

УДК 910

**Viacheslav Nikonenko¹, Maksym Solokha¹,
Viktoriia Chubur², Liudmyla Batsenko³**

¹ National Scientific Center „Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky”, 4 Chaikovska Street, Kharkov, 61024, Ukraine

² University Czech University of Life Sciences Prague, The Faculty of Tropical AgriSciences, Kamýcká 129, 165 00 Prague, Czech Republic

³Lecture in Management and Marketing, Royal Agricultural University

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ТА ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОНЛАЙН МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ НА ОСНОВІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЯК ОСНОВА СУЧАСНОГО УПРАВЛІННЯ

В останні роки зміни кліматичних умов дедалі більше впливають на сільське господарство України. Спостерігається аридизація природних зон, яка починається з півдня і все більше зміщується на північ країни. У прогнозах вказується та ж тенденція з поступовим звуженням існуючих природних зон [1].

Зі збільшенням посушливості клімату підвищується роль моніторингу за зміною кліматичних властивостей. Ключову роль для моніторингу на користь сільського господарства має відігравати саме агроекологічний моніторинг. Він, серед інших параметрів спостереження за навколишнім середовищем, повинен накопичувати дані про вологість та температуру ґрунту. Накопичення таких динамічних даних як вологість ґрунту та температура у 21 столітті має супроводжуватися достовірними та сучасними методами спостереження за цими параметрами. Але слід зауважити, що впровадження таких систем та інтелектуальних продуктів умовах розвитку інноваційно-цифрової економіки вже є невід’ємним трендом сучасного повсякденного життя.

Тому слід розглядати таку роботу та її результати, як базис, або основу для сучасного рівня управління будь якого аграрного підприємства. Якщо фермер, або керівництво господарства будуть й надалі використовувати традиційні методи вимірювання температури та вологи, вони не зможуть конкурувати в цій економічній ніші. Сучасні технології охоплюють вже більшу область в аграрній сфері, захоплюючи нові ключові позиції як в управлінні, так й маркетингу. Той, хто буде оперувати управлінськими, агротехнологічними інноваціями в сучасному аграрному секторі, той буде конкурентно спроможним навіть в жорстких умовах сучасної війни, яка торкнулась всіх сфер аграрного сектору України.

Відомо, що вологість ґрунту нерозривно пов'язана з доступністю рослин азотних добрив. Це, у свою чергу, актуалізує необхідність оперативної інформації про стан вологості ґрунту на полі перед внесенням добрив та створює умови для подальшої економії ресурсів та коштів. Тобто, у сільському господарстві підвищується роль оперативного контролю вологості та температури ґрунту для оптимізації вологозабезпеченості культур, забезпечення стабільного розвитку агропромислового виробництва та продовольчої безпеки країни. Зокрема, авторами проводився експеримент на дослідному полі ДП ДГ «Граківське», який показав, що в умовах польового стаціонарного досвіду на озимій пшениці

забезпеченість ґрунтів мінеральним азотом в умовах достатнього зволоження сприяє збільшенню врожайності до 53% та покращенню якості зерна порівняно з контрольним варіантом.

У цьому напрямі ведуть свою роботу багато дослідників [2-8]. Вони розробляють теоретичні основи застосування датчиків вологості ґрунту, визначають чутливість, виконують їх калібрування та порівняння, проводять випробування.

В останні роки особливу популярність у дослідженнях вологості ґрунту займають мініатюрні електричні датчики. Вони реєструють дані про вологість ґрунту за допомогою різних принципів (рис.1) і накопичують дані, або пересилають їх користувачу через мережу.

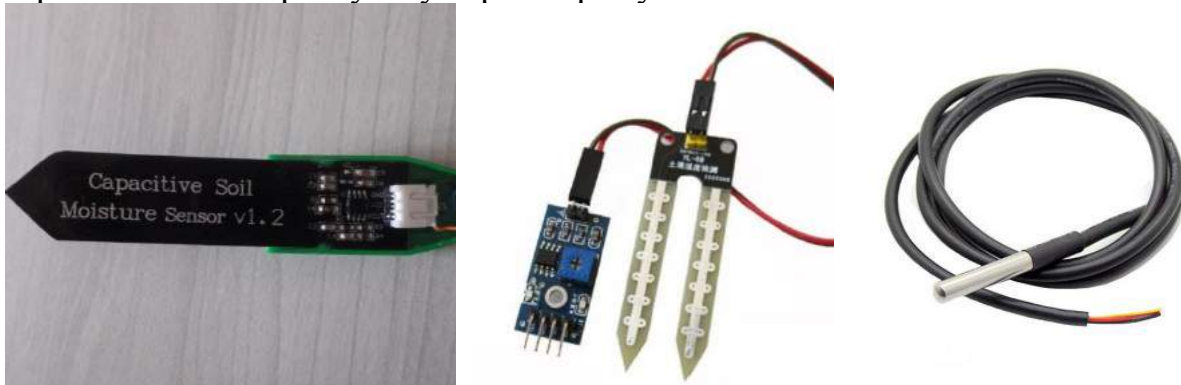


Рисунок 1– Датчики вологості ґрунту на основі принципу конденсатора (ліворуч), побудований на принципі опору (резистивний) (по центру), датчик температури ґрунту (праворуч)

Ці датчики мають порівняно невелику ціну і, найголовніше, можуть бути скомбіновані як вертикально за профілем ґрунту, і просторово біля всього господарства з урахуванням рельєфу території цього господарства. Важливою їх властивістю є можливість пересилати дані через мережу GSM або Інтернет, що забезпечує можливість оперативного регулювання цих параметрів.

Для вирішення завдання забезпечення фахівців оперативними та достовірними даними вологості та температури ґрунту за допомогою такого роду датчиків та присвячена ця стаття.

Для створення прототипу було обрано платформу на базі мікроконтролера Arduino Nano. Вона є досить функціональною та мініатюрною. Датчики були використані сумісні із платформою Arduino [8]. Ємнісний датчик вологості ґрунту не має спеціального захисного корпусу для електроніки, такого як датчик температури ґрунту. Для захисту датчика нами було розроблено та надруковано на 3D принтері спеціальний корпус. Дослідники, які проводять вимірювання за допомогою такого датчика, вказують ще на низку особливостей та проблем, пов'язаних з ним [2]. Ємнісний датчик вологості ґрунту є аналоговим, а датчик температури цифровим, тому з'єднання до плати Arduino Nano слід здійснювати строго з рекомендаціями виробника. У нашому випадку з'єднання було проведено в такий спосіб. Датчик вологості: GRN-GRN, VCC-+5V, AOUT-A0. 2).



Рисунок 2 – Зібраний прототип для вимірювання температури та вологості ґрунту

У мережі Інтернет та в літературних прикладах широко використовується калібрування датчиків у воді, коли датчик опускають у воду до рівня розташування електронних компонентів датчика та записують різницю значень між ними (датчик повністю у повітрі та у воді). Це, з нашого погляду, є неправильним. Результати нашого практичного досвіду використання таких датчиків не підтверджують доцільність застосування такого калібрування.

Для калібрування та тестування датчиків було обрано чорноземний ґрунт, як найпоширеніший в Україні. Ґрунт був відібраний разом із укоріненими рослинами озимої пшениці у двох локаціях Харківської області. Перша локація, с.Степок, Балаклійського району: N490 34'35.46" E360 50'20.26". Друга локація, с.Глинське, Ізюмського району: N49016'47.61" E370 07'19.46", кожна у двох повтореннях. Зразки ґрунту з рослинами були поміщені в скляні контейнери з вентиляльованим верхом, для відведення вологи, що випаровується.

Частина експерименту з калібрування датчиків зводилася до суміщення отриманої інформації від датчиків на екрані комп'ютера та результатів одночасного вимірювання вологості класичним гравіметричним методом у тепловій шафі. В останньому випадку зразки підігрівали з 30 хвилинним інтервалом при температурі не більше 30 градусів за Цельсієм, потім витягали з шафи та проводили вимірювання датчиками. Друга частина експерименту була необхідна визначення шкали забезпеченості вологою рослин. Було запропоновано наступний хід експерименту: одночасний вимір і датчиками та гравіметричним методом вологості ґрунту до моменту початку деградації листових пластин озимої пшениці. Попередньо з літературних джерел було відомо, що у рослин починається пожовтіння листових пластин при 20-25% вологи у ґрунті.

В результаті першої частини проведення експерименту було отримано серії даних з об'єктів дослідження гравіметричним методом (рис.4). Гравіметричний метод не сприйнятливий до зміни температури, тому цикли нагрівання неможливо знайти візуалізовані на рис.3. і загалом, показують зменшення кількості вологи у зразках з часом.

