластах; розглянуто види недосконалості свердловин та методи розрахунку сумісної роботи споруд при заборі підземних вод.

Автор провела теоретичні дослідження впливу зміни гідравлічних опорів фільтрів свердловин на показники їхньої роботи, опираючись на дослідження А.М.Тугая, В.М.Гаврилка, В.С.Алексеева та П.Д.Хоружого. Зокрема, запропоновано враховувати зменшення дебіту свердловин у процесі їх експлуатації внаслідок обростання фільтра осадами, що виносяться з пласта або виділяються з води. Введено коефіцієнт $K_{t,i}$, що залежить від збільшення в часі гідравлічного опору рухові води із пласта у свердловину, який запропоновано оцінювати узагальненим опором фільтра і прифільтрової зони водоносного пласта. Автором розвинуто теоретичні основи розрахунку водозабірних свердловин і шахтних колодязів в безнапірних водоносних пластах із врахуванням кольматажу порід у прифільтрових зонах. Запропоновано розрахунок сумісної роботи взаємодіючих свердловин у безнапірних пластах. Розглянуто розрахунок систем подачі води із шахтних колодязів з автоматизованою гідропневматичною установкою змінного тиску, встановлено залежності для визначення їх параметрів.

У **третьому розділі** наведено результати розрахунків впливу змін гідравлічних характеристик споруд водопровідної системи, що мають місце в процесі їхньої експлуатації при заборі води з напірних і безнапірних водоносних пластів.

Розглянуто питання щодо проектування групи водозабірних свердловин при заборі води з безнапірних пластів, розрахунків можливого дебіту недосконалих свердловин, визначення їх потрібної кількості та розміщення за різними можливими схемами подачі води у збірний резервуар. Вплив різних факторів на зміну подачі води з свердловин досліджували, аналізуючи коефіцієнти зростання гідравлічних опорів у процесі експлуатації: фільтра свердловини; насоса; трубопроводів. Отримано аналітичні залежності для визначення робочих параметрів свердловин (питомих дебітів, питомих витрат електроенергії, відносних витрат тощо) при зміні зазначених коефіцієнтів. Опораючись на дослідження професорів Тугая А.М. та Прокопчука І.Т зміни робочих характеристик заглибних відцентрових насосів, автор рекомендує

значення поправочних коефіцієнтів до цих характеристик, які відображають інтенсивність їх зміни за період експлуатації. Аналогічним чином автор застосовує дослідження Хоружого П.Д. та Ткачука О.А. для врахування змін в процесі експлуатації гідравлічних опорів трубопроводів.

У четвертому розділі наведено результати розробки заходів ресурсозбереження при заборі води з підземних джерел для найпоширеніших випадків, які часто виникають при заборі води із залізозміщуючих пластів і пов'язані із швидким зростанням гідравлічного опору фільтрів свердловин та прифільтрових зон.

Наведено методику, опис умов та результати експериментальних досліджень гідравлічних характеристик дренажних свердловин системи захисту від підтоплення міст Нікополя та Кам'янки-Дніпровської. В результаті проведених досліджень встановлено, що причиною зростання гідравлічного опору фільтрів свердловин та їхніх прифільтрових зон, є застосування ерліфтного способу водовідбору з дренажних свердловин, при якому відбувається контакт кисню повітря з розчиненим у воді $Fe(HCO)$ з утворенням малорозчинного осаду $Fe(OH)_3$, що кольматує бокову поверхню фільтра. Заміна ерліфтною системою водовідбору на сифонну дозволить значно збільшити тривалість ефективної експлуатації таких свердловин.

Застосування, запропонованої автором, технології незалізнення підземних вод на основі спрощеної аерації з фільтруванням через волокнисте та легке плаваюче завантаження дозволяє порівняно з типовими проектами зменшити питомі капітальні витрати станцій водопідготовки на 30-40%, а експлуатаційні – на 20-30%.

Отримано залежності для визначення граничних показників роботи при заміні зношеного насосного обладнання новим та розроблено методику розрахунку сифонної системи водовідбору, що дає змогу забезпечити енергоощадну роботу систем водопостачання.

У п'ятому розділі розглянуто питання удосконалення методів розрахунку систем подачі та розподілення води. Проведено теоретичний аналіз методів

розрахунку сумісної роботи насосів і водопровідних мереж, що базується на застосуванні аналітичних характеристик водопровідних мереж, запропонований професором Ільїним В.Г.

Досліджено різні методи визначення регулюючих об'ємів резервуарів та отримано емпіричну залежність, що дає більш точні результати у порівнянні з рекомендаціями нормативних документів для локальних водопроводів при коефіцієнтах годинної нерівномірності водоспоживання від 1,7 до 3,0.

Для різних схем подачі та розподілення води проаналізовано та удосконалено метод розрахунку сумісної роботи споруд з визначенням подач води насосами для різних годин доби, аналізом та вибором енергоощадних режимів їх роботи. Запропоновано алгоритм їх реалізації на ПК. Показано, що для водопровідних мереж з контррезервуаром даний метод можна використовувати лише для наближених обчислень.

У шостому розділі проаналізовано питання забезпечення енергоощадних режимів сумісної роботи водопровідних споруд в системах подачі та розподілення води. Визначено енергетичні показники роботи найбільш поширених в Україні відцентрових насосів. Проаналізовано різні методи регулювання насосних агрегатів із встановленням аналітичних залежностей для визначення робочих параметрів як окремих насосів, так і їх груп, що дозволяє проводити порівняльний аналіз роботи систем подачі та розподілення води за різними схемами і варіантами роботи споруд та вибирати економічні режими експлуатації насосів при зміні водоспоживання.

Запропоновано структуру узагальненої імітаційної моделі роботи водопровідної системи, логіко-математичне наповнення якої включає визначення гідравлічних та енергетичних показників, питомого енергоспоживання при забезпеченні розрахункових витрат і напорів води та із врахуванням змін характеристик споруд у процесі експлуатації.

У сьомому розділі наведено результати апробації теоретичних наукових досліджень на системах водопостачання населених пунктів. Автором розглянуто питання про необхідність поліпшення сумісної роботи споруд в

діючих системах подачі та розподілення води і способи вирішення цієї задачі, де чітко сформульовані основні види робіт з налагодження їх енергоощадної роботи. Більш детально розглянута практична сторона методу імітаційного моделювання та його застосування при дослідженнях роботи діючих систем водопостачання з підземних джерел. В окремих параграфах наведено основні результати досліджень водопровідних споруд у містах Чернігів та Бердичів, вказано на умови впровадження методики розрахунку сумісної роботи споруд на водопровідній системі м. Обухів, застосування наукових розробок у документах для проектування систем водопостачання та навчанні, а також рекомендації щодо забезпечення ефективної експлуатації системи на комунальних підприємствах.

У **додатках** наведено інформаційні дані про розподіл, запаси, видобуток і використання підземних вод в Україні; параметри робочих характеристик насосів; розрахунок окремих елементів, споруд і систем водопостачання; приклад імітаційного моделювання при дослідженнях сумісної роботи споруд з урахуванням різних факторів; впровадження результатів дисертаційної роботи.

ОСНОВНІ НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ І ВИСНОВКИ ДИСЕРТАЦІЇ

У дисертації науково обґрунтовано методологічні засади енергоощадного водопостачання з підземних джерел в умовах динамічної зміни характеристик споруд та обсягів водоспоживання.

На основі проведеної оцінки ефективності роботи водозабірних свердловин в напірних і безнапірних водоносних пластах при змінах їхніх характеристик, встановлено закономірності впливу різних факторів на зменшення подачі води із свердловин в процесі експлуатації. Запропоновано числові та аналітичні способи розрахунку системи водопостачання з підземних джерел із врахуванням змін у процесі експлуатації характеристик насосів, трубопроводів, фільтрів свердловин. Встановлено залежності для визначення основних параметрів автоматизованих систем з гідропневматичними установками, при яких забезпечується економічний режим експлуатації насосів.

Отримали подальший розвиток теорія і методи розрахунків сумісної роботи насосів, водопровідних мереж і резервуарів у баштових та безбаштових системах водопостачання. На основі теоретичного узагальнення результатів експериментальних досліджень підтверджено доцільність застосування нових технологічних схем і конструкцій водознезалізнювальних станцій та фільтрів водозабірних свердловин.

Запропоновано імітаційну модель роботи системи водопостачання, що дозволяє аналізувати різні варіанти водозабезпечення та встановити склад і режими експлуатації споруд при мінімізації питомих витрат електроенергії на подачу води споживачам. Результати роботи впроваджено в нормативні документи та на діючих підприємствах.

СТУПІНЬ ОБҐРУНТОВАНOSTІ ТА ДОСТОВІРНІСТЬ НАУКОВИХ ПОЛОЖЕНЬ І ВИСНОВКІВ

Наведенні у дисертації, наукові положення мають достатнє теоретичне обґрунтування, що підтверджено аналізом великого обсягу літературних джерел, отриманими автором та іншими дослідниками експериментальних результатів. Достовірність теоретичних положень підтверджується їх відповідністю результатам численних розрахунків показників роботи як окремих споруд, так і їхньої сумісної роботи, у складі систем подачі та розподілення води із застосуванням сучасної обчислювальної техніки, програмного забезпечення, чисельних та аналітичних методів.

