

ІНЖЕНЕРНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 631.432:626.86

В.Й. Пастушенко, к. т. н., доцент
С.К. Матус, старший викладач
С.В. Шатний, інженер програміст

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ НА КЕРОВАНИХ МОДУЛЯХ ОСУШУВАЛЬНО-ЗВОЛОЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
e-mail: vteren@gmail.com

У роботі запропоновано систему локального моніторингу на керованих модулях осушувально-зволожувальних систем для збору, передачі та аналізу технологічних параметрів, необхідних для просторово-часового оцінювання їх впливу на формування меліоративного режиму осушуваних земель з використанням стаціонарних тензіометричних вологомірів

Ключові слова: система моніторингу, керований модуль, тензіометр з автоматичною дозаправкою, вологість ґрунту

Вступ

Впровадження сучасних систем моніторингу та автоматизованого управління є актуальною і важливою задачею для багатьох технологічних процесів. Використання таких систем дозволяє здійснювати оперативний контроль, оцінювання, прогнозування та ефективне управління різноманітними об'єктами (гідромеліоративними, водними, геофізичними системами та ін.).

Аналіз досліджень і публікацій

На відміну від традиційної концепції, яка орієнтована тільки на отримання максимального врожаю, в сучасних ринкових умовах, сільськогосподарське виробництво повинно максимізувати доходи при мінімумі витрат і дотримуватися екологічних обмежень [7, 8]. При цьому основну практичну задачу рослинництва можна сформулювати як проблему прийняття рішень, тобто вибору альтернатив, найбільш оптимальних варіантів з одночасним дотриманням вимог до охорони зовнішнього середовища.

Система підтримки прийняття рішень в меліорації включає в себе оптимізаційно-імітаційні моделі і інформаційну систему, яка забезпечує зберігання і підготовку даних для проведення розрахунків по об'єкту дослідження. Потрібно підкреслити, що обґрунтованість вибору правильного рішення визначається точністю і надійністю вихідної об'єктивної інформації, яку отримують за результатами моніторингу.

Постановка завдання. У роботі запропоновано систему моніторингу технологічних параметрів на керованих модулях осушувально-зволожувальних систем (рис. 1), яка передбачає контроль за станом рівня ґрунтових вод (РГВ), вологості ґрунту та метеоданими.

Основний зміст. Через особливості експлуатації меліоративних систем (значна розсосередженість, сезонний обробіток ґрунту, вирощування різних культур на керованих модулях і т.д.) в якості систем зв'язку доцільне використання безпроводних мереж зв'язку. Швидкий розвиток GSM- мереж та УКХ-радіостанцій відкриває перспективи їх використання у системах моніторингу та керування на меліоративних системах.

Технічні засоби вимірювання вологості (всмоктуючого тиску) в складі системи контролю реалізується на основі стаціонарних закладних вологомірів, що розміщуються на репрезентативних ділянках керованого

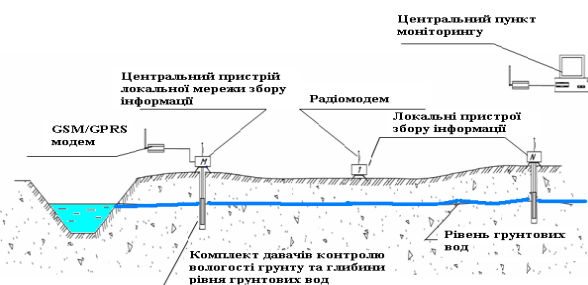


Рис. 1. Схема моніторингу технологічних параметрів на керованих модулях меліоративних систем

балансового модуля меліоративних систем. Використовуються тензіометри з автоматичною дозаправкою [1], що покращує їх експлуатаційні характеристики та мікропроцесорною системою обробки та передачі інформації по радіо- чи GSM каналу.

Розрахунок вологозапасів кореневмісного шару ґрунту здійснюється за розробленою методикою [2]. На основі отриманої інформації система керування за відповідними алгоритмами синтезує керуючі впливи, які через радіо- чи GSM канали здійснюють управління автоматизованими регулюючими органами (гідрорегуляторами чи насосними станціями), забезпечуючи ресурсозберігаючі режими водорегулювання [3].

