

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоінженерії

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

 Сергій ЛІТВІНЦЕВ
«14» червня 2025 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра за освітньою програмою

«Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Система автоматичного поливу рослин через веб-інтерфейс»

Виконав :

студент IV курсу, групи РІ-11

Клепко Денис Миколайович

 _____

Керівник:

К.т.н., доц. Літвінцев С.М.

 _____

Рецензент:

Ст. викл. Сокольський С.О.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент

 _____

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Кафедра радіоінженерії

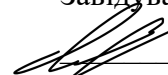
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Сергій ЛІТВИНЦЕВ

«14». 04.2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Клепку Денису Миколайовичу

1. Тема проєкту **«Система автоматичного поливу рослин через веб-інтерфейс»**,
керівник проєкту Літвінцев С.М. , затверджені наказом по університету від 29.05.2025р. №1840-с
2. Термін подання студентом проєкту 14.06.2025р.
Вихідні дані до проєкту: система автоматичного поливу з можливістю керування через веб-інтерфейс на базі мікроконтроллера. Можливість підключення зовнішніх датчиків і врахування їх показників в роботі системи.

3. Напруга живлення складає 5В.

Підключення до 4 датчиків (температури, вологості ґрунту та повітря).

Зміст пояснювальної записки: Перелік скорочень; Вступ; 1. Аналіз технічного завдання; 2. Огляд аналогів; 3. Проектування структурної схеми; 4. Вибір електронних компонентів; 5. Корпус. 6. Економічне обґрунтування. 7. Додатки

4. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): блок схема алгоритму, схема електрична принципова, креслення основи корпусу, креслення кришки корпусу.

5. Дата видачі завдання 14.04.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Розробити ТЗ та провести його пояснення (аналіз);	30.04.2025	Виконано
2	Порівняти наявні аналоги та зробити висновки;	06.05.2025	Виконано
3	Розробити блок схему пристрою;	16.05.2025	Виконано
4	Розробити схему електричну принципову;	30.05.2025	Виконано
5	Розробити корпус пристрою;	17.05.2025	Виконано

Студент



Денис КЛЕПКО

Керівник



Сергій ЛІТВІНЦЕВ

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі розглянуто проєктування та реалізацію системи автоматичного поливу рослин, керування якою здійснюється через веб-інтерфейс. Метою дослідження є створення функціонального, недорогого та зручного у використанні рішення, що забезпечує зволоження ґрунту на основі показників вологості та дозволяє користувачу здійснювати контроль дистанційно.

У ході роботи проведено аналіз існуючих систем поливу, визначено оптимальну апаратну платформу, до складу якої входять: мікроконтролер ESP8266, сенсор вологості, реле-модуль, датчик температури та додаткові компоненти. Розроблено програмне забезпечення, яке забезпечує автоматичне вмикання та вимикання поливу залежно від вологості ґрунту, а також реалізовано веб-інтерфейс, що дозволяє переглядати показники, змінювати налаштування та керувати системою вручну.

ANNOTATION

The thesis considers the design and implementation of an automatic plant watering system, controlled via a web interface. The aim of the research is to create a functional, inexpensive and user-friendly solution that provides soil moistening based on moisture indicators and allows the user to control remotely.

During the work, an analysis of existing irrigation systems was conducted, the optimal hardware platform was determined, which includes: ESP8266 microcontroller, humidity sensor, relay module, temperature sensor and additional components. Software was developed that provides automatic switching on and off of irrigation depending on soil moisture, and a web interface was also implemented that allows viewing indicators, changing settings and manually controlling the system.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту

на тему: «Система автоматичного поливу рослин через
веб-інтерфейс»

Київ — 2025 року

3MICT

АНОТАЦІЯ.....	2
ANNOTATION	5
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	5
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	10
МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
АКТУАЛЬНІСТЬ.....	12
ПРАКТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ І НОВИЗНА РОБОТИ.....	12
1.1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПОЛИВУ .	13
1.2 ТИПИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОЛИВУ.....	16
1.3. ІСНУЮЧІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ	19
1.4 АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ НАЯВНИХ РІШЕНЬ	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ .	25
2.1 ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ.....	25
2.2 ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ.....	25
2.3 ВИБІР АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ.....	28
2.4. ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ	36
3.1. ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА ДЛЯ ЗБОРУ ДАНИХ ТА КЕРУВАННЯ ПОЛИВОМ.....	33
3.2. РОЗРОБКА ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ	42
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	46
4.1. РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ КОМПОНЕНТІВ ТА РОЗРОБКИ.....	46
4.2 ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ АБО КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ.....	47
ВИСНОВКИ.....	50

					PI1.464515.001ПЗ						
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата	Система автоматического поливу рослин через веб-інтерфейс			Лит.	Лист	Листів	
Розробив	.Клепко Д.М.									1	47
Керівник	Пітвінцев С.М.							PI-11, РТФ			
Н.Контр.											
Зав. Каф.											

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

VCC — постійний струм

WiFi — Wireless Fidelity

GND — (англ. Ground) вузол ланцюга, потенціал якого умовно приймається за нуль

ДП — Друкована плата

ЕК — Електронний компонент

Led — Світлодіод

МК — Мікроконтролер

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						2
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі автоматизація побутових процесів стала не лише трендом, але й необхідністю. Одним із таких напрямів є створення інтелектуальних систем догляду за рослинами. Забезпечення своєчасного та ефективного поливу є критичним чинником для збереження здоров'я зелених насаджень, особливо в умовах кліматичних змін, частих посух та нестачі вільного часу у людей.

Системи автоматичного поливу значно зменшують потребу в ручному догляді за рослинами, сприяють раціональному використанню водних ресурсів і можуть бути інтегровані до екосистеми «розумного дому». Особливу актуальність мають ті рішення, які забезпечують віддалений доступ до управління системою, наприклад, через веб-інтерфейс, що дозволяє здійснювати контроль навіть за відсутності користувача на місці.