Робота датчика температури ґрунту теж не викликала запитань протягом усього часу експериментів. Дані датчика відображали цикли нагрівання та остигання об'єктів дослідження, які наведені на рис.4. Дані мають високу збіжність і не вимагають додаткового калібрування датчика. Протягом експерименту об'єкти дослідження чотири рази піддавалися нагріванню в тепловій

шафі і, відповідно стільки ж разів охолоджувалися, температура ґрунту не перевищувала 40 градусів за Цельсієм (максимальне значення) та 10-13 градусів (вихідні значення) перед експериментом..

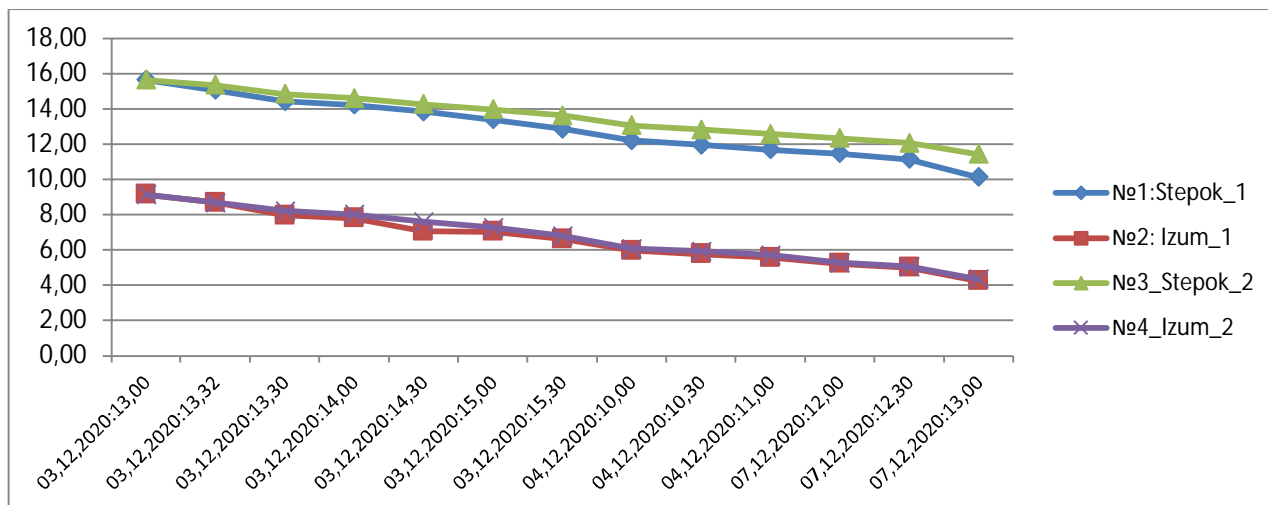


Рисунок 3 – Дані вимірювання гравіметричним методом вологості ґрунту

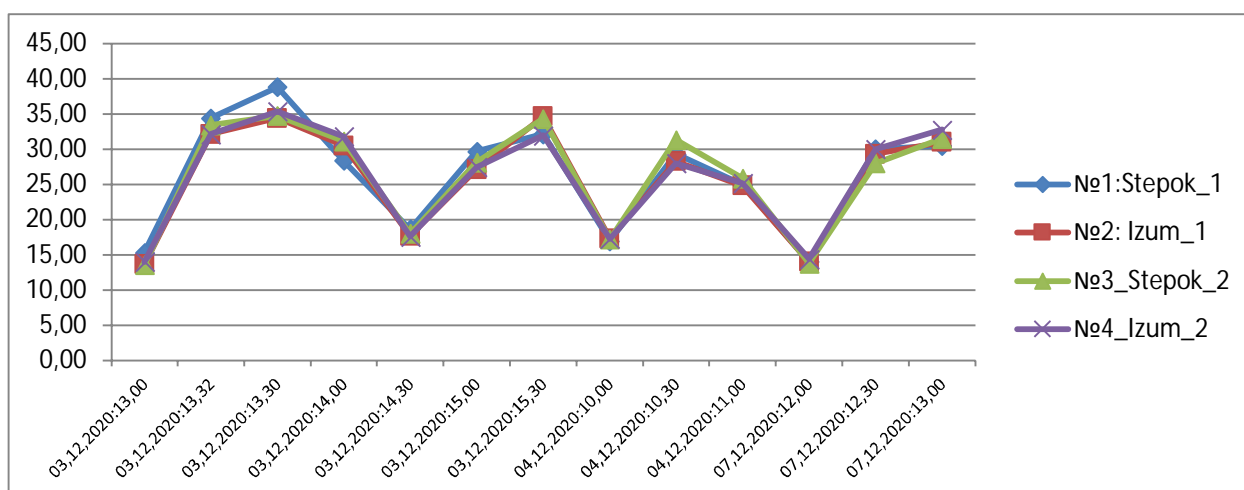


Рисунок 4 – Дані вимірювання датчика температури на основі платформи Arduino. По осі абсцис - температура в градусах Цельсія

Зовсім інша картина спостерігалася під час аналізу даних із датчика вологості ґрунту. На перший погляд датчик вологості повторює, хоча і з малою збіжністю дані датчика температури ґрунту.

Під час проведення експерименту спостерігалось навіть припинення змін даних після нагріву об'єкта.

При ручному переміщенні датчика дані оновлювалися. Літературні джерела підкреслюють як апаратну, і методичну складову цієї проблеми. Апаратна складова включає необхідність допоювати між висновками інформаційного каналу та землею опору на 1 МОм.

Методична проблема полягає в тому, що датчик між пластинами-шупами через різницю потенціалів накопичує поверхневе натяг води, і тому необхідно цей натяг періодично прибирати (рис.б).

Спостерігалася висока чутливість під час роботи датчика вологості ґрунту

до мінливості навколишнього середовища. Під час нагрівання контейнера з об'єктом дослідження краплі вологи конденсувалися на стінках контейнера.

При приміщенні датчика в контейнер спостерігалось підвищення рівня вологості ґрунту, тоді як очікувалося його зменшення, як у гравіметричному методі.

Після остигання контейнера волога знову поглиналася ґрунтом, і спостерігалось повільне її зменшення. Тобто можна зробити висновок, що датчик є дуже чутливим у порівнянні з гравіметричним методом.

Висновки:

