

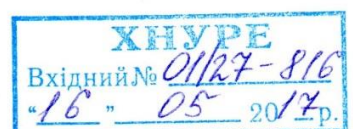
## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора  
Руденка Олега Григорійовича  
на дисертацію Стеценко Анастасії Михайлівни  
на тему: «Автоматизоване керування вологозабезпеченістю  
сільськогосподарських культур при підґрунтовому зволоженні з врахуванням  
збурень», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних  
наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Проблема керування вологозабезпеченням сільськогосподарських культур у цілому світі є надзвичайно важливою. Перетворення сільськогосподарського виробництва у високорозвинутий сектор економіки неможливе без зменшення його залежності від несприятливих природо-кліматичних умов шляхом ведення зрошувального землеробства у зонах недостатнього та нестійкого зволоження. Зрошувальне землеробство є важливою складовою виробництва продукції рослинництва, стабілізуючим фактором продовольчого та ресурсного забезпечення держави, особливо в роки з несприятливими погодними умовами. В залежності від кліматичних умов, рельєфу, глибини залягання ґрунтових вод застосовують різні види зрошення: краплинне, дощування, полив по смугам і борознам, підґрунтове. На територіях з надмірним зволоженням для зменшення вологості ґрунту до необхідного для сільськогосподарських культур рівня застосовують осушувальні системи. На територіях з глибиною залягання ґрунтових вод до 1.5-2 м та рівнинним рельєфом широко застосовують підґрунтове зволоження. Прикладами є західна та центральна частини України, Білорусь.

Осушені землі в Україні становлять 3.2 млн. га, майже 70 % з них мають закритий дренаж, на 1.1 млн. га застосовується двостороннє регулювання водного режиму. На даний час технічний стан внутрішньогосподарських осушувальних систем потребує покращення шляхом модернізації та докорінної реконструкції. Крім того, через незадовільний технічний стан меліоративної мережі в посушливі роки не на всій площі використовуються за призначенням системи двобічної дії. Існує потреба відновлення ефективного функціонування наявних меліоративних систем на осушуваних землях, що не повною мірою забезпечується шляхом використання ручного режиму регулювання вологості ґрунту. Існуючі засоби





водорегулювання потребують вдосконалення у напрямку покращення точності регулювання рівнів води, врахування впливу випадкових зовнішніх збурень, забезпечення ресурсозберігаючих режимів зрошення сільськогосподарських рослин в умовах дефіциту водних та енергетичних ресурсів, що створить умови для ефективного ведення землеробства.

На даний час залишаються відкритими питання адаптації і самонавчання автоматизованих систем керування вологістю ґрунту в умовах дії випадкових погодних факторів, зміни характеристик об'єкта керування; підвищення точності керування завдяки оперативному врахуванню дії збурень на об'єкт, забезпечення отримання планової врожайності сільськогосподарських культур при раціональному використанні енергетичних і водних ресурсів. Крім того, сучасні системи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур повинні не тільки забезпечувати достатню точність керування, а й прогнозувати потребу рослин у воді на певний період, мінімізувати енергетичні та водні витрати без втрати врожаю, бути надійними та зручними в експлуатації, надавати оператору повну та своєчасну інформацію про значення усіх параметрів та стан системи керування. Комплексне вирішення цих проблем можливе лише за допомогою розробки сучасних технічних засобів автоматизації, нових математичних моделей вологопереносу у ненасиченій зоні ґрунту та методів керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур. Все це свідчить про те, що проблема створення методів автоматизованого керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур з врахуванням збурень є надзвичайно актуальною.

Дисертаційна робота виконана в рамках НДР «Розробка та дослідження елементів і систем автоматизації та їх моделювання», № ДР 0110U000-823, що виконувалася у Національному університеті водного господарства та природокористування відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 1704 від 16.11.2000 р. «Про комплексну програму розвитку меліорації земель і поліпшення екологічного стану зрошуваних та осушених угідь на період до 2010 року» (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 863 (863-2006-п) від 24.06.2006), в якій автор брала участь як співвиконавець.

## **2. Оцінка змісту дисертації, її завершеності та оформлення**

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку джерел, 11 додатків і за структурою та обсягом відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій з технічних наук.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і



методи досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора в роботи, виконані у співавторстві, відомості про апробацію результатів дисертації та кількість публікацій за темою дисертаційної роботи.

У **першому розділі** проаналізовано сучасний стан функціонування зрошувального та осушувального землеробства, визначено еколого-економічні проблеми його розвитку. Проведено аналіз існуючих методів керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур. Зазначено, що сучасний рівень автоматизації ОЗС є недостатнім і не забезпечує потрібну точність та оперативність керування вологістю. У зв'язку з цим для покращення роботи ОЗС необхідно розробити нові методи керування, зокрема за допомогою застосування методів інтелектуального керування і моделювання на базі нечіткої логіки та нейронних мереж і впровадити сучасні технічні засоби автоматизації та інформаційних технологій.