Даний дипломний проєкт присвячено розробці системи автоматичного поливу рослин із можливістю управління через веб-інтерфейс. У межах проєкту реалізовано повний цикл створення прототипу: від розробки архітектури системи до її програмування та тестування в реальних умовах.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Аналіз технічних вимог: технічні вимоги складаються з експлуатаційних, конструкторських та електричних. Експлуатаційні вимоги включають кліматичні умови, вимоги до надійності, первинної напруги живлення та зручності використання. Кліматичні умови передбачають температуру повітря в діапазоні $+1 \dots +45^{\circ}\text{C}$, зоною використання пристрою є регіон із помірним і вологим кліматом, категорія 5, тобто приміщення з підвищеним рівнем вологості. Пристрій не призначений для руху та відноситься до категорії Т4. Оскільки пристрій є стаціонарним, він не піддається ударним чи вібраційним впливам. Аналіз конструкторських вимог показав, що специфічних або складних у реалізації запитів не виявлено.

Корпус пристрою складається з двох частин із посиленням ребер жорсткості. Його можна виготовити за допомогою 3D друку. Маса пристрою не зазначена, тому вміст не обмежується цим параметром. Конструкція корпусу передбачає наявність отворів на бокових гранях для підведення кабелів підключення периферії та живлення, зокрема для датчиків, живлення та підключення до реле. Вимоги до ремонтпридатності відсутні.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою цього дослідження є створення автоматизованої системи поливу рослин із можливістю керування через веб-інтерфейс, яка дозволяє забезпечити ефективне використання водних ресурсів, спростити догляд за

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

рослинами та надати користувачеві інструмент дистанційного моніторингу та контролю.

Обрана тема є результатом поєднання кількох важливих тенденцій сучасного світу — зростаючої потреби в автоматизації побутових процесів, активного розвитку технологій Інтернету речей (IoT), а також необхідності дбайливого ставлення до природних ресурсів, зокрема води.

Сучасний ритм життя не завжди дозволяє власникам садових або кімнатних рослин приділяти достатньо уваги догляду за ними. Особливо це актуально під час відпусток, відряджень або в умовах щоденної зайнятості. У таких ситуаціях автоматизовані системи можуть не лише замінити ручний полив, а й зробити його більш точним та своєчасним завдяки збиранню даних про вологість ґрунту в режимі реального часу.

У той же час зростає попит на доступні, інтуїтивно зрозумілі рішення, якими можна керувати дистанційно — через веб-браузер чи смартфон. На відміну від деяких готових комерційних продуктів, які або коштують надто дорого, або не дозволяють змінювати логіку роботи, розробка власного веб-керованого рішення на базі мікроконтролерів (ESP8266/ESP32) є вигідною альтернативою — гнучкою, економічною та освітньо значущою.

Таким чином, дана робота не лише вирішує практичну задачу автоматизації поливу, але й ілюструє застосування сучасних цифрових технологій у повсякденному житті, демонструючи можливості інтеграції апаратного забезпечення з веб-середовищем.

Результатом дослідження має стати працездатна, протестована система, яка дозволить користувачеві через зручний веб-інтерфейс контролювати

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

вологість ґрунту та вмикати/вимикати полив у автоматичному або ручному режимі.

АКТУАЛЬНІСТЬ

На тлі глобальних екологічних викликів — змін клімату, нестачі природних ресурсів, зростання кількості населення — раціональне використання води набуває особливої важливості. Однією з найперспективніших сфер оптимізації є автоматизація поливу рослин, яка дозволяє мінімізувати людський фактор, підвищити ефективність догляду та скоротити витрати води.

У той же час цифровізація побуту спричинила стрімке зростання попиту на доступні, гнучкі та прості у використанні рішення, якими можна керувати з будь-якої точки світу. Саме тому поєднання системи автоматичного поливу з веб-інтерфейсом є сучасним, технологічно обґрунтованим підходом, що відповідає вимогам часу.

Обрана тема є актуальною як для побутового використання (домашні квітники, присадибні ділянки), так і для комерційного сектора — теплиць, міського озеленення, аграрного бізнесу. Водночас це дозволяє закріпити набуті студентом знання з мікроконтролерного програмування, веб-розробки та системної інтеграції в межах реального проєкту.

ПРАКТИЧНА ЗНАЧУЩІСТЬ І НОВИЗНА РОБОТИ

Практична значущість дипломного проєкту полягає у створенні функціональної, економічно доцільної та гнучкої в застосуванні системи автоматичного поливу рослин, що може використовуватись у реальних умовах — як у побуті (на підвіконні, в саду, на балконі), так і в

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

промислових або напівпромислових умовах (теплиці, невеликі фермерські господарства).

Розроблена система дозволяє оптимізувати догляд за рослинами шляхом автоматичного поливу залежно від фактичної вологості ґрунту; забезпечити дистанційне керування через зручний веб-інтерфейс, що особливо актуально в умовах віддаленої роботи або відпусток; раціонально використовувати водні ресурси, зменшуючи перевитрати та забезпечуючи екологічний підхід до зрошення; знизити потребу в ручному догляді за кімнатними чи садовими рослинами, особливо для людей із обмеженим доступом до фізичного обслуговування ділянки (люди літнього віку, зайняті користувачі).

Наукова та технічна новизна роботи полягає у поєднанні простоти апаратного рішення (на базі ESP8266/ESP32) із функціональністю веб-керування в реальному часі; використанні недорогих та загальнодоступних компонентів для створення повністю функціональної системи, що робить її легко масштабованою та придатною до масового впровадження; розробці власного веб-інтерфейсу, який дозволяє не лише вмикати або вимикати полив, а й у реальному часі переглядати стан ґрунту; можливості адаптації системи під різні потреби користувача (наприклад, вибір режимів поливу: автоматичний, ручний).

На відміну від багатьох існуючих аналогів, представлена система створена як відкрите, гнучке, автономне рішення, що не залежить від сторонніх хмарних сервісів і дозволяє повністю керувати логікою її роботи.

1.1 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПОЛИВУ

Системи автоматизованого поливу (САП) — це сукупність технічних засобів, які забезпечують контрольоване, регулярне і дозоване зрошення

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

рослин без безпосередньої участі людини. Їх основною метою є оптимізація водоспоживання, покращення якості догляду за рослинами та зменшення трудових витрат.

Принцип роботи будь-якої автоматизованої системи поливу базується на збиранні даних, аналізі умов (наприклад рівень вологості ґрунту), та прийнятті рішення про запуск або припинення поливу. Ці функції реалізуються завдяки взаємодії трьох ключових блоків: сенсорного, керувального та виконавчого.

Сенсорний блок містить датчики, які вимірюють поточні параметри середовища: вологість ґрунту, температуру повітря, опади, освітленість. Найпоширенішими є сенсори вологості ґрунту — вони дозволяють визначити, коли рослинам необхідне зволоження.

Керувальний блок — це мікроконтролер або спеціалізований контролер, що обробляє сигнали від сенсорів та приймає рішення згідно з запрограмованими алгоритмами. При перевищенні або зниженні визначеного порогу вологості система активує або вимикає подачу води. Сучасні контролери також підтримують передачу даних через Wi-Fi, Bluetooth або GSM, що відкриває можливості для дистанційного керування.

Виконавчий блок включає електромагнітні клапани, насоси, реле та інші пристрої, що безпосередньо керують подачею води до рослин. Ці елементи мають забезпечувати точність, надійність та адаптивність у роботі.

Автоматизовані системи поливу можуть бути відкритими або закритими, централізованими або автономними, залежно від сфери застосування. Найбільш поширені види САП — дощові, крапельні та внутрішньогрунтові, кожен з яких має свої переваги й недоліки.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Дощові системи, що імітують природний дощ, є ефективними для поливу газонів та великих відкритих площ завдяки широкому радіусу розпилення. Їхніми перевагами є рівномірне покриття великих територій та відносна простота використання після встановлення. Однак, недоліком може бути значне споживання води через випаровування та знесення вітром, а також ризик розвитку грибкових захворювань на листі деяких рослин через постійну вологість.

Крапельні системи подають воду безпосередньо до кореневої зони рослин, забезпечуючи високу ефективність використання води та мінімізуючи її втрати на випаровування. Вони ідеально підходять для поливу грядок, клумб, кущів та дерев. Їхніми ключовими перевагами є економія води, запобігання росту бур'янів та зменшення ризику грибкових захворювань, а також можливість подачі добрив. Проте, їх встановлення може бути більш трудомістким, а система потребує регулярного очищення від засмічень через малий діаметр отворів.

Внутрішньогрунтові системи, або підземні краплинні системи, є найбільш прихованими та естетичними, оскільки всі елементи знаходяться під землею. Вони забезпечують безпосередню подачу води до коренів, що гарантує мінімальні втрати на випаровування та оптимальне зволоження ґрунту. Їхніми перевагами є максимальна економія води, повна непомітність обладнання та можливість використання навіть під час активного відпочинку на ділянці. Основними недоліками є складність встановлення та обслуговування, а також значні труднощі з діагностикою та ремонтом у разі пошкоджень, оскільки система повністю занурена в ґрунт.

Вибір типу поливу залежить від типу ґрунту, кліматичних умов, виду рослин і призначення території.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Ключовою перевагою автоматизованих систем є раціональне використання водних ресурсів: на відміну від ручного поливу, САП працює лише тоді, коли це дійсно потрібно, з урахуванням конкретних параметрів середовища. Завдяки цьому зменшуються витрати води до 30–60%, що особливо важливо в регіонах із дефіцитом вологи.

Також важливою є можливість інтеграції з іншими системами "розумного дому" — метеостанціями, сенсорами освітлення, мобільними застосунками тощо. Така інтеграція підвищує точність і гнучкість керування, роблячи систему не лише зручною, а й інтелектуальною.

Загалом, автоматизовані системи поливу — це ефективний інструмент сучасного сільського господарства, ландшафтного дизайну та навіть домашнього квітництва, який забезпечує комфорт, економію ресурсів та стабільне зростання рослин.

1.2. Типи систем автоматизованого поливу

На сьогодні існує два основних типи систем автоматизованого поливу.

Підземні системи — характеризуються більшою надійністю та довговічністю, однак вимагають значних матеріальних і трудових ресурсів на етапі встановлення. Їх доцільно монтувати під час початкового етапу проєктування або реконструкції ділянки.

Надземні системи — простіші у встановленні та експлуатації, але менш естетичні та надійні. Водночас їхньою перевагою є гнучкість: за потреби систему можна легко перенести або модифікувати.

Для фермерів і садівників головним пріоритетом залишається підвищення врожайності без збільшення площ посіву чи тепличного господарства. Саме правильний, своєчасний та дозований

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

полив, який забезпечують сучасні автоматизовані системи, може підвищити урожай у 2–3 рази.

На українському ринку представлено велику кількість систем автоматичного поливу (САП), серед яких домінують іноземні бренди: Hunter (США), Irritec & Siplast (Італія), Toro (США), Rain Bird (США), Pedrollo (Італія), Nelson (США).

Серед українських виробників можна виділити VS-Plast і SantechPlast. У межах цієї дипломної роботи основна увага буде приділена системам автоматичного поливу з веб-інтерфейсом (САПВТ).

САПВТ поділяються на три основні типи: дощовий полив, крапельний полив та внутрішньогрунтовий полив.

Дощовий полив

Цей тип систем імітує природний дощ: вода розпилюється над рослинами зверху через розбризкувачі. Найчастіше дощовий полив застосовується для зрошення газонів, клумб і відкритих полів.

Вода подається з водопроводу або резервуара через мережу труб, обладнаних електромагнітними клапанами та фільтрами. Процес керується контролером, який дозволяє запрограмувати час і частоту поливу.

До основних переваг системи можна віднести рівномірне зволоження ґрунту, що сприяє кращому росту рослин; зниження ризику засолення ґрунту завдяки контрольованому поливу; можливість точкового внесення добрив безпосередньо до кореневої системи за допомогою фертигації; а також глибоке проникнення води, що підтримує вологість у нижніх шарах ґрунту. Однак система має і певні недоліки: значне споживання води при неправильному налаштуванні або відсутності датчиків; ризик перегріву листя в умовах прямого сонячного світла через

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

утворення ефекту лінзи краплями води; а також високу чутливість обладнання до якості води, що може спричинити передчасне зношення або засмічення клапанів і труб. Попри це, грамотно спроектована та налаштована система автоматичного поливу здатна значно полегшити догляд за рослинами, підвищити ефективність використання водних ресурсів і забезпечити стабільний ріст культур упродовж усього сезону.