1. Електричні датчики є перспективними для використання у сучасному сільському господарстві для спостереження за динамічними показниками температури та вологи в полі, а також для розробки автоматизованих систем управління, що зможуть регулювати полив.

2. Написано програму управління мікроконтролером і код підключення передачі даних мережам кінцевому користувачеві.

3. Отримано практичну можливість відображення даних у мережі Інтернет, що відкриває можливість формування мережі такого роду датчиків для отримання оперативної інформації.

4. Ємнісний датчик вологості ґрунту не відповідає сучасним вимогам вимірювання та вимагає доопрацювання. Необхідним є рознесення щупів на кілька сантиметрів між собою (мінімум). Можливо, доопрацювання може обмежитися написанням сучаснішого коду прошивки, проте це вимагає додаткової перевірки.

5. З експерименту з фотофіксацією листових пластин виконано формування шкали забезпеченості рослин вологою.

Список літератури

1. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. (2016) Прогнозна оцінка впливу змін клімату на урожайність зернових культур та їх валові збори в Україні з використанням космічної інформації. Укр.геогр.журнал. Київ.Вип(3): 106-116.

2. Joshua Hrisko, MakerPortal LLC (2020) Capacitive Soil Moisture Sensor Theory, Calibration, and Testing. NY: 1-12.

3. Alex L Martinez and Alan P Barnes (2001) Modeling dielectric-constant values of geologic materials. Midcontinent Geoscience: 1-16.

4. Ventura Francesca, Facini Osvaldo, Piana Stefano, and Rossi Pisa Paola (2010) Soil moisture measurements: Comparison of instrumentation performances. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 136(2): 81-89.

5. K. Xu, Q. Sheng, X. Zhang, P. Li, and S. Chen (2015) Design and calibration of the unilateral sensitive soil moisture sensor. IEEE Sensors Journal, 15(8): 4587-4594.

6. Fredy R. Zypman (2019) Mathematical expression for the capacitance of coplanar strips. Journal of Electrostatics, 101:103371.

7. Nan Li, Haiye Zhu, Wenyu Wang, and Yu Gong. (2014) Parallel double-plate capacitive proximity sensor modelling based on effective theory. AIP Advances. P.4(2):027119.

8. Датчики вологи та температури (2021) Soil moisture sensors. <http://arduino.ua/prod2755-emkostnii-datchik-vlajnosti-pochvi>.