

УДК 62.93

**ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ  
ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ТЕПЛИЦІ****Бакало О. О., Пилипенко Ю. М.**

Київський національний університет технологій та дизайну.

**Мета.** *Покращити якість вирощування рослин в теплиці за допомогою методу автоматизованого контролю вологості ґрунту.*

**Методика.** *Використання датчиків для контролю вологості при вирощування плодів в теплиці. За допомогою програмного середовища TraceMode розроблено схему автоматичного контролю зрошення.*

**Результати.** *Розглянуто задачу автоматизованого контролю вологості ґрунту та, у випадку необхідності, поливу сільськогосподарських культур в теплиці за допомогою SCADA системи TraceMode. Створений проект дозволяє вести візуальне спостереження і контроль процесу, а також дозволяє забезпечити потрібні налаштування в разі виникнення позаштатних ситуацій.*

**Наукова новизна.** *Збільшення якості вирощування сільськогосподарських рослин за допомогою методу автоматизованого контролю вологості ґрунту.*

**Практична значимість** *полягає у подальшому використанні системи на підприємствах з використанням реальних датчиків та приладів.*

**Ключові слова:** *SCADA система TraceMode, автоматизований контроль вологості ґрунту, канали системи TraceMode, мова програмування ST, полив сільськогосподарських культур*

Україна є передовою аграрною державою Європи із великими можливостями для подальшого розвитку високоефективного виробництва сільськогосподарської продукції. На країну припадає майже третина запасів чорнозему та 27% орних земель у Європі (на одну особу в Україні припадає 0,68 гектарів орних земель, тоді як у Європі цей критерій становить у цілому 0,25 гектара, у Польщі – 0,30 гектара, Франції – 0,31 гектара). Вчені твердять – клімат планети невинно змінюється і саме в бік потепління. Із кожним роком ми відчуваємо її наслідки все більше, особливо в сільському господарстві: зменшується кількість придатних для ведення сільського господарства земель, почастишали посухи. Такі зміни в кліматі негативно впливають на врожайність культур. За рахунок погіршення погодних умов для вирощування сільськогосподарських культур, люди створюють штучні середовища добування продуктів – теплиці. Вирощування продуктів харчування в теплиці – простий і ефективний спосіб забезпечити свою родину корисними овочами та фруктами. Багато власників сільськогосподарського бізнесу використовують теплиці для продовження врожайності у осінньо-зимовий період.

Спеціально обладнане укриття дає змогу збирати свіжі овочі та фрукти навіть взимку, коли особливо потрібні вітаміни. Для підприємців такі методи дозволяють заробляти на вирощуванні овочів навіть у холодну пору року. Тому технології вирощування сільськогосподарських культур в теплицях є важливими для отримання врожайності високої якості та забезпечення продуктами харчування населення країни.

Система поливу, яка враховує особливості вирощування культур, та має автоматизований контроль за вологістю ґрунту та кліматичними умовами в приміщенні, є запорукою досягнення максимальної врожайності. Такі системи є економічно вигідними за рахунок можливості контролювати використання ресурсів для поливу: енергії, води, робочої сили – при цьому не зменшуючи врожайність культур. Саме за допомогою системи зрошення можливо створити правильний мікроклімат в теплиці для отримання максимального результату.

Досліджуючи клімат в теплиці необхідно врахувати такі фактори як кліматичні умови за межами приміщення, вид зрошуваних рослин, необхідні умови для максимального зростання і кількість води в різні періоди вирощування. Для цього необхідно знати умови розвитку обраної культури і відповідно забезпечувати потрібні умови для кожного етапу. Основним завдання системи зрошення є підрахунок необхідної кількості води для якісного вирощування обраної культури.

Ефективними методами вирощування будь-якої культури є визначення її характеристик та властивостей, взаємодій із зовнішніми впливами на розвиток культури. Для якісного вирощування рослин необхідно точно знати всі характеристики та властивості культури, а також характеристики датчиків та умови для вирощування.

Для правильного поливу сільськогосподарської культури використовують зрошувальну поливну норму: вся кількість води на період зрошення. Коефіцієнтом водоспоживання називають кількість води, витрачений рослинами, на одиницю врожаю.

Не дивлячись на те, що більшість рослин пристосовуються до нинішніх погодних умов, існує практика вирощування продуктів в теплицях, де для покращення умов для вирощування рослин розроблюються автоматизовані прилади та програми, які є легкими у використанні для користувача.