КРАПЕЛЬНИЙ ПОЛИВ

Ця система ефективна там, де дощовий полив може зашкодити — наприклад, у теплицях або на грядках із чутливими рослинами. Тонкі труби розміщуються вздовж кореневої системи, і вода подається невеликими дозами безпосередньо до ґрунту.

Вода повинна бути добре очищеною, оскільки накопичення солей чи частинок у тонких трубках швидко призводить до засмічення. Полив відбувається постійно або за графіком, який задається в контролері.

Система крапельного поливу має низку вагомих переваг, які роблять її популярним вибором серед фермерів, садівників і користувачів побутових ділянок. Однією з головних переваг є економне використання води — завдяки точковому зрошенню вода подається безпосередньо до кореневої системи рослин, що дозволяє мінімізувати втрати через випаровування або стікання. Це не лише зменшує загальне водоспоживання, але й підвищує ефективність поливу. Крім того, такий підхід знижує ризик розвитку захворювань рослин, оскільки листя залишається сухим, а вологість на поверхні ґрунту — мінімальною.

Важливою перевагою також є висока ефективність поглинання добрив: система дозволяє точно дозувати поживні речовини в потрібному

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

обсязі і точно у визначене місце. Проте, незважаючи на переваги, система має і певні недоліки. Монтаж крапельного поливу є складнішим порівняно з іншими системами, оскільки вимагає точного проєктування і правильного розміщення трубок та крапельниць. Вартість встановлення також є вищою, особливо якщо використовується якісне обладнання та автоматизоване управління. Ще одним поширеним недоліком є часте засмічення крапельниць, особливо при використанні води з високим вмістом мінералів або домішок, що потребує регулярного обслуговування і чищення системи.

ВНУТРІШНЬОГРУНТОВИЙ ПОЛИВ

Цей тип поливу передбачає розміщення труб на глибині близько 30 см під поверхнею землі. Спочатку укладається захисна плівка, потім труби, після чого конструкція засипається ґрунтом і здійснюється посадка рослин.

Система застосовується на ділянках, де волога швидко випаровується, і крапельне зрошення виявляється неефективним.

Внутрішньогрунтовий полив є однією з найефективніших технологій зрошення, оскільки забезпечує цільове та глибоке зволоження кореневої зони, мінімізуючи випаровування та втрати води. Серед головних переваг цієї системи — ефективне зволоження саме тієї ділянки ґрунту, де знаходяться корені, що сприяє кращому засвоєнню води рослинами; значне зменшення росту бур'янів, оскільки верхній шар ґрунту залишається сухим; дозований і рівномірний полив, що виключає перезволоження або нестачу вологи; а також покращення аерації ґрунту, що позитивно впливає на дихання коренів і мікрофлору. Водночас така система має і низку недоліків, які обумовлюють її обмежене застосування.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Насамперед це висока складність монтажу та обслуговування, адже трубопровідна мережа закладається під землю і вимагає точного планування. Також системи внутрішньогрунтового поливу необхідно закладати ще до посадки рослин, що обмежує можливість їхнього впровадження на вже озеленених ділянках. Крім того, доступ до труб у разі засмічення або несправностей ускладнений, що потребує або часткового демонтажу, або створення спеціальних люків для обслуговування

1.3. Існуючі технічні рішення

КОМЕРЦІЙНІ РІШЕННЯ

Одним із лідерів ринку є компанія Hunter (США), яка спеціалізується на високоточних системах дощового зрошення. Їхня продукція включає роторні форсунки, контролери з можливістю підключення до метеостанцій, а також Wi-Fi модулі для дистанційного керування. Важливою перевагою є здатність розпилення на великі площі — до 24 м — та економія води завдяки MP-Rotator технології.

Rain Bird (США) пропонує аналогічні рішення з акцентом на модульність системи: користувач може обирати між ручним і автоматичним керуванням, задавати графік поливу, а також інтегрувати систему в загальну інфраструктуру розумного дому.

Irritec & Siplast (Італія) спеціалізується переважно на крапельному зрошенні для теплиць та садів. Їх продукція відзначається високою точністю дозування води та ефективністю навіть у посушливих регіонах.

Серед українських виробників вирізняються компанії VS-Plast і SantechPlast, які виготовляють пластикові труби, крапельні стрічки,

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

фітинги та базові контролери. Хоча вони не пропонують складних електронних систем, їхня продукція є основою для створення бюджетних систем поливу.

Усі ці рішення мають високу надійність, але також характерні обмеження:

- закриті програмні платформи,
- висока вартість,
- залежність від фірмових сервісів,
- складність у модернізації або адаптації під нестандартні умови.

Hunter ELC-401i-E Eco Logic



Рисунок 1.1 – Hunter ELC-40

Контролер Hunter ELC-401i-E Eco Logic — це стаціонарний електронний пристрій, призначений для автоматичного керування поливом на невеликих ділянках. Він підтримує до 4 незалежних зон поливу, кожна з яких може мати окремі налаштування тривалості та часу запуску.

Контролер має вбудований таймер, через який користувач задає графік зрошення. Доступні дві окремі програми, кожна з яких підтримує до чотирьох стартів на добу. Це дозволяє створити індивідуальні режими для різних частин ділянки (наприклад, для газону і клумби).

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Серед основних функцій — сезонне коригування поливу, можливість призупинення зрошення після дощу, а також підключення до датчика дощу або вологості, які можуть автоматично вимикати полив при надмірній волозі. Контролер працює від мережі 220 В, має вбудований трансформатор на 24 В змінного струму та невелику резервну батарею для збереження налаштувань.

Установка контролера передбачена всередині приміщення — наприклад, у підсобці або технічному боксі. Керування здійснюється через кнопки та екран на передній панелі, без підключення до інтернету чи смартфона. Це простий у використанні і надійний пристрій для класичного автоматичного поливу без функцій дистанційного керування.

Tervix Pro Line



Рисунок 1.2 – Tervix Pro Line

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Tervix Pro Line WiFi — це електронний контролер, призначений для автоматичного керування системами поливу. Він підтримує до 8 окремих зон зрошення, кожна з яких може мати власний графік та тривалість роботи.

Контролер живиться від мережі 230 В, а керування клапанами здійснюється через вихід на 24 В змінного струму, що є стандартним для більшості електромагнітних клапанів. Усі налаштування виконуються через мобільний додаток (наприклад, TuYa Smart або Smart Life), який дозволяє програмувати графіки, запускати або зупиняти полив вручну та переглядати поточний статус.

Пристрій підтримує підключення до Wi-Fi і може враховувати погодні умови — наприклад, автоматично скасовувати полив у разі дощу. Він монтується на стіну в сухому місці, зазвичай у технічному приміщенні або під навісом.

Tervix Pro Line підходить для невеликих та середніх ділянок, де необхідне керування кількома зонами поливу з можливістю дистанційного доступу.

1.4. АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ НАЯВНИХ РІШЕНЬ

Критерій	Hunter ELC-401i-E	Tervix Pro Line WiFi	Запропонована система на ESP8266
Кількість зон поливу	до 4 зон	до 8 зон	гнучко — від 1 до кількох (за потребою)
Тип керування	Кнопки на корпусі	Мобільний додаток (TuYa Smart, Smart Life)	Веб-інтерфейс через браузер
Наявність Wi-Fi	ні	так	так
Віддалений доступ	ні	так (додаток)	так (веб-сторінка)

Критерій	Hunter ELC-401i-E	Tervix Pro Line WiFi	Запропонована система на ESP8266
Наявність сенсорів вологості	підтримка з додатковим датчиком	(можлива інтеграція через додаток)	є
Гнучкість налаштувань логіки	обмежена	обмежена додатком	повна — програму можна змінювати
Залежність від хмарних сервісів	ні	так (працює через TuYa)	ні (все локально або через локальний хост)
Можливість інтеграції з іншими системами	обмежена (тільки через аксесуари Hunter)	залежить від платформи (TuYa)	можливо: MQTT, API, IoT-платформи
Ціна (орієнтовно)	2500–3000 грн	1500–2000 грн	500–800 грн
Призначення	Для класичного поливу на невеликих ділянках	Для побутових систем з віддаленим доступом	Для побуту, теплиць, експериментальних цілей
Складність у монтажі	Низька	Середня	Середня
Можливість модернізації	мінімальна	обмежена	повна

Таблиця 1.1 – Порівняння наявних рішень

Розділ 2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ

2.1 ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВИМОГ ДО СИСТЕМИ

Перш ніж перейти до розробки апаратної та програмної частини системи автоматичного поливу, необхідно чітко сформулювати її функціональні вимоги. Це дозволить забезпечити узгодженість між поставленою метою, архітектурою системи та кінцевим результатом.

ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ З ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСОМ

Система повинна забезпечувати автоматичний контроль рівня вологості ґрунту шляхом безперервного або періодичного зчитування даних з датчика вологи та прийняття рішень щодо увімкнення/вимкнення поливу на основі заздалегідь встановленого порогу. Для віддаленого керування необхідний веб-інтерфейс, що дозволяє користувачеві отримувати дані про вологість, переглядати статус поливу та температуру, вмикати/вимикати насос у ручному режимі та змінювати порогові значення, будучи доступним з будь-якого пристрою через локальну мережу або Інтернет. Система має підтримувати два режими роботи: автоматичний (полив за показниками сенсора) та ручний (керування користувачем через інтерфейс). Зворотний зв'язок та візуалізація стану системи через інтерфейс повинні відображати рівень вологості (у відсотках), статус поливу (активний/неактивний), поточний активний режим роботи (авто/ручний) та повідомлення про помилки (наприклад, відсутність зв'язку з датчиком). Необхідна програмна логіка затримки або паузи між поливами для запобігання надмірному зрошенню. Важливою вимогою є можливість конфігурування параметрів системи (критичний поріг вологості, час затримки, режим роботи тощо) без перепрошивки мікроконтролера.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Для безпеки доступу до системи веб-інтерфейс повинен мати мінімальні заходи захисту, такі як авторизація за паролем або обмеження доступу за IP-адресою. Всі компоненти повинні характеризуватися низьким енергоспоживанням та компактністю для тривалої автономної або напівавтономної роботи. Нарешті, архітектура системи має передбачати можливість розширення, дозволяючи додавання нових сенсорів або зон поливу з мінімальними змінами.

2.2 ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ

Архітектура системи автоматичного поливу визначає структуру її апаратної та програмної частини, способи взаємодії між компонентами, а також логіку обміну даними в режимі реального часу. Проєктована система має модульну будову, що забезпечує гнучкість, простоту обслуговування та можливість розширення функціоналу в майбутньому.

Система складається з трьох основних рівнів:

Апаратний рівень

Включає всі фізичні компоненти, які здійснюють збір даних, керування подачею води та обмін з мікроконтролером. До цього рівня належать:

1. Датчики вологості ґрунту, які передають аналогові або цифрові дані про рівень вологості у визначеній зоні.
2. Мікроконтролер ESP8266, який приймає сигнали від сенсора, обробляє їх та виконує відповідні дії.
3. Модуль реле, який керує вмиканням насоса або електромагнітного клапана.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

4. Блок живлення 5 В.

Програмний рівень (логіка контролера)

Програмне забезпечення, написане на мові C/C++ у середовищі Arduino IDE, виконує такі функції як: зчитування даних із сенсора вологості, порівняння отриманих даних із встановленим порогом, прийняття рішення про запуск/зупинку поливу, формування даних для передачі до веб-інтерфейсу, перемикання між автоматичним і ручним режимом.

Інтерфейсний рівень (веб-інтерфейс)

Це окрема частина, яка дозволяє користувачеві взаємодіяти з системою за допомогою браузера. Розміщена на вбудованому або зовнішньому веб-сервері. Функції інтерфейсу виведення поточних показників вологості, керування поливом у ручному режимі, перемикання режимів роботи, налаштування порогового значення вологості, відображення повідомлень про стан системи.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

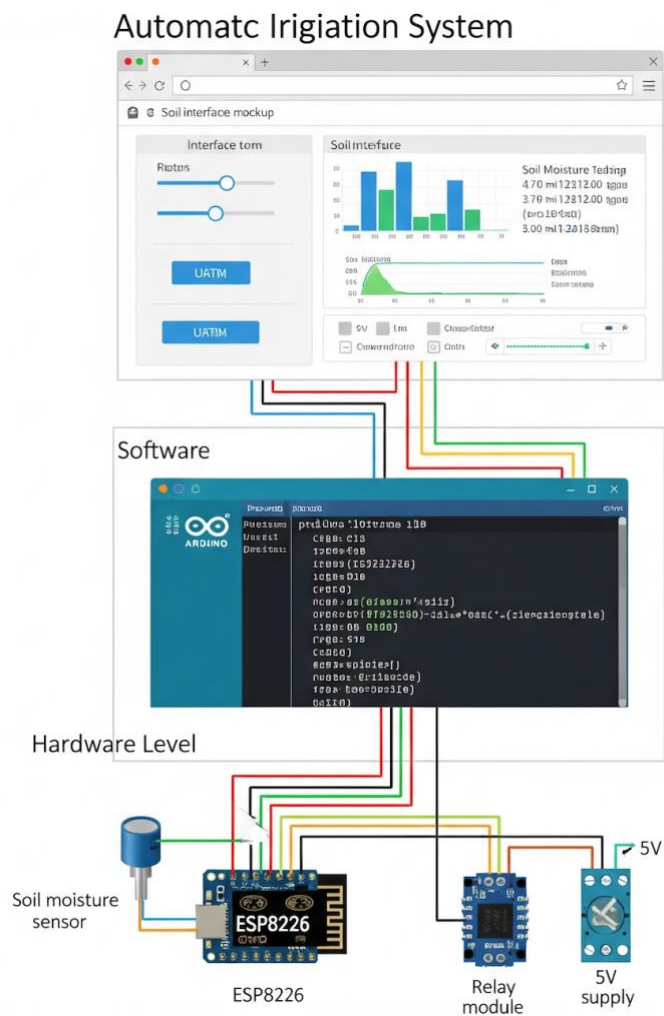


Рисунок 1.3 – Трьохрівнева система (прототип)

Обмін даними між компонентами

Датчик вологості передає показники вологості на аналоговий вхід ESP8266. Контролер обробляє ці дані кожні кілька секунд. У разі необхідності подається сигнал на реле, яке вмикає насос. Одночасно з цим ESP8266 через Wi-Fi віддає дані веб-серверу, де вони оновлюються у веб-інтерфейсі користувача. Користувач може у будь-який момент вручну втрутитись у роботу системи.

2.3 ВИБІР АПАРАТНОЇ ПЛАТФОРМИ

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		22

При проектуванні системи автоматичного поливу одним із ключових етапів є вибір апаратних компонентів, що забезпечують зчитування даних, керування виконавчими механізмами та взаємодію з користувачем. Основними критеріями відбору є: функціональність, сумісність, енергоефективність, вартість та доступність на ринку. У цьому підрозділі розглянуто обґрунтування вибору таких основних елементів: мікроконтролера, датчика вологості та модуля реле.

МІКРОКОНТРОЛЕР АТМЕГА328Р: СЕРЦЕ ARDUINO UNO



Рисунок 2.2 - АТmega328Р

АТmega328Р — це 8-бітний мікроконтролер AVR, розроблений компанією Microchip Technology, який здобув широку популярність як основний чип у платі Arduino Uno. Це зробило його одним з найбільш впізнаваних і доступних мікроконтролерів для тих, хто тільки починає свій шлях в електроніці та програмуванні.

АТmega328Р базується на 8-розрядній RISC-архітектурі та може працювати на частоті до 20 МГц (на Arduino Uno – 16 МГц). Він має 32 КБ Flash-пам'яті для зберігання коду програми, 2 КБ SRAM для оперативних даних та 1 КБ EEPROM для збереження даних після вимкнення живлення. Мікроконтролер оснащений 23 програмованими цифровими пінами

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

вводу/виводу, 6 аналоговими входами для зчитування сигналів із датчиків, а також підтримує стандартні інтерфейси зв'язку, такі як UART (для послідовного зв'язку), SPI (для швидкого зв'язку з периферійними пристроями) та I2C (для багатоточкового зв'язку).

Цей мікроконтролер чудово підходить для широкого спектру проектів, які не потребують високошвидкісних обчислень або бездротового зв'язку. Його застосовують у простих системах автоматизації, робототехніці, пристроях для збору даних із датчиків, системах керування освітленням чи двигунами, а також у незліченній кількості освітніх та DIY-проектів.

Мікроконтролер ESP32

ESP32 — це потужний, багатofункціональний мікроконтролер від Espressif Systems, що став значним покращенням порівняно з популярним ESP8266 і призначений для ще складніших та вимогливіших проектів у сфері Інтернету речей (IoT). На відміну від одноядерного ESP8266, ESP32 оснащений двома ядрами Tensilica Xtensa LX6, що дозволяє виконувати паралельні завдання та значно підвищує обчислювальну потужність до 240 МГц. Його ключова перевага полягає в інтегрованих бездротових технологіях: він підтримує не лише Wi-Fi (802.11 b/g/n HT40), а й Bluetooth BLE (Bluetooth Low Energy) та класичний Bluetooth, відкриваючи нові можливості для бездротового зв'язку та взаємодії з мобільними пристроями.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		



Рисунок 2.3 - Мікроконтролер ESP32

ESP32 пропонує більший обсяг SRAM (до 520 КБ) та підтримує зовнішню Flash-пам'ять, а також має значно більше програмованих пінів вводу/виводу та розширені периферійні пристрої, такі як ADC, DAC, CAN, SD/SDIO/MMC, Ethernet MAC, датчики на дотик та апаратний прискорювач шифрування. Розроблений з урахуванням оптимізації енергоспоживання, ESP32 має різні режими сну, що робить його придатним для пристроїв з батарейним живленням. Програмування мікроконтролера підтримується широким спектром середовищ розробки, включаючи Arduino IDE, ESP-IDF та MicroPython.

Мікроконтролер ESP8266 NodeMCU



Рисунок 2.4 ESP-8266 NodeMCU

ESP8266 — це 32-бітний мікроконтролер від Espressif Systems, який став справжнім проривом у світі Інтернету речей (IoT) завдяки своєму вдалому поєднанню вбудованого Wi-Fi модуля, достатньої обчислювальної потужності та надзвичайно низької ціни. Він працює на базі одноядерного процесора Tensilica Xtensa L106 з тактовою частотою до 160 МГц і має 64 КБ SRAM, а також підтримує зовнішню Flash-пам'ять, зазвичай 4 МБ або більше. Головна перевага ESP8266 — це його вбудований Wi-Fi (802.11 b/g/n), що дозволяє пристроям легко підключатися до локальних мереж та Інтернету, працюючи як станція, точка доступу або в комбінованому режимі. Мікроконтролер має обмежену кількість програмованих пінів GPIO (до 17), один 10-бітний аналоговий вхід та підтримує інтерфейси UART, SPI, I2C. Його відносно низьке енергоспоживання робить його придатним для пристроїв з батарейним живленням. ESP8266 можна програмувати за допомогою Arduino IDE, ESP-IDF або MicroPython. Він широко застосовується в проектах розумного дому, системах моніторингу навколишнього середовища, віддаленого керування та веб-серверах на пристроях, що робить його надзвичайно популярним вибором для недорогих, але функціональних IoT-рішень.

Порівняння мікроконтролерів: ATmega328P, ESP8266 та ESP32

ATmega328P (основа Arduino Uno) — це 8-бітний мікроконтролер, ідеальний для простих, автономних проектів. Він надійний, легкий у вивченні, має велику спільноту, але не оснащений вбудованим Wi-Fi та має обмежені обчислювальні можливості й пам'ять.

ESP8266 — 32-бітний мікроконтролер, який революціонізував IoT завдяки вбудованому Wi-Fi за дуже низькою ціною. Він достатньо потужний для більшості мережевих IoT-завдань, але має обмежену кількість GPIO, лише один аналоговий вхід та не має Bluetooth.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		26

ESP32 — це потужний 32-бітний мікроконтролер і наступник ESP8266. Він оснащений двома ядрами, вбудованим Wi-Fi та Bluetooth, значно більшою кількістю GPIO та розширеними периферійними можливостями. ESP32 ідеально підходить для складних, високопродуктивних IoT-проектів, хоча він трохи дорожчий за ESP8266 і може бути надмірним для найпростіших завдань.

Вибір між ними залежить від потреб проекту: від простоти та вартості до необхідної обчислювальної потужності та можливостей бездротового зв'язку.

Для реалізації основної логіки керування було обрано мікроконтролер ESP8266 у модулі NodeMCU. Основні переваги цього модуля вбудований Wi-Fi-модуль, що дозволяє створити веб-інтерфейс без додаткового мережевого обладнання, достатня кількість цифрових і аналогових входів/виходів для підключення сенсорів і керування реле, підтримка програмування через Arduino IDE, що спрощує розробку прошивки, низьке енергоспоживання та компактність, що важливо для автономної або напівстаціонарної системи.

Альтернативою міг би бути ESP32 — з більшими можливостями, але його обчислювальні ресурси були б надлишковими для поставлених завдань.

Датчик вологості ґрунту (Capacitive Soil Moisture Sensor)

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		



Рисунок 2.5 – Датчик вологості ґрунту FC-28

Для вимірювання рівня вологості ґрунту використано ємнісний датчик вологості (Capacitive Soil Moisture Sensor). У порівнянні з аналоговими резистивними сенсорами (типу YL-69), ємнісний сенсор має важливі переваги: стійкість до корозії, оскільки не має відкритих металевих елементів, стабільність показників за умов різної кислотності ґрунту, тривалий строк служби, що особливо важливо при тривалому використанні вологого середовища.

Сигнал з датчика подається на аналоговий вхід ESP8266 і обробляється програмно.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Датчик температури DS18B20



Рисунок 2.6 – Датчик температури DS18B20

Для вимірювання температури ґрунту було використано цифровий датчик температури DS18B20. У порівнянні з аналоговими термісторами, DS18B20 має суттєві переваги висока точність вимірювання (до $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ у діапазоні -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$), цифровий інтерфейс OneWire, що дозволяє підключати кілька датчиків до одного піну мікроконтролера, стійкість до зовнішніх електричних завад, можливість використання у вологому середовищі при належній герметизації (в герметичному корпусі з нержавіючої сталі).

Сигнал з DS18B20 зчитується через OneWire-порт ESP8266 та обробляється програмно.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Модуль реле



Рисунок 2.7 – Реле 4-канальне

Керування насосом здійснюється через реле-модуль, що дозволяє замикати ланцюг живлення виконавчого пристрою. Було обрано стандартний 5В реле-модуль із транзисторним підсиленням, що забезпечує ізоляцію мікроконтролера від силового кола, можливість комутації навантажень до 10 А (достатньо для побутового насоса), сумісність із сигналами логіки ESP8266 (LOW-активний вхід).

Живлення плат розробки ESP8266 від 5В

Коли ви працюєте з популярними платами розробки на базі ESP8266, такими як NodeMCU, вам не потрібно турбуватися про те, що сам чіп ESP8266 працює лише від 3.3В. Ці плати спеціально розроблені для зручності використання і мають вбудовані компоненти, які вирішують цю проблему за вас.

Основний секрет полягає у вбудованому регуляторі напруги. Цей маленький, але дуже важливий компонент на платі автоматично перетворює вхідну напругу 5В до безпечних 3.3В, необхідних для коректної роботи мікроконтролера ESP8266. Завдяки цьому ви можете сміливо жити своєю плато наступними способами:

Через Micro-USB порт: Це найзручніший і найпоширеніший спосіб. Просто підключіть плату до комп'ютера або стандартного USB-адаптера живлення (наприклад, від телефону) за допомогою Micro-USB кабелю. 5В від USB буде автоматично знижено до 3.3В.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Через спеціальні піни живлення: Більшість плат мають окремі піни, позначені як "VIN" або "5V". Подаючи 5В на ці піни, ви також використовуєте вбудований регулятор напруги.

Такий підхід значно спрощує процес розробки та прототипування, оскільки вам не потрібно використовувати зовнішні перетворювачі напруги або турбуватися про правильне живлення чіпа. Просто підключіть 5В, і плата подбає про решту, дозволяючи вам зосередитися на логіці вашого проекту.

Підключення компонентів системи автополиву на ESP8266

Для ефективної роботи системи автоматичного поливу на базі ESP8266 з двома датчиками вологості (аналоговим і цифровим), двома датчиками температури та 4-канальним реле на 5В, важливо правильно підключити всі компоненти, пам'ятаючи, що сам чіп ESP8266 працює з логікою 3.3В, тоді як плати розробки мають вбудований регулятор напруги. Усі компоненти повинні мати спільну GND (землю). Плату розробки ESP8266 слід живити від 5В через пін VIN або 5V, або зручніше — через Micro-USB порт, оскільки вбудований регулятор автоматично перетворить напругу до 3.3В, необхідних для чіпа.

4-канальний модуль реле на 5В підключається до зовнішнього джерела +5В (для VCC реле) та до спільної GND. Керуючі піни реле (IN1-IN4) під'єднуються до цифрових пінів ESP8266, наприклад, D1 (GPIO5), D2 (GPIO4), D3 (GPIO0) та D4 (GPIO2) відповідно.

Аналоговий датчик вологості ґрунту підключається VCC до 3.3В ESP8266, GND до спільної землі, а його аналоговий вихід AO — до єдиного аналогового входу A0 (ADC) на ESP8266. Важливо пам'ятати, що A0

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		31

ESP8266 зазвичай приймає до 1.0В, тому якщо датчик видає 3.3В або 5В, необхідно використовувати дільник напруги.

Цифровий датчик вологості ґрунту підключається VCC до 3.3В (або 5В), GND до спільної землі, а його цифровий вихід DO — до будь-якого вільного цифрового піна ESP8266, наприклад, D5 (GPIO14).

2.4. Принципова електрична схема системи

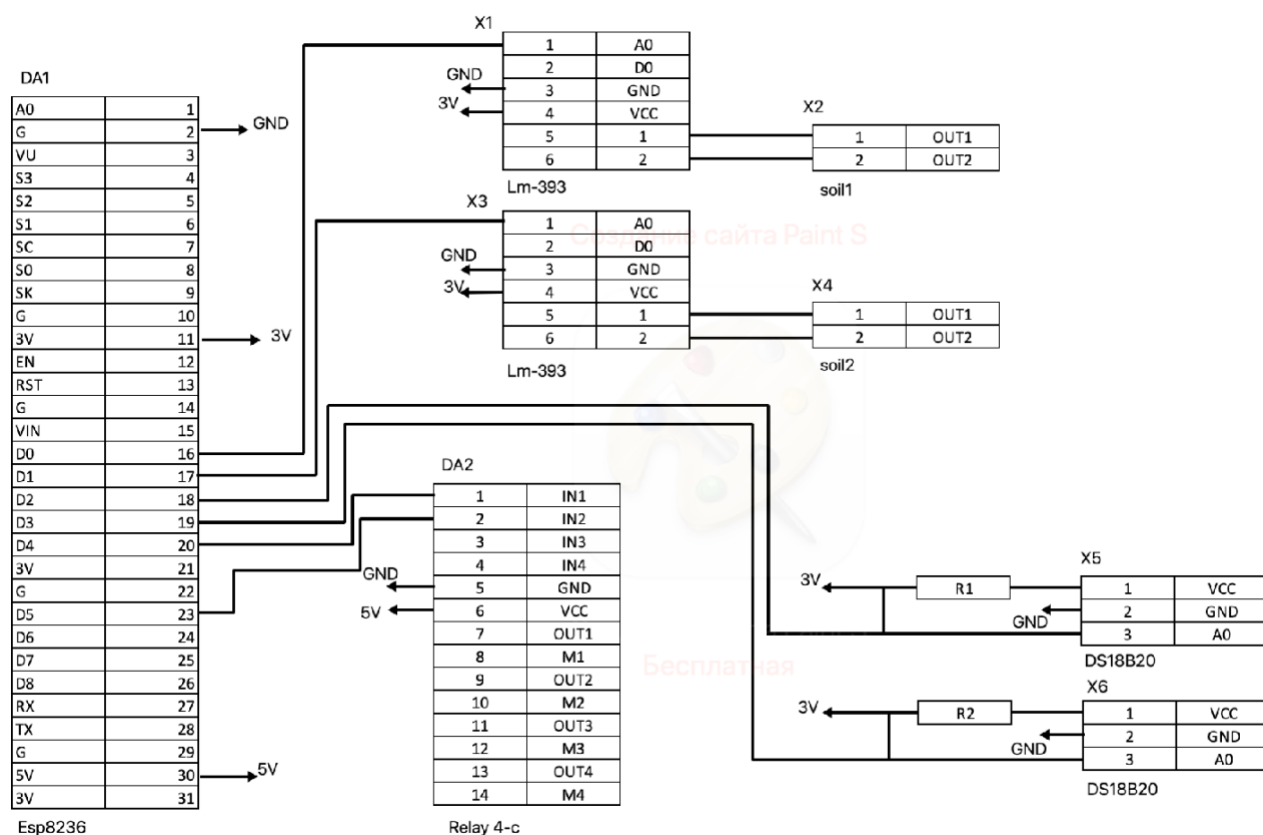


Рисунок 2.6 – Схема електрична принципова

Розрахунок блоку живлення для пристрою

№	КОМПОНЕНТ	НАПРУГА (В)	СЕРