

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Матвієнко Ольги Іванівни «Математичне моделювання та оптимізація режимів роботи систем водопостачання», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

**Актуальність теми дисертації.** Системи водопостачання України на даний час досить зношені та мають ряд проблем економічного і технічного характеру. У дисертаційній роботі розглядаються одні з найбільш гострих проблем систем водопостачання – це непродуктивні втрати води за рахунок витоків, перевитрати електроенергії насосними станціями.

Оптимізація систем водопостачання на базі детермінованих математичних моделей дозволяє отримати вкрай нестійкі розв'язки, які при зміні граничних умов перестають бути оптимальними та можуть вийти з області допустимих режимів. Тому розробка нових математичних моделей, які вирішують цю проблему, є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі прикладної математики Харківського національного університету радіоелектроніки відповідно до планів науково-дослідних робіт держбюджетної теми «Розробка методології та математичних моделей соціально-економічних систем при реалізації концепції їх сталого розвитку» д/б № 293 (ДР № 0115U001522), у виконанні якої автор брав безпосередню участь на посаді наукового співробітника. Крім того, автор є відповідальним виконавцем господарського договору №16-3 «Оцінка потенціалу ресурсозбереження водоводів комплексу водопідготовки «Донець» відокремленого підрозділу комунального підприємства «Харківводоканал» (265/3-НР/16 ДР №0116U007035).





**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Обґрунтованість і достовірність наукових результатів та висновків дисертаційної роботи забезпечується: коректним використанням фізичних законів і законів гідравліки при побудові стохастичних моделей квазістаціонарних режимів роботи систем водопостачання, коректним використанням обчислювальних методів математичного моделювання та оптимального стохастичного управління, високим ступенем збігу якісних і кількісних результатів математичного моделювання з експериментальними даними.

**Характеристика змісту дисертації, її відповідність встановленим вимогам, стиль та повнота викладу наукових положень в опублікованих працях.** Дисертаційна робота Матвієнко Ольги Іванівни «Математичне моделювання та оптимізація режимів роботи систем водопостачання» складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел зі 156 найменувань, 6 додатків. Стиль оформлення та повнота викладу наукових положень дисертації в цілому відповідають встановленим вимогам.

У вступі до дисертації обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет та методи досліджень, приведено інформацію щодо наукових праць, надрукованих під час виконання роботи.

Перший розділ присвячений системному аналізу проблеми ресурсо- та енергозбереження в системі подачі та розподілу води, наведено постановку задач дослідження.

У другому розділі дисертаційної роботи обґрунтовується необхідність розробки стохастичної моделі квазістаціонарних режимів роботи системи подачі та розподілу води, наводяться стохастичні моделі технологічних елементів (насосного агрегату, резервуару чистої води, ділянки трубопроводу, регулюючої засувки), на базі яких побудована загальна стохастична математична модель квазістаціонарних режимів роботи системи подачі та розподілу води. Наводиться стохастична модель квазістаціонарних режимів роботи магістрального водоводу.



У **третьому розділі** наводяться критерії оцінки якості та ефективності функціонування водопровідних розподільчих мереж, математична постановка і метод розв'язання задачі оптимізації квазістаціонарних режимів роботи водопровідних розподільчих мереж, яка включає в себе дві задачі: задачу оптимального розподілу навантаження між насосними станціями і задачу оптимізації квазістаціонарних режимів роботи насосної станції.

Розроблено метод розв'язання задачі мінімізації математичного сподівання сумарних надлишкових тисків у вузлах водопровідної мережі як для вектора управління, що включає стандартний набір режимних параметрів (напір і витрати на виходах насосних станцій), так і для розширеного вектора управління, що включає, крім режимних параметрів, параметри, що визначають оптимальну (зоновану) структуру системи подачі та розподілу води (задача зонування водопровідної мережі).

У **четвертому розділі** наводиться математична постановка задачі оптимального стохастичного управління режимами роботи магістрального водоводу; розроблено чисельний метод її розв'язання при тризонному тарифі на електроенергію на основі модифікованого методу гілок і меж та проведена оцінка економічного ефекту в результаті переходу від існуючої системи управління режимами роботи магістрального водоводу до системи оптимального стохастичного управління з використанням тризонного тарифу на електроенергію для комплексу водопідготовки «Донець» окремого підрозділу комунального підприємства «Харківводоканал». Також для цього магістрального водоводу були розроблені кілька варіантів модернізації його обладнання та структури.

У додатках представлені результати розрахунків для розроблених у дисертаційній роботі моделі та методів.

**Нові наукові результати дисертаційної роботи.** У дисертаційній роботі отримані нові наукові результати, серед яких найбільш вагомими визначаємо наступні:



–розроблена математична модель квазістаціонарних режимів роботи системи подачі та розподілу води, що враховує стохастичний характер об'єкта управління та навколишнього середовища й адекватно описує процеси транспорту та розподілу води в системі водопостачання на заданому інтервалі часу;

–розроблено математичну модель задачі оптимального стохастичного управління режимами роботи магістрального водоводу з імовірнісними та екстремальними обмеженнями на фазові змінні, розв'язання якої дозволяє отримати мінімум математичного сподівання вартості витрат на електроенергію при тризонному тарифі на інтервалі управління;

–розроблений наближений метод розв'язання задачі оптимального стохастичного управління режимами роботи магістрального водоводу, оснований на побудові її детермінованого еквіваленту та використанні методу гілок і меж;

–отримав подальший розвиток метод оптимального стохастичного управління розвитком систем подачі та розподілу води шляхом зонування водопровідних розподільчих мереж для міст із складним рельєфом місцевості і різною поверховістю забудови;

–отримала подальший розвиток математична модель задачі оптимізації режимів роботи насосної станції на заданому інтервалі часу, розв'язання якої забезпечує мінімум математичного сподівання затрат електроенергії та стійкість розв'язку до прогнозованого рівня стохастичних збурень.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати проведених досліджень доповідалися та обговорювалися на 8 міжнародних конференціях, участь у яких підтверджена тезами доповідей, на наукових семінарах кафедри прикладної математики Харківського національного університету радіоелектроніки.

**Практичне та теоретичне значення отриманих результатів.** Розроблена в дисертаційній роботі стохастична модель квазістаціонарних режимів роботи систем подачі та розподілу води дозволила врахувати



стохастичний характер об'єкта управління та оточуючого середовища, адекватно описує фактичні режими роботи системи водопостачання на заданому інтервалі часу і може використовуватися як базова модель для постановки та розв'язання задач оптимального стохастичного управління розвитком і функціонуванням систем подачі та розподілу води. У дисертаційній роботі розроблені наближені методи розв'язання цих задач.

Розроблені математичні моделі і методи включені:

– до навчального процесу в Харківському національному університеті радіоелектроніки в курсовому і дипломному проектуванні, у дисциплінах «Оптимальне стохастичне керування в системах енергетики» і «Стохастичне програмування» при проведенні лабораторних робіт і практичних занять;

– у держбюджетну науково-дослідну роботу д/б № 293 на тему «Розробка методології та математичних моделей соціально-економічних систем при реалізації концепції їх сталого розвитку» (ДР № 0115U001522);

– в госпдоговірну науково-дослідну роботу «Оцінка потенціалу ресурсозбереження водоводів комплексу водопідготовки «Донець» окремого підрозділу комунального підприємства «Харківводоканал» (№ 0116U007035).

У процесі знайомства з дисертаційною роботою у рецензента виникли наступні зауваження:

1. При розв'язанні задачі зонування використання регуляторів тиску, які забезпечують стабілізацію вихідного тиску на всьому інтервалі управління, може виявитися не достатньо ефективним для мінімальних обсягів водоспоживання. Більш ефективний розв'язок буде отриманий, якщо використовувати регулятори тиску з дистанційним регулюванням рівня тиску, що стабілізується, на їх виходах. Це забезпечить можливість стабілізації тиску в диктуючих точках виділеної зони.

2. При побудові стохастичних моделей технологічних елементів системи водопостачання автор наводить лише оцінки математичного сподівання цих моделей, але не наводить оцінки дисперсій, а тільки посилається на метод, яким вони можуть бути отримані.



3. При метрологічній атестації стохастичної моделі квазістаціонарних режимів роботи водопровідних мереж обчислення оцінок дисперсій залежних змінних (тисків у вузлах водопровідної мережі) від величини дисперсій незалежних змінних (витрат у вузлах водопровідної мережі) автор обмежився лише першими похідними в розкладанні неявних нелінійних функцій випадкових аргументів у ряд Тейлора, це відповідає гіпотезі про взаємну незалежність процесів водоспоживання у водопровідній мережі. Однак, відомо, що процеси водоспоживання різними категоріями споживачів водопровідної розподільчої мережі сильно корельовані. Чи не призводить не врахування цього чинника до зміщення цих оцінок і втрати їх ефективності?

4. Не ясно, чому для розв'язання задачі оптимізації квазістаціонарних режимів роботи водопровідної розподільчої мережі обраний метод нульового порядку.

5. При розв'язанні задачі оптимального стохастичного управління режимами роботи магістрального водоводу використовується метод гілок і меж, проте процедура відсіювання неперспективних варіантів недостатньо обгрунтована.

6. У задачі зонування водопровідної мережі вибір порогового значення надлишкового тиску при виділенні зон задається. Формального алгоритму для обгрунтованого вибору цього порога в дисертаційній роботі не наведено.

7. При заданні граничних умов під час розрахунку квазістаціонарних режимів роботи системи водопостачання автор використовує прогнози водоспоживання у вузлах водопровідної мережі, проте в дисертаційній роботі відсутні як математичні моделі процесів водоспоживання, так і методи обчислення прогнозів цих величин.

**Висновки по дисертаційній роботі.** Проте, попри цих зауважень, можна стверджувати, що автором проведене корисне дисертаційне дослідження, результати якого знайдуть своє місце на практиці. Слід відмітити, що Матвієнко Ольгою Іванівною проведений значний обсяг



досліджень, направлених на підвищення якості та ефективності функціонування систем водопостачання.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

Вважаю, що дисертаційна робота Матвієнко О. І. «Математичне моделювання та оптимізація режимів роботи систем водопостачання» є закінченою науковою працею. Всі наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, опубліковані у п'яти провідних фахових виданнях і пройшли апробацію на міжнародних конференціях та семінарах. Дисертаційна робота відповідає всім вимогам до кандидатських дисертацій згідно з «Порядком присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою КМ України від 24.07.2013 р. №567, пункти: 9,11,12, а її автор, Матвієнко Ольга Іванівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент  
професор кафедри математичних методів  
системного аналізу Навчально-наукового  
комплексу «Інститут прикладного системного  
аналізу» КПІ ім. Ігоря Сікорського,  
доктор технічних наук, професор



В. Я. Данилов

Підпис професора кафедри математичних методів  
системного аналізу Данилова В. Я. засвідчую



*В. Я. Данилова*  
ВІДЧУЮ  
ДЛЯ ДІЛОВОГО  
ПОСТУПАННЯ  
*В. Я. Данилова*  
ВР-110