У **другому розділі** наведено структуру ОЗС Рівненської дослідної сільськогосподарської станції, визначено фактори впливу на ріст та розвиток сільськогосподарських культур, зокрема аерації, температури, вологості, рівня ґрунтових вод. Розроблено каскадно-комбіновану структурну схему автоматизованої системи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтового зволоженні за допомогою зміни рівня ґрунтових вод. Створено нові прогнозуючі математичні моделі вологопереносу у ненасиченій зоні модульної ділянки ґрунту на основі статичних багат шарових штучних нейронних мереж прямого поширення різної архітектури та нео-фаззі мереж, які використовуються для перевірки ефективності роботи різних методів керування, а також у складі автоматизованого робочого місця диспетчера ОЗС. Розроблено новий метод параметричної ідентифікації коефіцієнта вологопровідності ненасиченої зони ґрунту на основі статичних багат шарових штучних нейронних мереж прямого розповсюдження.

У **третьому розділі** розроблено нові методи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтового зволоженні на основі статичних багат шарових штучних нейронних мереж прямого розповсюдження різної архітектури та нео-фаззі мереж, виконано їх порівняльний аналіз. Проведено моделювання автоматизованої системи керування вологозабезпеченістю, досліджено її динамічні властивості. Застосовано інтелектуальні методи підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності в задачах оптимального керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур. Розроблено новий метод керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при



крапельному зволоженні на основі нечіткої логіки з врахуванням впливу випадкових збурень на об'єкт. Розроблені методи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур дозволяють підвищити точність керування вологістю ґрунту при підґрунтовому та крапельному зволоженні шляхом оперативного врахування впливу збурень.

У **четвертому розділі** розроблено апаратну частину автоматизованої системи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур та програмне забезпечення для всіх вузлів системи керування. Матеріали наукових і технічних розробок дисертаційної роботи впроваджено в Обухівському міжрайонному управлінні водного господарства. Показана можливість адаптації розроблених моделей для прогнозування всмоктуючого тиску ґрунту та керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур до різних ОЗС з підґрунтовим зволоженням. Розроблено програмне забезпечення для прогнозування всмоктуючого тиску ґрунту та керування вологозабезпеченістю на базі нео-фаззі мереж, яке є універсальним і може використовуватися для різних ОЗС з підґрунтовим зволоженням.

У **висновку** стисло відображено основні результати, отримані в роботі.

У **додатках** наведено деякі додаткові матеріали та акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Автореферат повністю відображує основні положення дисертації.

### **3. Наукова новизна одержаних результатів**

Основні результати, які визначають наукову новизну дисертаційної роботи:

#### *1. Вперше:*

- розроблено прогнозуючі математичні моделі ненасиченої зони модульної ділянки ґрунту як об'єкту керування, які відрізняються тим, що в їх основі лежать статичні багат шарові штучні нейронні мережі прямого розповсюдження та нео-фаззі нейронні мережі, що дозволило підвищити точність прогнозування всмоктуючого тиску (вологості) ґрунту;

- розроблено метод параметричної ідентифікації коефіцієнта вологопровідності ненасиченої зони ґрунту, який відрізняється тим, що в його основі лежать статичні багат шарові штучні нейронні мережі прямого розповсюдження, що дозволило суттєво підвищити точність його визначення;

- розроблено методи керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтовому зволоженні на основі статичних багат шарових штучних нейронних мереж прямого



розповсюдження і нео-фаззі нейронних мереж з врахуванням збурень, структура контурів керування, що дозволило підвищити точність керування вологозабезпеченістю, оперативність процесу прийняття рішень;

- застосовано інтелектуальні методи підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності в задачах оптимального керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур, що дозволило економити водні та енергетичні ресурси з одночасним забезпеченням отримання планового врожаю.

2. *Удосконалено* структуру гідравлічного регулятора вологості кореневого шару ґрунту двосторонньої дії, в яку введено додаткові електромагнітні клапани, давачі рівня води, кількості опадів, температури та відносної вологості повітря, швидкості вітру та мікропроцесорний блок керування, обладнаний безпроводним інтерфейсом зв'язку, що дозволило підвищити швидкодію роботи та опрацювання інформації, точність керування вологістю кореневого шару ґрунту.

#### **4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів**

Достовірність одержаних наукових результатів забезпечено коректним використанням сучасних методів теорії автоматичного керування, теорії нейронних мереж та нечіткої логіки, математичного та імітаційного моделювання, чисельних методів розв'язку диференціальних рівнянь в частинних похідних, методів підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності.

#### **5. Практичні результати роботи, їх рівень і ступінь впровадження**

Теоретично опрацьовані результати дисертаційного дослідження можуть бути використані у процесі проектування, розробки, впровадження нових та модернізації існуючих систем автоматизації осушувально-зволожувальних систем.

Результати роботи апробовані на реальних даних Рівненської дослідної сільськогосподарської станції та впроваджені в Обухівському міжрайонному управлінні водного господарства м. Обухів Київської обл. (акт від 20 червня 2012 р.). Результати досліджень використовуються у навчальному процесі при підготовці фахівців зі спеціальності «Автоматизоване управління технологічними процесами» у Національному університеті водного господарства та природокористування, м. Рівне (акт від 01 жовтня 2015 р.), у НДР студентів, підготовці дипломних проектів та магістерських робіт.



