УДК 631.432:626.86

Автоматизація процесу керування вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтовому зволоженні на меліоративних системах двосторонньої дії

В.Й. Пастушенко, А.М. Стеценко [1]

Annotation – **In the paper a structure of automated control system of agricultural cultures water well being during underground watering is described; several algorithms for soil's moisture's control, mathematical model of control object, software and hardware of control system are developed.**

Keywords – **automated control system, neuro-fuzzy controller, neuro-controller, equation of water transfer, humidifying-drained system, modular field of soil.**

I. Вступ

При вирощуванні сільськогосподарських культур на меліорованих землях одним з найважливіших параметрів керування є водно-повітряний режим ґрунту, який на осушувально-зволожувальних системах (ОЗС) двосторонньої дії з підґрунтовим зволоженням регулюється шляхом зміни рівня ґрунтових вод (РГВ). У даній роботі поставлено задачу розробки структурної схеми автоматизованої системи керування (АСК) вологозабезпеченістю, алгоритмів її роботи, математичної моделі об'єкта керування (ОК), інформаційного та технічного забезпечення.

II. Структурна схема АСК вологозабезпеченістю та аналіз ОК

АСК вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур при підґрунтовому зволоженні є каскадною системою керування, внутрішнім контуром якої є контур керування рівнем води у керуючому колодязі, а зовнішнім, задаючим, контур керування вологістю (всмоктуючим тиском) ґрунту. Об'єкт керування зовнішнього контуру можна розділити на два підоб'єкти – 1 - колекторно-дренажна система та насичена зона ґрунту, 2 - ненасичена зона ґрунту.

Модульна ділянка ґрунту як об'єкт керування представляє собою складну розподілену в просторі систему, якій притаманна стохастична невизначеність внаслідок дії стохастично змінних збурень та лінгвістична невизначеність у зв'язку з оцінюванням прогнозованих метеопараметрів у формі певного діапазону значень («невеликий дощ», «висока температура» тощо). Разом із тим існує складність у врахуванні усіх збурень, що діють на ОК, одночасно [1].

III. Алгоритми керування вологістю ґрунту та технічна реалізація АСК

При керуванні всмоктуючим тиском (вологістю) ґрунту для визначення конкретного значення уставки РГВ на наступний період слід враховувати поточний стан об'єкта та дані короткотермінового метеопрогнозу. Для врахування впливу на об'єкт стохастично змінних метеопараметрів пропонується скористатися механізмами нечіткої логіки. При такій кількості вхідних параметрів, які спричиняють вплив на вихідну величину (РГВ), сформувати вручну правила нечіткого виведення є досить складною задачею. Тому пропонується скористатися механізмом нечітких нейронних мереж і представити регулятор вологості ґрунту у наступному вигляді:

$$L_{k+1} = NN\left(P_k, P_{k+1}, D_k, D_{k+1}, W_k^h, W_{k+1}^h, L_k\right), \quad (1)$$

де вхідними параметрами є кількість опадів P (мм), дефіцит вологості повітря D (мбар), всмоктуючий тиск W^h (м) у визначеному шарі ґрунту h. Вихідним параметром є рівень ґрунтових вод L (РГВ) від світлової поверхні (м). $NN(\ )$ - перетворення, яке здійснюється нейронною мережею; k - поточний крок.

Під час росту рослини проходять різні фази розвитку, у зв'язку з чим розроблено декілька регуляторів виду (1), орієнтованих на керування вологістю ґрунту у певному його шарі (0-10, 10-20, 30-40 см). Перемикання між регуляторами здійснюється по мірі розвитку кореневої системи рослини.

Нейро-нечіткий регулятор (1) має обмеження по кількості вхідних параметрів, але дає можливість синтезувати систему нечіткого виведення на основі експериментальних даних, чим забезпечує наочність представлення і можливість редагування правил нечіткого виведення, функцій приналежності вхідних змінних. З метою підвищення точності керування необхідно збільшити кількість вхідних параметрів та використовувати класичні нейромережі. Для визначення РГВ пропонується наступна нейронна мережа з 11-ма входами:

$$L_{k+1}^h = NN\left(P_{k-1}, P_k, P_{k+1}, D_{k-1}, D_k, D_{k+1}, L_{k-1}, L_k, W_{k-1}^h, W_k^h, W_{k+1}^h\right) \quad (2)$$

[1] Національний університет водного господарства та природокористування, вул. Соборна, 11, Рівне, 33000, УКРАЇНА, E-mail: vteren@gmail.com, s_anastasia@ukr.net