В роботі розроблено датчик вологості ґрунту для покращення автоматичного контролю поливу культури та імітовано роботу такої системи в середовищі системи TraceMode. За допомогою з'єднання відповідних датчиків і підключення в систему контролерів через відповідний інтерфейс, на комп'ютері можна візуалізувати та автоматизувати процес, що

слідкує за режимом поливу та створити реальну систему автоматизації зрошення сільськогосподарських культур. Крім того, система забезпечить повну інформацію про витратну частину як води так і коштів, для всіх періодів роботи системи.

### ***Постановка завдання***

Метою даної роботи є дослідження методу автоматизованого контролю вологості ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в теплиці. За допомогою автоматизованої системи можливо покращити якість та обсяги вирощуваної культури, забезпечити необхідні умови та характеристики для зрошення обраної рослини.

Для вирішення поставленої задачі покращення методу автоматизованого контролю вологості ґрунту використовуємо датчики та Scada систему Trace Mode для реалізації, за необхідності, поливу сільськогосподарської культури [1-3].

Зауважимо, що всі складові нашого проекту можна побачити на екрані монітору у реальному масштабі часу, тобто ми слідкуємо за технологічним процесом за допомогою системи TraceMode у наочному і зрозумілому для користувача вигляді. У роботі представлено полив сільськогосподарської рослини на прикладі вирощування помідорів, або томатів.

### ***Результати досліджень***

Для створення моделі комп'ютерно-інтегрованої системи зрошення на базі SCADA системи TraceMode [1] необхідно створити водонапірну башту, з якої здійснюється подача води на ділянку з сільськогосподарською культурою.

Баштою можна керувати у двох режимах: ручному та автоматичному. В залежності від обраного режиму набирання води здійснюється автоматично або необхідно постійно стежити, щоб води в башті вистачало і вона не була порожньою. Для розуміння того, який обрано режим, створено візуальне оформлення з текстовими підписами кожного кроку.

Наповнення башти відбувається до 95% і припиняється не залежно від режиму. Також, в обох режимах при досяганні рівня 90% заповнення водою вмикається сигнал перед аварійного стану, що і є сигналом тривоги до оператора. В реальності це буде попередженням про вихід системи з ладу та знак до оператора про перезавантаження системи для подальшої роботи [3].

Ділянка, де росте помідор, має прямокутну форму. Ширину і довжину можна змінити, задавши необхідні параметри. Кнопки мають необхідні підписи, а у текстовому полі відобразиться введене значення. Також можна поруч побачити площу заданої ділянки.

Головним критерієм для визначення правильності поливу сільськогосподарських продуктів є вологість ґрунту для обраної рослини, яка залежить від погодних умов, типу ґрунту, кореневого живлення рослини та ін. Для прикладу у проекті використовується полив помідорів висаджених у Київській області. Тому використовуються дві, притаманні Київській області, типи ґрунтів: дерново-підзолистий та чорнозем. Кожен з цих видів по-різному пропускає вологу, втримує її та випаровує при сонячній погоді. На ділянці відбувається зміна температурних умов. У проекті можна спостерігати різну температуру повітря в теплиці. Погодні умови змінюються непередбачувано, так як канал має прив'язку до генератора випадкових чисел. В залежності від погоди буде різна вологість ґрунту. Ще одним фактором, який включений в розрахунок вологості – це кореневе живлення рослин. Помідор – не виняток, тому враховано той факт, що завжди волога з ґрунту частково береться рослиною. На вологість можна впливати ще одним чинником – полив. Полив залежить від швидкості подачі води. Чим більша швидкість, тим швидше буде відбуватися зволоження за одиницю часу.

В залежності від обраної культури необхідно зазначати різні норми поливу рослин, тому що вони відрізняються за характеристиками та строками поливу. Кожна культура має свій період посадки та збору урожаю. Тому система, в залежності від культури, забезпечує полив тільки у вказані строки, роблячи неможливість подачі води за межами відповідного строку. В залежності від обраної культури можемо вручну змінити термін закінчення зрошення та норми поливу.

Для контролю поливу використовується датчик вологості ґрунту, який при зменшенні вологості до мінімального рівня, дає команду почати зрошення. Полив припиняється, коли вологість ґрунту досягає верхнього рівня потрібної для рослини норми.

Інші фактори, які впливають на потребу у поливі, є випадковими, тому для наочного прикладу в проекті самостійно задаємо значення інших показників.

На одному екрані прослідкуємо за кількістю набраної води в башті та визначимо вартість води за період часу роботи системи. Вартість кубометру води вводимо вручну та можемо змінювати значення при необхідності.

Розглянемо побудову екранів у системі TraceMode для реалізації нашої задачі.

На рис. 1 зображено екран «Полив ділянки», на якому бачимо водонапірну башту, ділянку поливу культури та кнопки для налаштування правильної роботи системи. Швидкість води з насоса можна змінювати в ручному режимі натиснувши на кнопку «швидкість л/сек» та ввівши значення, яке буде одразу відображено у текстовому полі

поруч. Змінити швидкість клапана можна аналогічно, натиснувши кнопку «Швидкість л/сек» [5]. Для роботи системи задаємо початкові швидкості насоса і клапана - 30 і 60.

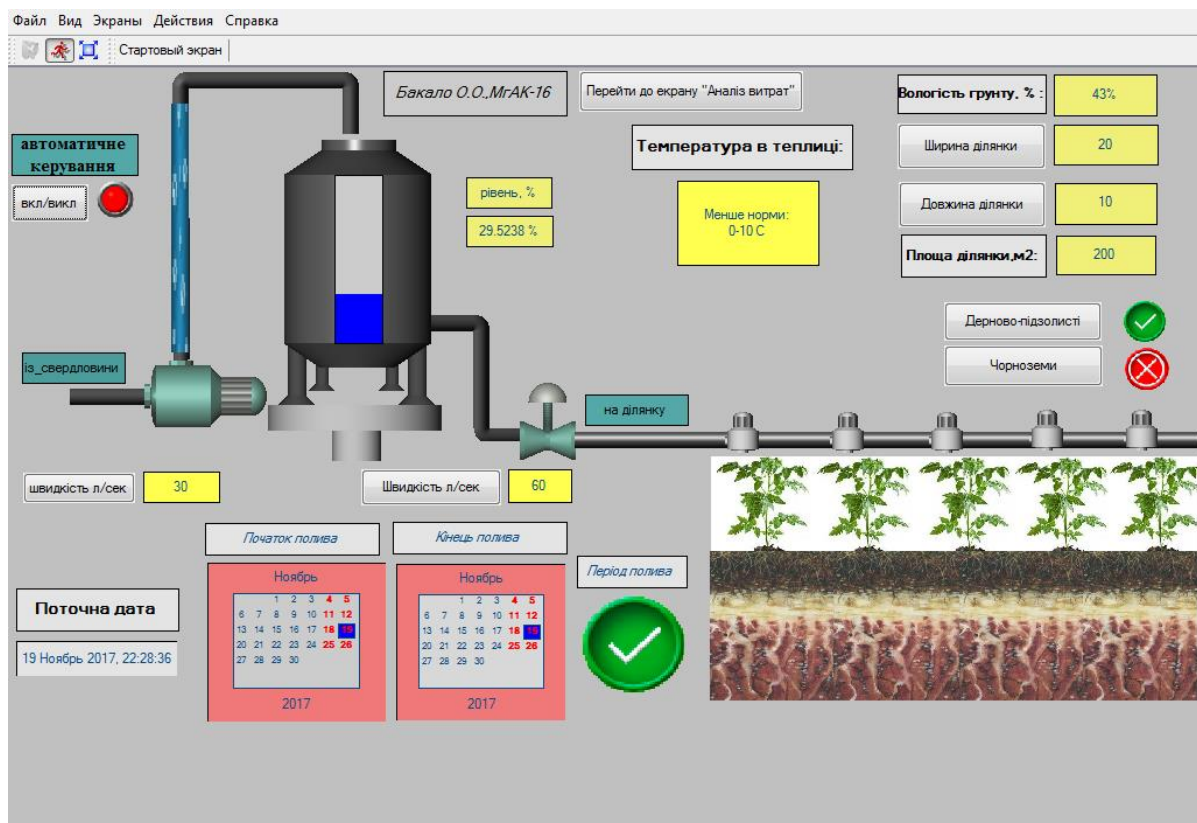


Рис. 1. Полив ділянки

На екрані «Аналіз витрат» (рис. 2) можна побачити графічний елемент «тренд» 1, на якому відображається рівень води в башті, вартість та кількість витраченої води, вологість ґрунту. Кількість витраченої води та вартість відображаються в текстових полях 3 і 4 відповідно. Для переходу на екран «Полив ділянки» необхідно скористатись кнопкою «Перейти на екран Полив ділянки» 2.

Налаштування впливу випадкових факторів відбувається за допомогою значення випадкової величини в межах від 0 до 100. Діапазон змін має такі межі: температура повітря 26-30 °С [70; 100], температура повітря 20-25 °С (50; 70), температура повітря 15-19 °С (40; 50), температура повітря 11-14 °С [30;40], температура повітря 5-10 °С (20; 30), температура повітря 0-4 °С [0; 20].