Тензіометр з автоматичною дозаправкою (рис. 2), конструктивно складається із двокамерної пластикової труби із вимірювальним 1 та підживлюючим 2 керамічними фільтрами. Розрідження у вимірювальній камері вимірюється електронним давачем РЕ та передається на мікропроцесорний пристрій MCU для обробки та аналізу інформації.

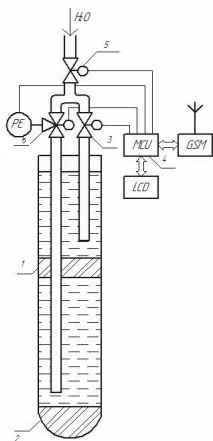


Рис. 2. Конструкція тензіометра з автоматичною дозаправкою

Елементами налаштування тензіометра є два двохходових електромагнітних клапани 3 і 5 та один трьохходовий електромагнітний клапан (4). Давач розрідження РЕ під'єднано до електромагнітного клапана 4, що забезпечує його з'єднується з першою або другою камерою тензіометра. Керування клапанами здійснюється за допомогою мікропроцесорного блоку через релейні елементи. Наповнення камер тензіометра водою відбувається із зовнішньої ємності яка знаходиться над його корпусом. Подача води відбувається через електромагнітний клапан (5). Наповнення камер відбувається по чергово, шляхом перемикання клапанів (2) та (3). Перед встановлення тензіометра у вимірювальний ґрунтовий масив необхідно провести наповнення обох його камер. Процес наповнення камер тензіометра відбувається в два етапи, на першому етапі відбувається відкриття верхнього електромагнітного клапана (5) та трьохходового клапана (2) для заповнення нижньої камери тензіометра. Після заповнення нижньої камери відбувається перекриття трьохходового клапана (2) та відкриття клапана (3) для заповнення верхньої камери тензіометра. Після заповнення обох камер тензіометр переходить в режим вимірювання розрідження в обох камерах за допомогою електронного давача розрідження. Вода просочується через керамічні фільтри в ґрунт і в результаті цього створюється розрідження в камерах. В залежності від алгоритмів керування конструкція може працювати в двох режимах: в режимі вимірювання вологості кореневого шару ґрунту з автоматичною дозаправкою або в режимі періодичного вимірювання на двох глибинах ґрунтового профілю. В першому режимі вимірювальний керамічний фільтр розміщується в репрезентативній точці ґрунтового профілю, а підживлюючий – в зоні рівня ґрунтових вод. При досягненні величиною розрідження в верхній камері нижньої границі експлуатаційного діапазону (~0,85 атм.) автоматично відкриваються клапани 3 і 4, що забезпечує стабільну роботу перетворювача в режимі низьких значень вологості без необхідності демонтажу та дозаправки на протязі вегетаційного періоду. В другому режимі при відповідному розміщенні керамічних фільтрів пристрій дозволяє періодично вимірювати значення вологостей на двох глибинах кореневого та підкореневого шарів ґрунту. Електронний давач періодично вимірює розрідження в обох камерах завдяки перемикаючому трьохходового електромагнітного клапана. Сигнал від давача подається на аналоговий вхід мікроконтролера і результат записується у внутрішню пам'ять контролера. Для цього виділено два масиви комірок пам'яті для збереження результатів вимірювання розрідження в камерах. Дані про всмоктуючий тиск ґрунту за допомогою трансмітера по безпроводному каналу зв'язку передаються на диспетчерський пункт. Пристрій має можливість передавати дані як по радіоканалу, так і з використанням GSM-мережі. Живлення пристрої здійснюється за допомогою сонячної батареї. Тензіометр може укомплектовуватися семисегментними індикаторами для оперативного контролю поточного значення всмоктуючого тиску ґрунту.

Основою мікропроцесорного блоку є мікроконтролер фірми Microchip PIC18F4620. Це восьмирозрядний однокристальний контроллер, з частотою роботи до 40 МГц, містить 13

аналогових входів, 35 дискретних входів/виходів, вбудований АЦП, модуль ШІМ, 2 таймери/лічильники, підтримка протоколів мереж I2C та SPI, модуль UART та багато іншого. Аналогово-цифрове перетворення здійснюється по чергово на кожному каналі з розділенням в часі, керування здійснюється вбудованим мультиплексором, таким чином досягається економія програмних та апаратних ресурсів мікроконтролера. Для поставлених задач, а саме аналогово-цифрового перетворення вхідної величини розрідження у восьмирозрядний код, потужності контролера вистачає повністю. Для організації зручного інтерфейсу з користувачем та в процесі налагодження передбачено використання рідкокристалічного дисплею, що представляє собою модуль з 2-ма рядками символів, по 16 символів в рядку та вбудованою підсвіткою. Керуючий контролер екрану взаємозамінний з контролерами виробництва НІАСНІ. Для передачі символно-числової інформації використано чотирибітний режим, для економії кількості портів мікроконтролера та спрощення керуючої програми.

Конструктивно передбачено внутрішньосхемний роз'єм для підключення програматора/відлагоджувача, що забезпечує будь які модернізації керуючої програми без використання спеціалізованих програмних та апаратних засобів. Також в пристрої організовано підтримку двонаправленого інтерфейсу передачі даних RS-232, що дозволяє використати для передачі даних різних типів кодування інформації, зокрема для збільшення завадостійкості при передачі даних на великі відстані.

Передача виміряного значення розрідження в камері здійснюється із використанням безпроводних технологій, таких як радіомережа із частотою роботи трансмітера 433/866 МГц або GSM – мережі стільникового оператора. Для забезпечення роботи по GSM – каналу використаний модуль SIM-900 виробництва фірми SIMCOM, (рис. 3). Модуль містить два блоки – APPTCP, через який йде робота з TCP/UDP і блоку SAPBR, який працює з FTP/HTTP.

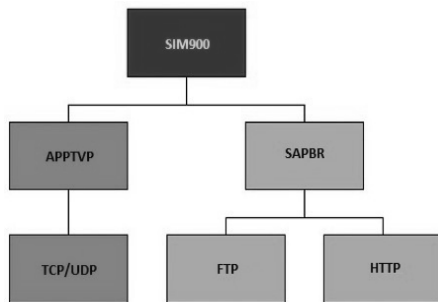


Рис. 3. Загальна структура модуля SIM900

Передача інформації відбувається шляхом передачі накопичених вимірних значень, але оскільки передача даних по стільниковій мережі є платною, то використовуються алгоритми накопичення і передачі пакетів даних.

Керування потоком даних з мікроконтролера до GSM-модему відбувається з використанням AT-команд. Команди пересилаються з використанням протоколу RS-232 на контролер GSM-модему, який в свою чергу сприймає прийняту команду та налаштовується на необхідний режим

функціонування. Після конфігурації модему здійснюється послідовна передача даних у восьмибітному форматі. Передача накопичених даних здійснюється або у форматі SMS (Short Message Service), або у режимі встановлення виділеного каналу зв'язку з типом передачі GPRS/EDGE. Останній тип передачі є найбільш ефективним як з точки зору дешевизни передачі одиниці інформації, так і за швидкістю передачі. Основним недоліком даного способу є обов'язкова наявність на автоматизованому робочому місці другого GSM-модему. В разі використання лише одного модуля передача даних вимірних значень може відбуватися на мобільний телефон у вигляді SMS. Єдине обмеження цього способу в тому, що довжина тексту одного повідомлення складає 128 символів, при перевищенні межі кількості символів необхідно знову надіслати AT-команду на формування нового SMS-повідомлення та внести в нього дані з контрольованих здавачів.

При необхідності контролю вологості без дистанційної передачі та з можливістю візуального спостереження запропонована конструкція тензіометра без електронного датчика розрідження та мікропроцесорної системи.

Конструктивно пристрій складається з двокамерної пластикової труби із вимірювальним та підживлюючим керамічними фільтрами, (рис. 4).

Верхня камера тензіометра з'єднана із вакуумметром 4 та гнучкою мембраною 3. Автоматична робота тензіометра досягається шляхом перемикавання клапана 2, який з'єднує нижню та верхню камеру тензіометра. При досяганні критичного значення розрідження у верхній камері мембрана, яка жорстко зв'язана із клапаном, прогинаючись, відкриває клапан 2, забезпечуючи з'єднання нижньої та верхньої камер. Розрідження у вимірювальній камері контролюється вакуумметром 4.

Налаштування моменту відкриття клапану 2 при досягненні розрідженням в камері тензіометра нижньої границі експлуатаційного діапазону здійснюється шляхом зміни натягу пружини.

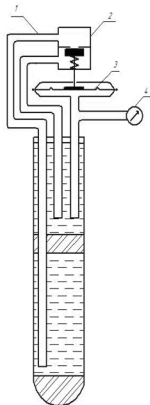


Рис. 4. Тензіометр для локального контролю вологості ґрунту

Доступність води рослинам переважно пов'язана з величиною потенціалу (тиску) вологи, а не з величиною вологості ґрунту []. Тиск ґрунтової вологи є величиною від'ємною по відношенню до атмосферного тиску і виражається в атмосферах або метрах водного стовпа. Представлені в роботі тензіометричні вологоміри вимірюють капілярний потенціал ґрунтової вологи і очевидно, що при їх використанні, актуальною є задача розрахунку вологості за їх показами.

Вирішуючи ці питання в роботі [4] запропонована методика розрахунку вмісту вологи в ґрунті за величиною потенціалу ґрунтової вологи при нормуванні ґрунтів за питомою поверхнею, але не враховується механічний склад ґрунтів, що вносить додаткову похибку, особливо в області високих вологостей. Залежність потенціалу ґрунтової вологи від вологості $p(W)$ або основна гідрофізична характеристика (ОГХ), чутлива до зміни механічного складу ґрунту.

У відповідності до основного закону термодинаміки [6], Л.І.Степановим [5] була виведена аналітична функціональна залежність між капілярним потенціалом (тиском) ψ і вмістом вологи θ в ґрунті різного механічного складу:

$$\psi = -[ctg(\bar{\theta} + c) - d], \quad (1)$$

де ψ – потенціал ґрунтової вологи (покази тензіометра, атм); $\bar{\theta}$ – показник ґрунтової вологи $\bar{\theta} = \frac{\theta - \theta_{15}}{\theta_{0,33} - \theta_{15}}$, (атм); c і d – параметри, що визначаються за експериментальними даними (табл.1)

Таблиця 1

Показники ґрунтової вологи $\bar{\theta}$ при різних тисках

Ґрунт	Тиск, атм	
	0,33	0,8
1. Ґрунти легкосуглинного механічного складу	0,99	0,67
2. Торфові ґрунти	1,00	0,68
3. Дерново-підзолисті глеєві ґрунти супіщаного механічного складу	0,99	0,7

Виходячи з цих міркувань, проведені розрахунки коефіцієнтів рівняння (1) c і d , для кожного ґрунту (табл. 2), використовуючи системи рівнянь (2):

$$\begin{cases} 0,33 = ctg(0,99 + c) + d \\ 0,8 = ctg(0,67 + c) + d \end{cases} \quad \begin{cases} 0,33 = ctg(1,00 + c) + d \\ 0,8 = ctg(0,68 + c) + d \end{cases} \quad \begin{cases} 0,33 = ctg(0,99 + c) + d \\ 0,8 = ctg(0,70 + c) + d \end{cases} \quad (2)$$

Таблиця 2

Ґрунт	c	d
1. Ґрунти легкосуглинного механічного складу	0,1554	0,1231
2. Торфові ґрунти	0,1762	0,1174
3. Дерново-підзолисті глеєві ґрунти супіщаного механічного складу	0,0712	0,2289

При використанні тензіометрів, значення вологості розраховувались за залежністю:

$$\theta = (\theta_{0.33} - \theta_{15}) \cdot (\text{arctg}(\psi + c) - d) + \theta_{15}, \quad (3)$$

де $\theta_{0.33}$ і θ_{15} вологість ґрунту при тисках ψ відповідно рівних 15 атм і 0,33 атм

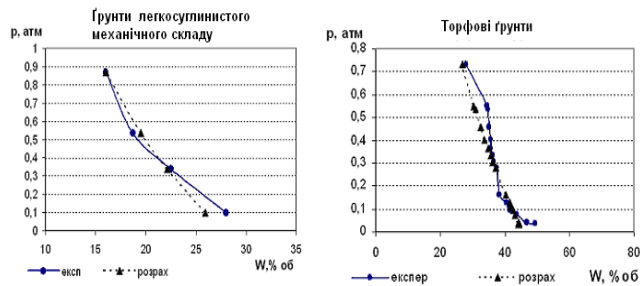


Рис. 5. Залежності всмоктуючого тиску ґрунту від вологості (ОГХ)

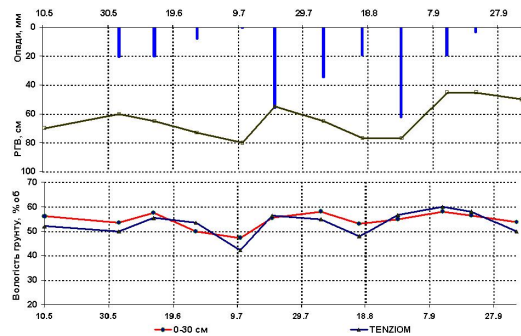


Рис. 6. Дані спостережень на осушувально-зволожувальній системі Сарненської дослідної станції в Рівненській області: а) динаміка РГВ і б) вологість ґрунту на глибині 0-0,3 м.

(використовуються експериментальні дані основної гідрофізичної характеристики для досліджуваних ґрунтів в інтервалі від низьких до високих значень вологості). В результаті отримана функціональна залежність між капілярним потенціалом (тиском) ψ і вмістом води θ в ґрунті різного механічного складу, (рис.5)

Висновки

Аналіз даних показав, що середньоквадратичні відхилення вимірних запасів ґрунтової води термостатно-ваговим методом від вимірних тензіометрами у шарі ґрунту 0-0,3 м, під багаторічними травами, становлять $\pm 2,42\%$ і $\pm 1,2\%$, (рис.6).

Розроблені тензіометричні вологоміри можуть бути використані в системах моніторингу на керованих модулях осушувально-зволожувальних систем, забезпечуючи високу точність вимірювання вологозапасів ґрунту.

Список літературних джерел

1. Пастушенко В.Й., Матус С.К. Вимірювач потенціалу ґрунтової води меліорованих земель // Зб. наук. пр. Вісник НУВГП. – Рівне: НУВГП. – 2006. - Вип. №1 (33) – С.63-68.
2. Пастушенко В.Й., Матус С.К. Удосконалення методик використання тензіометричних вологомірів в системах регулювання водного режиму на осушувально-зволожувальних системах // Зб. наук. пр. Вісник НУВГП. – Рівне: НУВГП. – 2008. – Вип. №3 (43). – С.77-83.
3. Матус С.К., Пастушенко В.Й. Удосконалення режимів водорегулювання на осушувально-зволожувальних системах з використанням автоматизованої інформаційної системи управління // Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць "Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво" – Рівне: НУВГП. – 2009. – Вип. № 34. – с.76-81.
4. Баховец Б.А., Горюнов Г.П., Пастушенко В. Й., Ткачук Я.В. Уніфікація тарифування тензіометричних вологомірів для почв різного механічного складу // Почвоведение №5, 1979.
5. Степанов Л.И. Соотношение между капиллярным потенциалом (давлением) и количеством почвенной влаги // Почвоведение №5, 1979.
6. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиорации почв. "Колос", 1975.
7. Ромащенко М.І. Інформаційне забезпечення зрошувального землеробства. Концепція, структура, методологія організації / Ромащенко М.І., Драчинська Е.С., Шевченко А.М. – К.: Аграрна наука, 2005. – 196 с., 8 карт.
8. Інформаційно-обчислювальне забезпечення моніторингу меліорованих земель. Ч. 1: Методика організації системи інформаційного забезпечення моніторингових робіт на зрошуваних землях. Посібник 3 до ВБН 33-5.5-01-97 "Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу". Ч. 1: Зрошувані землі. – К., 2002. – 65 с.