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

У ході роботи побудовано декілька типів нейромереж: багатошарова, узагальнено-регресійна, лінійна, радіально-базисна, радіально-базисна мережа з нульовою помилкою на навчальній вибірці. У ході роботи сформовано два варіанти навчальної і тестової вибірок даних. Перша вибірка включала 173 навчальні точки одного року і 173 точки іншого. У другому випадку було взято 519 точок двох експериментальних років, 346 з них відібрано для навчання і 173 для тестування. У першому випадку найкращі результати при тестуванні показала лінійна мережа, у другому – узагальнено-регресійна та радіально-базисна. Нейромережі з лінійними передаточними функціями нейронів менш точно апроксимують нелінійну залежність РГВ від погодних факторів і всмоктуючого тиску (вологості) ґрунту, але краще пристосовуються до вхідних даних, які значно відрізняються від навчальних. Нейромережі з нелінійними передаточними функціями нейронів (сигмоїдні, радіально-базисні) з високою точністю запам‘ятовують навчальний шаблон даних і показують високу точність на даних, які подібні до навчальних (погодні умови років навчання і тестування подібні), але гірше працюють на даних, які не фігурували при навчанні. Отже, якщо погодні умови року тестування відрізняються від погодних умов року навчання, то використовуємо лінійну мережу. Якщо шаблон навчальних даних включає в себе експериментальні дані років різних ступеней зволоженості та різних температурних режимів, для визначення необхідного РГВ на розрахунковий період використовуємо узагальнено-регресійну та радіально-базисну мережі [2].

У якості альтернативи пропонується також алгоритм керування вологозабезпеченістю на основі розв‘язку рівняння вертикального вологопереносу, яке представляється у вигляді диференційного нелінійного рівняння параболічного типу. Основне рівняння руху ґрунтової вологи має вигляд:

$$\frac{\partial\theta}{\partial\tau}=\frac{\partial}{\partial z}\left[k(\theta)\frac{\partial\psi}{\partial z}-k(\theta)\right]-I(z,\theta), \qquad (3)$$

де θ - об‘ємна вологість ґрунту, м^3/м^3; $k=k(z,\theta)$ - коефіцієнт вологопереносу, м^3/добу; $\psi=\psi(z,\theta)$ - капілярно-сорбційний потенціал (всмоктуючий тиск ґрунту), м; $I(z,\theta)$ - об‘єм вологи, який видаляється з одиниці об‘єму ґрунту за одиницю часу (в основному це споживання води рослинами та фізичне випаровування); z – вертикальна координата, напрямлена вниз; τ - час.

При цьому, маючи короткотерміновий метеопрогноз, можемо розрахувати значення вологості (всмоктуючого тиску) ґрунту по вертикальній координаті від поверхні ґрунту до РГВ у певні визначені моменти часу. За отриманими даними ідентифікується величина зміни РГВ, яка забезпечить задану вологість у кореневмісному шарі ґрунту. Система керування за даним алгоритмом може працювати як в автоматичному, так і в ручному дистанційному режимах.

Для забезпечення водо- та енергоощадливих технологій зрошення пропонується проводити корекцію розрахованого значення РГВ з врахуванням фінансових витрат на його зміну та значення очікуваної врожайності сільськогосподарської культури. Розрахунок кінцевого значення РГВ при цьому рекомендовано проводити за допомогою методів прийняття рішень в умовах багатокритеріальності (принцип головного критерію, схема максимальної загальної корисності тощо).

При моделюванні АСК вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур ненасичена зона ґрунту представлена у вигляді нейромережі виду:

$$W^h_{k+1}=NN(P_{k-1},P_k,P_{k+1},D_{k-1},D_k,D_{k+1},$$
$$L_{k-1},L_k,L_{k+1},W^h_{k-1},W^h_k), \qquad (4)$$

де вхідними параметрами є кількість опадів P (мм), дефіцит вологості повітря D (мбар), рівень ґрунтових вод L від світлової поверхні (м). Вихідним параметром є всмоктуючий тиск W^h (м) у визначеному шарі ґрунту h. $NN(\ )$ - перетворення, яке здійснюється нейронною мережею; k - поточний крок.

У якості альтернативи нейронній мережі ненасичену зону ґрунту можна представити за допомогою рівняння вологопереносу (3). Перевагою використання нейронних мереж є можливість побудови моделі об‘єкту на основі експериментальних даних, не маючи точних залежностей для $k=k(z,\theta)$ і $\psi=\psi(z,\theta)$.

Технічно АСК вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур пропонується реалізувати на таких структурних одиницях: гідравлічний регулятор з мікропроцесорним блоком керування на основі двох мікроконтролерів PIC18F4620 і PIC16F690; вимірювальна станція з мікропроцесорним блоком на основі двох мікроконтролерів PIC16F690; автоматизоване робоче місце диспетчера ОЗС на базі ПК; переносний пульт керування оператора; блок дискретних силових виходів; блок контролю напруги на основі мікроконтролера PIC16F690; давачі технологічних параметрів. Для роботи АСК вологозабезпеченістю розроблено програмне забезпечення для всіх її вузлів.

IV. Висновок

Розроблена АСК вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур дозволить підвищити точність керування і забезпечити отримання планових врожаїв сільськогосподарських культур.

Список посилань

[1] А. Леоненков Нечёткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech. – Санкт Петербург, «БХВ-Петербург», 2005, 719 с.

[2] В.С. Медведев, В.Г. Потёмкин Нейронные сети. Matlab 6. / Под общей ред. к.т.н. В.Г. Потёмкина. – Москва, ДИАЛОГ-МИФИ, 2002, 496 с.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua