

Ю.О. Литвин, О.В. Строкань

Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь

## СИСТЕМА ПОЛИВУ ҐРУНТУ НА ПЛАТФОРМІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO

*Ключовим моментом у процесі вирощування сільськогосподарських культур є забезпечення правильного вологісного режиму ґрунту. Ефективно вирішити це завдання можна за допомогою застосування автоматизованих систем поливу ґрунту, які побудовані на платформі мікроконтролера Arduino. У статті приведена порівняльна характеристика практичної методології вимірювання вологості ґрунту резистивним датчиком YL69 та ємнісним датчиком. Запропонована система автоматизованого поливу ґрунту на базі мікроконтролера Arduino, яка дозволяє: оптимізувати витрати води при поливі, виконувати полив у заданий час заданою кількістю води, виконувати полив навіть під час відсутності господарів на території поливу та мінімізувати час на полив.*

**Ключові слова:** автоматизована система, Arduino, мікроконтролер, ємнісний датчик, вологість ґрунту, полив, питомий електричний опір.

### Вступ

**Постановка проблеми.** На сучасному рівні розвитку науково-технічного прогресу постають задачі підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Одну з головних ролей при вирощуванні сільськогосподарських культур відіграє полив ґрунту. Для одержання високого ефекту від зрошення необхідно точно визначити строки і об'єми поливу, які залежать від виду культури, пори року та кліматичних умов зовнішнього середовища.

Вирішити поставлене питання можна за рахунок постійного моніторингу вологості ґрунту. Для цього пропонується застосування автоматизованих систем, які дозволять: мінімізувати час, що витрачається на полив території в порівнянні з ручним способом поливу; розраховувати необхідний об'єм поливу в заданий (визначений) час в залежності від вологості ґрунту; виключити участь людини в процесі поливу, що робить можливим виконувати полив при відсутності господарів на території поливу; усунути механічну рутинну роботу, пов'язану з ручним перетягуванням поливних шлангів з місця на місце, включення/виключення насоса, відкриття/закриття кранів тощо); оптимізувати витрати води (що на сьогодні є актуальним питанням у зв'язку з високою вартістю води).

Висвітлені переваги використання автоматизованих систем поливу визначають актуальність даної теми, а особливо у контексті її використання у домашніх та фермерських господарствах, які займаються вирощуванням рослин різного сільськогосподарського призначення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розвитку автоматизованих систем поливу висвітлені в роботах [1–2; 5]. В роботах наголошується на важливість використання у господарствах ав-

томатизованих систем поливу, які дозволять підвищити якість вирощування сільськогосподарських культур. Зокрема, у роботі [1] розглянуто задачу автоматизованого контролю вологості ґрунту та, у випадку необхідності, сільськогосподарських культур в теплиці за допомогою SCADA системи TraceMode.

Мікроконтролери Arduino використовуються для багатьох цілей. Так, його можна використовувати в якості веб-серверу в системах моніторингу даних, наприклад, "Розумний дім" [3–4; 10]. Застосування таких систем дозволяє підвищити домашній комфорт шляхом автоматизації рутинних завдань, таких як керування освітленням, клімат-контролем, системами мультимедіа і т.д.

У роботі [2] розглянуто питання перспективи використання платформи Arduino для автоматизації процесу поливу ґрунту в теплицях. Arduino – це апаратна платформа, яка містить простий інтерфейс введення-виведення і підтримує середовище розробки, що реалізує розширену мову програмування Processing. Практична частина в рамках даного дослідження реалізована на основі плати Arduino Uno. Вона виконана на базі процесора ATmega з тактовою частотою 16 МГц, має пам'ять 32Кб. Для підключення необхідних датчиків використана плата розширення Troyka Shield.

Теоретичні і методичні праці науковців, щодо можливостей використання мікроконтролера Arduino для фермерських господарств, розкривають шляхи підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур.

**Мета статті** – визначення особливостей використання мікроконтролера Arduino, на базі якого розробити систему поливу сільськогосподарських культур, яка дозволяє автоматизувати процес їх вирощування.

## Виклад основного матеріалу

Для реалізації задачі автоматизованого поливу сільськогосподарських культур біло прийнято рішення використати мікроконтролер Arduino. Arduino являє собою апаратну обчислювальну платформу для конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring [4–5; 9]. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider).

Для розроблення автоматизованої системи поливу ґрунту використано плату Arduino Uno, в якій як конвертер використовується контролер Atmega8 у SMD-корпусі. Дане рішення дозволяє програмувати конвертер таким чином, щоб платформа відразу розпізнавалася як миша, джойстик чи інший пристрій за вибором розробника зі всіма необхідними додатковими сигналами керування. Плати Arduino дозволяють використовувати значну кількість виводів мікроконтролера як входні/вихідні контакти у зовнішніх схемах. Плата Arduino Uno (рис. 1) є платформою прототипування електроніки з відкритим вихідним кодом, заснована на гнучких, легких у використанні апаратних засобах і програмному забезпеченні [7].

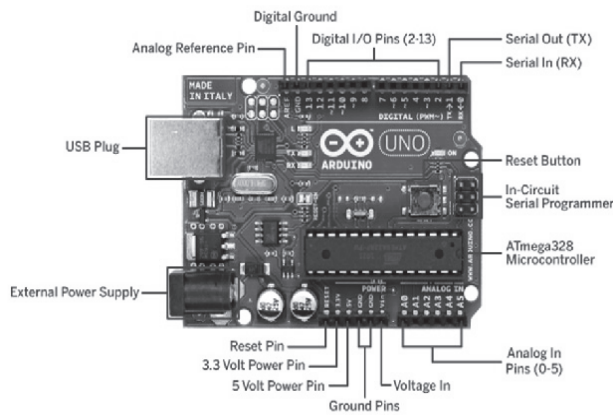


Рис. 1. Платформа Arduino

У сучасному сільському господарстві при вирощуванні рослин з використанням автоматизованих систем поливу, кількість поливу рослин дуже важлива і впливає на врожайність. Тому в таких випадках доцільно використовувати датчики вологості ґрунту, які дають найбільш точну інформацію про кількість вологи у прикореневій системі рослини.

Існує багато способів вимірювання вологості ґрунту [6]. Один із способів визначення вологості середовища – це вимір її питомого електричного опору. Тобто в найпростішому варіанті для визначення вологості ґрунту досить увіткнути в ґрунт два електроди і заміряти опір між ними. Однак, пробле-

ма в тому, що отримані дані будуть сильно відрізнятися в залежності від наявності солей і мінералів в ґрунті.

Тому для вирішення даної проблеми в якості найпростішого рішення нами було вирішено використати двосторонній текстоліт та мікросхему серії 555 [5].

Використовуючи схему (рис. 1) був розроблений ескіз струмопровідної доріжки (рис. 2).

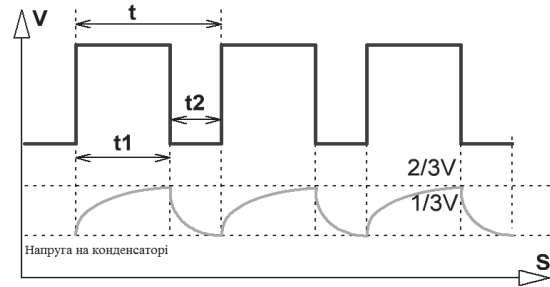


Рис. 2. Ескіз струмопровідної доріжки

Для ізоляції плата оброблена ізолюючим матеріалом, а саме ультрафіолетовою маскою, що дозволить збільшити час роботи датчику. Осцилятор створено на базі стандартного таймеру NE555 (рис. 3). Вихід осцилятора з'єднується з 2-м піном Arduino (DigitalPin 2).

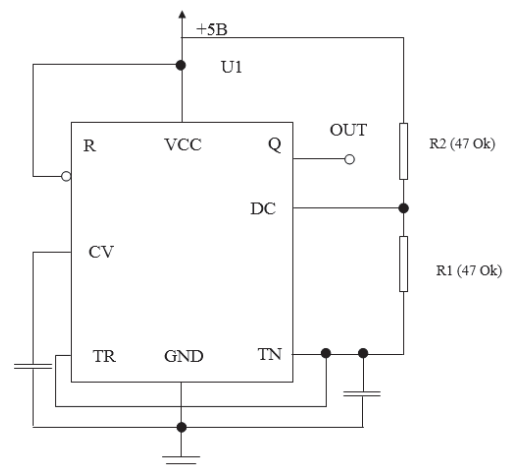


Рис. 3. Осцилятор на базі таймеру NE555

Принцип перетворення даних міститься у наступному. Коли напруга на конденсаторі досягає  $2/3$  напруги живлення, компаратор перемикає тригер і вимикає вихід таймеру – напруга на виході стає близькою до нуля. Транзистор відкривається і конденсатор починає розряджатися через резистор.

Як тільки напруга на конденсаторі опуститься до  $1/3$  напруги живлення, компаратор знову перемикає тригер і на виході мікросхеми знову з'явиться високий рівень. Транзистор закриється і конденсатор знову почне заряджатися. Тобто, на виході утворюється послідовність прямокутних імпульсів.

Частота імпульсів залежить від величини ємності конденсатора  $C$ , опорів  $R1$  і  $R2$ .

Вимірювання вологості ґрунту базується на визначенні питомого опору ґрунту, який визначає рівень “електропровідності” ґрунту, як провідника [11–12]. Питомий електричний опір шару ґрунту залежить не тільки від виду ґрунтової породи, але від ступеня її зволоження та температури. Основний провідник струму в ґрунті є його рідка частина – ґрунтовий розчин, роль якого відіграє електроліт. Під впливом електричного поля в ґрунті відбувається направлене переміщення іонів. Чим більше в ґрунті є води та розчинних речовин, тим менше його питомий опір.

Величина питомого опору залежить також від складу ґрунту, розмірів і щільності прилягання один до одного його частинок, вологості і температури, концентрації в ньому розчинних хімічних речовин (солей, кислотних і лужних залишків, тощо).

Збільшення вмісту розчинних речовин в ґрунті, загальної вологості, ущільнення його часток, збільшення температури приводить до зменшення питомого опору. Просочення ґрунту випадковим маслом, а також промерзання ґрунту приводять до різкого збільшення питомого опору. Питомий опір погано провідних ґрунтів може бути штучно зменшений шляхом обробки їх сіллю, содою, графітом, ущільненням ґрунту [12].

Для виміру питомого опору використовуються датчики вологості: ємнісний та аналоговий (резистивний) датчик.

Для оптимального вибору датчика вологості виконаємо порівняльний аналіз ємнісного датчика вологості, в роботі було використано порівняння його з аналоговим (резистивним) датчиком вологості ґрунту – YL 69. Для проведення експерименту використаємо сухий піщаний ґрунт.

Резистивний датчик вимірює опір між двома контактами (діапазон значень вимірювання змінюється від 0 до 1023 Герц) [12].

Резистивний датчик підключаємо до аналогового входу (A0) на Arduino.

Ємнісний датчик вимірює частоту заряду/розряду конденсатора (діапазон значень вимірювання змінюється від 0 до 13000 фарад), тобто частоту генерації датчика під впливом поливу ґрунту.

Для аналізу та отримання експериментальних даних помістимо ємнісний та аналоговий (резистивний) датчики у сухий ґрунт. Далі ґрунт заливаємо водою маленькими порціями (по 10 мл), після чого кожний раз знімаємо експериментальні показання (кожну ітерацію фіксуємо).

В результаті експерименту отриманий графік (рис. 4). Попередній висновок з цього графіку такий: у порівнянні з резистивним датчиком ємнісний одразу реагує на зміну вологості ґрунту, що дозволить

уникнути перезволоження ґрунту та рослин в цілому. Тому для виміру вологості ґрунту в розроблюваній системі поливу ґрунту доцільно використовувати саме ємнісний датчик вологості.

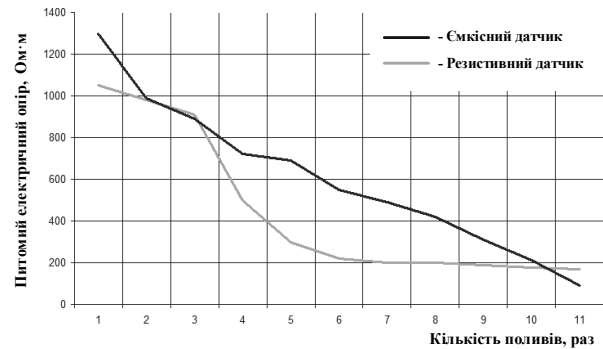


Рис. 4. Графік залежності частоти поливу від питомого електричного опору

Також важливо виділити наступні переваги ємнісного датчика перед резистивним:

1. більший термін служби, менше схильний до корозії, тому що має захисне покриття на контактах;
2. більш широкий діапазон вимірюваних значень і більш висока точність;
3. менша вартість.

Але є і недолік: залежність від відстані між схемою посилення і чутливим елементом. Цей недолік вирішується розведенням всіх компонентів датчика на одній платі.

Як показали експериментальні дослідження, переваги використання ємнісного датчика вологості досить значні. Тому рекомендується використовувати ємнісні датчики (рис. 5–6) у автоматизованих системах для визначення вологості ґрунту.



Рис. 5. Ємнісний датчик DHT21/AM2301



Рис. 6. Ємнісний датчик SZYTF

Схема підключення датчиків до мікроконтролера приведена на рис. 7.

Для поливу ґрунту ми додали водяну помпу та реле, яке було перемикачем насосу, тобто коли датчик вологості буде показувати високий показник опору (для ємнісного датчику мінімальне значення –

9000, а максимальне – 1200, а для резистивного мінімальне становить 700, а максимальне 200), то до реле буде подаватися сигнал на включення водяної помпи, у результаті чого відбувається постачання води в ґрунт.

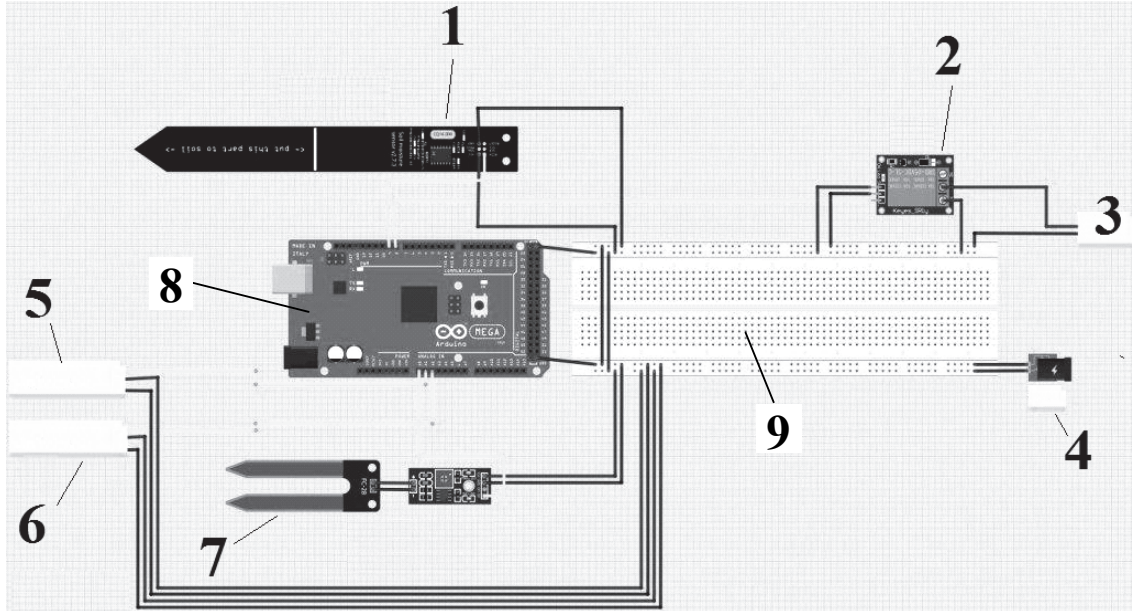


Рис. 7. Схема підключення датчиків до мікроконтролера: 1 – ємнісний датчик; 2 – реле; 3 – водяна помпа; 4 – живлення; 5 – датчик мінімального рівня води; 6 – датчик максимального рівня води; 7 – резистивний датчик рівня вологості ґрунту; 8 – плата Arduino; 9 – макетна плата

Приклад частини програмного коду плати Arduino наведено нижче:

```
if ((waitTime == 0 || millis() - waitTime >
INTERVAL) &&soilMoister > HUMIDITY_MIN) {
    // включаємо помпу
    digitalWrite(POMP_PIN, HIGH);
    // чекаємо 2 секунди
    delay(2000);
    // вимикаємо помпу
    digitalWrite(POMP_PIN, LOW);
    waitTime = millis(); }
```

### Висновки

У роботі проаналізовано методи використання ємнісних датчиків вологості ґрунту та технологію обробки його експериментальних даних.

Порівняльний аналіз ємнісного та резистивного датчиків вологості ґрунту виявив доцільність використання ємнісного датчику у схемі автоматизованого поливу для вимірювання питомого опору ґрун-

ту. З метою автоматизації запропонованої системи здійснена програмна реалізація алгоритму роботи системи на базі мікроконтролера Arduino для зчитування показників вологості ґрунту. Розроблена система дозволяє виконувати автоматизований полив ґрунту без участі людини.

Розроблена система автоматизованого поливу ґрунту дозволяє:

1. мінімізувати час, що витрачається на полив території в порівнянні з ручним способом поливу;
2. зручно та комфортно виконувати полив території;
3. здійснювати полив ґрунту потрібною кількістю води, в заданий (визначений) час для ефективного росту рослин;
4. оптимізування витрат.

**Перспективи.** Створену автоматизовану систему поливу можна розширювати як системно (для будь-яких аграрних підприємств), так і функціонально (збільшувати кількість датчиків).

### Список літератури

1. Бакало О.О. Дослідження автоматизованого контролю вологості ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в теплиці / О.О. Бакало, Ю.М. Пилипенко // Технології та дизайн. – 2018. – № 3. – С. 1-9.
2. Денисов С.Ю. Устройство для автоматического полива растений на платформе Arduino / С.Ю. Денисов, Е.Е. Симаков // Юный ученый. – 2017. – №3. – С. 40-45.

3. Ключко Ю.І. Розробка інтелектуальної системи керування освітленням “розумного будинку” / Ю.І. Ключко, Б.М. Злотенко // *Технології та дизайн*. – 2015. – № 2. – С. 36-42.
4. Лубко Д.В. Методологія проектування Arduino в якості Web-client та Web-server з використанням датчика DHT11 та їх порівняльна характеристика / Д.В. Лубко, Ю.О. Литвин // *Вісник Національного технічного університету „ХПІ”*. Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ „ХПІ”, 2017. – №32 (1254). – С. 62-67. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2017.32.10>.
5. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В.А. Петин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 400 с.
6. Haas J. Soil moisture modelling using TWI and satellite imagery in the Stockholm region / J. Haas. – Stockholm: The TRITA-GIT, 2010. – 103 p.
7. Massimo B. Getting Started with Arduino, 2nd Edition / B. Massimo. – MakerMedia, 2011. – 130 p.
8. Ozer J. PracticalArduino: Cool Projects for Open Source Hardware. / J. Ozer, H. Blemings. – Apress, 2009. – 445 p.
9. Jones D. Arduino: Simple and Effective Strate giesto Learn Arduino Programming / D. Jones. – Amazon Digital Services LLC, 2017. – 81 p.
10. Leong K.C. Arduino Web-Control system for Broiler house / K.C. Leong. – Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 2014. – 70 p.
11. Mathew J. Relative humidity sensor based on an agarose-infiltrated photonic crystal fiber interferometer / J. Mathew, Y. Semenova, G. Farrell // *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. – 2012. – Vol. 18. – 52 p.
12. Venugopalan T. Long-period grating-based humidity sensor for potential structural health monitoring / T. Venugopalan, T. Sun // *Grattan Sensors and Actuators A: Physical*, 2008. – Vol. 148, No. 1. – P. 57-62.

## References

1. Bakalo, O.O. and Pilipenko, Yu.M. (2018), “Doslidzhennja avtomatyzovanogho kontrolju vologhosti gruntu pry vyroshhuvanni siljsjokoghospodarsjkykh kuljtur v teplyci” [The research of automated control of soil moisture when growing crops in a greenhouse], *Technology and design*, No. 3, pp. 1-9.
2. Denisov, S.Yu. and Simakov, E.E. (2017), “Ustroystvo dlya avtomaticheskogo poliva rasteniy na platforme Arduino” [Device for automatic irrigation of plants on the Arduino platform], *Young scientist*, No. 3, pp. 40-45.
3. Klyuko, Yu.I. and Zlotenko, B.M. (2015), “Rozrobka intelektualnoji systemy keruvannja osviltlenjam “rozumnogho budynku” [Development of intelligent lighting control system of “smart home”], *Technology and design*, No. 2, pp. 36-42.
4. Lubko, D.V. and Litvin, Yu.O. (2017), “Metodolohiya proektuvannya Arduino v yakosti Web-client ta Web-server z vykorystannjam datchyka DHT11 ta yikh porivnyalna kharakterystyka” [Arduino design methodology as Web-client and Web-server using DHT11 sensor and their comparative characteristics], *Scientific Works of National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” New solutions in modern technology*, No. 32 (1254), pp. 62-67. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2017.32.10>.
5. Petin, V.A. (2014), “Proyekty s ispol'zovaniem kontrollera Arduino” [Projects using the Arduino controller], BHV-Petersburg, Sankt-Petersburg, 400 p.
6. Haas, J. (2010), *Soil moisture modelling using TWI and satellite imagery in the Stockholm region*, The TRITA-GIT, Stockholm, 103 p.
7. Massimo, B. (2011), *Getting Started with Arduino, 2nd Edition*, MakerMedia, 130 p.
8. Ozer, J. and Blemings, H. (2009), *PracticalArduino: Cool Projects for Open Source Hardware*, Apress, 445 p.
9. Jones, D. (2017), *Arduino: Simple and Effective Strate giesto Learn Arduino Programming*, Amazon Digital Services LLC, 81 p.
10. Leong, K.C. (2014), *Arduino Web-Control system for Broiler house*, Faculty of Electrical Engineering. Universiti Teknologi Malaysia, 70 p.
11. Mathew, J., Semenova, Y. and Farrell, G. (2012), Relative humidity sensor based on an agarose-infiltrated photonic crystal fiber interferometer, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol. 18, 52 p.
12. Venugopalan, T. and Sun, T. (2008), Long-period grating-based humidity sensor for potential structural health monitorin, *Grattan Sensors and Actuators A: Physical*, Vol. 148, No. 1, pp. 57-62.