Робота виконана на належному науково-методичному рівні і є закінченою науковою працею, викладена технічно-грамотною і зрозумілою мовою з рисунками, графіками і схемами, які підтверджують вирішення поставлених завдань. Структура та об'єм дисертаційної роботи відповідає вимогам п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника». Зміст і структура автореферату ідентично відображають зміст, структуру, основні положення та висновки дисертації.

ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ У НАУКОВИХ ВИДАННЯХ

Основні наукові положення, висновки і рекомендації опубліковано у 40 роботах, з них 20 – у фахових виданнях України, 2 монографії, 5 у міжнародних періодичних виданнях, 3 патенти України. Вони повністю розкривають основний зміст і результати дисертаційної роботи. Матеріали роботи пройшли широку апробацію впродовж 2007-2018 років на 5-ти Міжнародних конгресах «ЕТЕВК», 11-ми міжнародних науково-практичних і наукових конференціях у м. Харкові, м. Миргороді, м. Одесі, Києві, 2-х наукових семінарах у м. Рівному і м. Харкові та 8-ми науково-практичних конференціях КНУБА.

ДИСКУСІЙНІ ПИТАННЯ, ЗАУВАЖЕННЯ І ПОБАЖАННЯ:

1. Недостатньо обґрунтована актуальність розвитку *«наукових основ з удосконалення існуючого та розроблення нового науково-методичного забезпечення, яке б дало можливість здійснювати імітаційне моделювання роботи систем водопостачання»*.

2. Пункт наукової новизни *«проведено оцінку ефективності роботи водозабірних свердловин ...»* має практичне значення і не розкриває зміст наукових результатів.

3. У розділі 2 автор наводить практичні рекомендації з *«Проектування водозабірних свердловин»* (п. 2.3.3), які базуються тільки на теоретичних основах розрахунку водозабірних свердловин без їхньої практичної перевірки чи експериментальних даних.

4. При оцінці впливу коефіцієнтів зростання гідравлічних опорів фільтра свердловини, насоса і трубопроводів на робочі параметри свердловин доцільно було б встановити зміни цих коефіцієнтів в часі від найбільш впливових параметрів, зокрема, якості води, умов експлуатації, конструктивних особливостей свердловин та їх обладнання тощо.

5. В дисертації не наведено методик обробки експериментальних даних, їх статистичної оцінки чи кореляційного аналізу (параметри насосів у табл. 3.10

отримано на основі даних табл. 3.9; табл. 4.3 і рис. 4.2; табл. 4.4 і рис. 4.9 та інші).

6. Для удосконалених і запропонованих автором методів розрахунків та моделювання не вказано граничних умов їх застосування.

7. Для запропонованих автором емпіричних формул, зокрема, з визначення регулюючих об'ємів напірних резервуарів локальних водопроводів не проведено оцінки їх достовірності, і першочергово, для нинішніх умов та режимів водоспоживання населеними пунктами України.

8. Розроблені автором «імітаційна модель та метод імітаційного моделювання сумісної роботи взаємодіючих споруд системи водопостачання» є ключовими даної дисертаційної роботи і потребують більш повного наукового обґрунтування, перевірки адекватності при реалізації на конкретних об'єктах.

9. Враховуючи, що більшість рекомендацій та пропозицій, наведених автором у розділі 7, використовуються на діючих комунальних водопроводах уже тривалий час, слід було б більше уваги приділити саме запропонованим методам та навести їхню ефективність у порівнянні із відомими.

10. Результати ефективності запропонованих автором методів слід було б підтвердити не тільки розрахунками, але й фактичними показниками роботи експлуатаційних підприємств, зокрема, зниження питомих витрат електроенергії на подачу води.

Наведені зауваження істотно не впливають на отримані результати, загальні висновки, наукову новизну та практичну цінність дисертаційного дослідження.

ВИСНОВОК

Дисертація Хомутецької Т. П. «Розвиток наукових і практичних засад енергоощадного водопостачання з підземних джерел» містить нові наукові результати і направлена на вирішення актуальної науково-прикладної проблеми у галузі водопостачання – забезпечення населення якісною питною водою при мінімізації питомих витрат електроенергії на подачу води.

Дисертаційна робота Хомутецької Т.П. є закінченою науково-дослідною роботою, відповідає вимогам МОН України до докторських дисертацій, чинного «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» і заслуговує позитивної оцінки.

Зважаючи на отримані особисто автором вагомі наукові та практичні результати, достатню їх апробацію, актуальність та значимість тематики досліджень Хомутецька Т. П. заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.04 – водопостачання, каналізація.

Офіційний опонент –
завідувач кафедри міського будівництва
та господарства Національного університету
водного господарства і природокористування,
д.т.н., професор



Ткачук О.А.

Підпис Ткачука О.А. засвідчую:

Нагелевич Вадим Козів
25.05.2020 р.