## **6. Повнота викладення наукових та практичних результатів дисертації в опублікованих роботах, особистий внесок дисертанта в публікації**

Основні наукові положення, результати, висновки та рекомендації дисертаційної роботи отримані автором самостійно. За результатами досліджень опубліковано 36 наукових праць, у тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук (з них 1 стаття входить до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus); 26 публікацій у матеріалах науково-технічних конференцій, з яких 2 тез входить до міжнародної наукометричної бази SCOPUS. 1 патент України на корисну модель.

## **7. Зауваження щодо змісту і оформлення дисертації та автореферату**

1. В підрозділі 1.2.2 розглядаються результати робіт досліджень, отриманих у низці робіт, зокрема у [31; 33]. При цьому авторка посилається на ці роботи практично практично у кожному абзаці по декілька разів, що є недоцільним.

2. У підрозділі 1.3.2 роботи відзначаються “характерні ознаки доцільності застосування нейронних мереж до вирішення сформульованої задачі”, але мова йде про задачу прогнозування, яка не сформульована. Крім того, авторка пише, що “поряд з цим можна сформулювати прогноуючі властивості штучних НМ”. На мій погляд, слід було б писати не “сформулювати”, а “відмітити”.

3. Побудова будь якої ШНМ потребує вирішення задач визначення структури мережі та її параметрів, що відзначається і в роботі. Тому слід було б більш детально розглянути ці питання, як і питання спрощення структури. Відносно останнього слід зазначити, що на цей час існує декілька підходів, які відрізняються багатьма властивостями, зокрема обчислювальною складністю.

4. Для навчання ШНМ в роботі використовується метод зворотного поширення помилки, який має багато недоліків. Слід було б використати якусь модифікацію цього методу, наприклад, з використанням моментів та вибором їх оптимальних параметрів, з регуляризацією рішень, QuickProp, RPROP тощо.

5. Зміна зовнішніх умов призводить до нестаціонарності об’єктів, що досліджуються. Для цього випадку слід було б розглянути питання адаптації структури, параметрів нейромережових моделей, а можливо, і алгоритму навчання до цих змін.



6. Слід було б провести порівняльний аналіз ефективності персептронної моделі та моделі на основі радіально-базисних мереж, тим більше, що в дисертації проведено дослідження побудови персептронну при виборі гаусових активаційних функцій нейронів прихованого шару.

7. При розробці математичної моделі колекторно-дренажної системи та насиченої зони ґрунту авторка обмежується побудовою лінійних динамічних моделей. Не зрозуміло, чому для цього випадку не було використано нейромережвий підхід, який виявився ефективним при побудові інших моделей.

8. При розробці методу керування вологістю ґрунту за допомогою крапельного зрошення на основі нечіткої логіки в роботі використовуються без пояснень вже не трикутні функції належності змінних.

9. В третьому розділі роботи синтезовано ПД-регулятор для керування вологозабезпеченістю модульної ділянки за допомогою зміни рівня ґрунтових вод. При цьому використовуються лінійні динамічні моделі об'єктів, що досліджуються. На мій погляд, слід було б скористатися побудовою нейро ПД- регуляторів на основі отриманих нейромережвих моделей, які є більш ефективними при керуванні нелінійними динамічними об'єктами.

10. При розробці інтелектуальних методів підтримки прийняття рішень в умовах багатокритеріальності в задачах оптимального керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур авторка обмежується тільки двома критеріями - витратами на зміну РГВ та відносною врожайністю, використовуючи принцип головного критерію, коли в якості головного критерія розглядаються витрати на зміну РГВ, а у ролі обмеження - відносна врожайність. Слід було б сформулювати задачу багатокритеріальної оптимізації більш строго, наприклад, з застосуванням множини Парето, і розглянути інтелектуальні методи її вирішення.

Зазначені недоліки не є принциповими і суттєво не зменшують загального позитивного враження від поданої роботи.

## **8. Висновки**

Дисертація Стеценко Анастасії Михайлівни є завершеною науковою роботою, у якій отримані нові наукові та практичні результати, що вирішують важливу науково-технічну задачу розробки моделей і методів керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур на осушувально-зволожувальних системах з підґрунтовим зволоженням для підвищення ефективності їх функціонування, економії водних та

енергетичних ресурсів. Актуальність і практична важливість результатів роботи підтверджується актами впровадження.

Таким чином, вважаю, що за актуальністю теми, науковою новизною, ступенем обґрунтованості наукових результатів, практичною цінністю, повнотою викладення результатів у працях здобувача і за оформленням дисертаційна робота повністю відповідає вимогам до кандидатських дисертацій, зокрема, пунктам 9, 11 – 14 «Порядку присудження наукових ступенів», а її авторка, Стеценко Анастасія Михайлівна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 – автоматизація процесів керування.

Офіційний опонент

завідувач кафедри інформаційних систем  
Харківського національного економічного  
університету імені Семена Кузнеця,  
доктор технічних наук, професор



О.Г. Руденко

Підпис Руденка О.Г. засвідчую,  
вчений секретар Харківського національного  
економічного університету ім. Семена Кузнеця



О.В.Писарчук