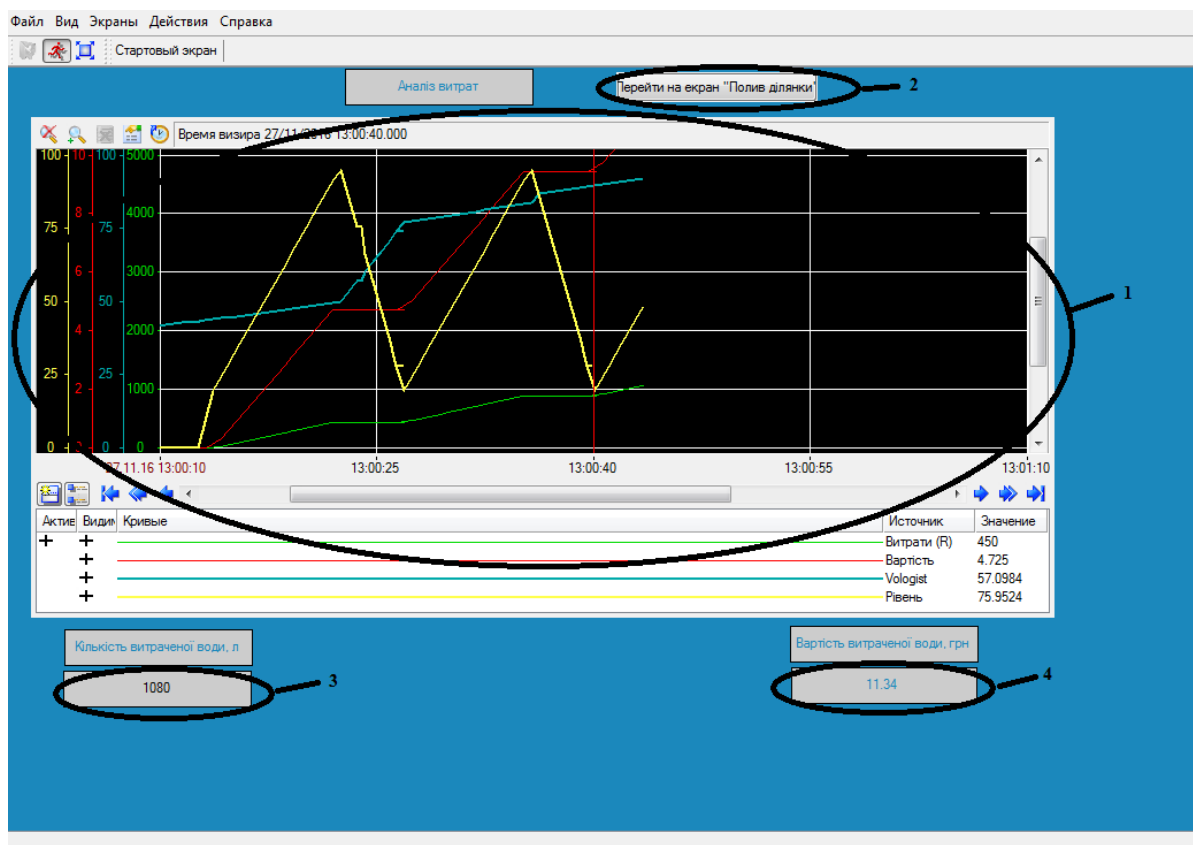


Рис. 2. Аналіз витрат

В проєкті розроблюємо датчик вологості ґрунту для покращення автоматичного контролю поливу культури та імітуємо роботу такої системи в середовищі Tracemode. У промисловості для вимірювання вологості використовують датчики, які можуть вимірювати вологість ґрунту в межах від 0% до 100%, таким чином забезпечуючи високу точність вимірювання параметрів. У вимірюванні вологості в приміщенні можна використовувати ємнісні датчики вологості [2]. На рис. 3 зображено датчик, який можна використовувати для визначення вологості.

Розроблено і досліджено метод контролю вирощування продуктів, що заснований на якісному та точному вимірюванні вологості за допомогою датчика вологості, що дозволяє підвищити якість вирощування рослин та збільшити врожайність в теплицях. Розроблено автоматизовану схему контролю якості вирощування продуктів за допомогою середовища Tracemode, в якій можливий автоматичний контроль поливу ділянки в залежності від погодних умов та відносної вологості повітря. Написані та налаштовані програми мовою ST, що разом з побудованими інформаційними каналами та екранами забезпечують роботу нашого проєкту. Перспективою для такого методу



2. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение. / Пер. с нем. – М.: Мир, 1989. – 196 с., ил.
3. Tracemode 6 & T-Factory. Интегрированная платформа для управления производством. Быстрый старт. / М.: 2013. Издание шестое (к релизу 6.04). – 168 с.
4. Tracemode 6. Интегрированная SCADA/HMI-SOFTLOGIC- MES-EAM-HRM-система для разработки АСУ ТП, АСКУЭ и систем управления производством. / – М.:2012. Том 2. 11-е издание (к релизу 6.06). – 517 с.
5. Пилипенко Ю. М. Моделювання режимів поливу сільськогосподарських культур / Ю. М. Пилипенко, А. О. Нечепан // Технології та дизайн. – 2016. – №4. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2016\\_4\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_4_13).
- Sensors.] / Back to the front – М.: Mir – 196 p., il. [in Russian].
3. *Tracemode 6 & T-Factory. Integrirovannaya platforma dlya upravleniya proizvodstvom. Bystryj start.* [Tracemode 6 & T-Factory. Integrated platform for production management. Quick start.] / М.: 2013. The sixth edition (to release 6.04). – 168 p. [in Russian].
4. *Tracemode 6. Integrirovannaya SCADA/HMI-SOFTLOGIC- MES-EAM-HRM-sistema dlya razrabotki ASU TP, ASKUEH i sistem upravleniya proizvodstvom.* [HMI-SOFTLOGIC-MES-EAM-HRM-system for the development of automated process control systems, automated metering systems and production control systems.] / – М.: 2012. Vol 2. 11th edition (to release 6.06). – 517 p. [in Russian].
5. Pylypenko, Yu.M. & Nechepa, A.O. *Modelyuvannya rezhimiv polivu sil'skogospodars'kih kul'tur* [Design of the modes of watering of agricultural cultures] / Technologies and design. – 2016. – No. 4. – Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/td\\_2016\\_4\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2016_4_13). [in Ukrainian].

**Bakalo Elena**

[elenabakalo13@gmail.com](mailto:elenabakalo13@gmail.com)

Kyiv National University of  
Technologies and Design

**Pylypenko Yurii**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4093-7298>

[Pyly20453@gmail.com](mailto:Pyly20453@gmail.com)

Kyiv National University of  
Technologies and Design

**Изучение автоматизированного контроля влажности почвы при  
выращивании сельскохозяйственных культур в теплице**

**Бакало О. О., Пилипенко Ю. Н.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Цель.** Повысить качество выращивания растений в теплице с помощью метода автоматизированного контроля влажности почвы.

**Методика.** Использование датчиков для контроля влажности при выращивании плодов в теплице. С помощью программной среды Tracemode разработана схема автоматического контроля орошения.

**Результаты.** Рассмотрена задача автоматизированного контроля влажности почвы и, в случае необходимости, полива сельскохозяйственных культур в теплице с помощью SCADA системы Tracemode. Созданный проект позволяет вести визуальное наблюдение и контроль процесса, а также позволяет обеспечить нужные настройки в случае возникновения нестандартных ситуаций.



**Научная новизна.** Повышение качества выращивания сельскохозяйственных растений с помощью метода автоматизированного контроля влажности почвы.

**Практическая значимость** заключается в дальнейшем использования системы на предприятиях с использованием реальных датчиков и приборов.

**Ключевые слова:** SCADA система TraceMode, автоматизированный контроль влажности почвы, каналы системы TraceMode, язык программирования ST, полив сельскохозяйственных культур

**Study of the automated control of humidity of soil at growing of agricultural cultures in a hothouse**

**Bakalo O., Pylypenko Y.**

*Kyiv National University of Technologies and Design*

**Purpose.** Improve the quality of plant cultivation in a greenhouse using the method of automatic control of soil moisture.

**Methodology.** Use of sensors to control moisture when growing fruits in the greenhouse. Using the TraceMode software environment, an automatic irrigation control scheme has been developed.

**Findings.** The problem of automated control of soil moisture and, if necessary, irrigation of agricultural crops in a greenhouse with the help of SCADA system TraceMode is considered. The created project allows to carry out visual observation and control of the process, and also allows to provide the necessary settings in case of extraordinary situations.

**Originality.** Increasing the quality of growing of agricultural plants using the method of automated control of soil moisture.

**Practical value** is the continued use of the system at enterprises using real sensors and devices.

**Keywords:** SCADA Trace Mode system, automated control of humidity of soil, channels of the system Trace Mode, programming of ST language, watering of agricultural cultures