Надійшла до редколегії 25.03.2019

Схвалена до друку 21.05.2019

### **Відомості про авторів:**

**Литвин Юлія Олександрівна**  
асистент  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету,  
Мелітополь, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-5797-3151>

### **Information about the authors:**

**Yulia Lytvyn**  
Assistant Lecturer  
of Tavria State  
Agrotechnological University,  
Melitopol, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-5797-3151>

**Строкань Оксана Вікторівна**  
кандидат технічних наук доцент  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету,  
Мелітополь, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6937-3548>

**Oksana Strokan**  
Candidate of Technical Sciences  
Associate Professor  
of Tavria State Agrotechnological University,  
Melitopol, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6937-3548>

## СИСТЕМА ПОЛИВА ПОЧВЫ НА ПЛАТФОРМЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

Ю.О. Литвин, О.В. Строкань

*Ключевым моментом в процессе выращивания сельскохозяйственных культур является обеспечение правильного влажностного режима почвы. Эффективно решить эту задачу можно с помощью применения автоматизированных систем полива почвы, которые построены на платформе микроконтроллера Arduino. В статье приведена сравнительная характеристика практической методологии измерения влажности почвы резистивным датчиком YL69 и емкостным датчиком. Предложена система автоматизированного полива почвы на базе микроконтроллера Arduino, которая позволяет оптимизировать расходы воды при поливе, выполнять полив в заданное время заданным количеством воды, выполнять полив даже в отсутствие хозяев на территории полива и минимизировать время, выделяемое на полив почвы.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система, Arduino, микроконтроллер, емкостной датчик, влажность почвы, полив, удельное сопротивление.

## THE SYSTEM FOR IRRIGATION OF SOIL ON THE ARDUINO PLATFORM

Yu. Lytvyn, O. Strokan

*The key point in the crops growing process is to ensure the proper soil moisture regime. To obtain a high irrigation effect, it is necessary to accurately determine the rows and volumes of irrigation, which depend on the type of crops, seasons and climatic conditions of the environment. It is possible to solve the problem effectively by constant monitoring the soil moisture content. To do this, we propose the use of automated soil irrigation systems that are based on the Arduino Uno microcontroller platform, which uses the Atmega8 controller in an SMD case as the converter. The Arduino Uno board is an open source prototype-based platform based on flexible, easy-to-use hardware and software. In order to optimally select the moisture sensor, the comparative characteristic of the practical methodology of soil moisture measurement by a resistive sensor YL69 and a capacitive sensor is given in the article. For the experiment, the dry sandy soil was used. The comparative analysis of capacitive and resistive moisture sensors has proven the feasibility of using a capacitive sensor in an automatic watering scheme to measure the specific soil resistance. The article also shows the scheme of connecting sensors to the microcontroller. The system of automated soil irrigation on the platform of the Arduino microcontroller is proposed, which allows: to optimize water consumption, to irrigate at the given time with a given amount of water, to perform watering even in the absence of the owners in the watering area, to minimize the time spent on irrigation of the area in comparison with manual watering and convenient and comfortable watering. To manage the work of the system of automated soil irrigation, the software code of the hardware computer platform Arduino has been developed. The created automated irrigation system can be expanded both systematically (for any agrarian enterprises) and functionally (by increasing the number of sensors).*

**Keywords:** automated system, Arduino, microcontroller, capacitive sensor, soil moisture, watering, resistivity.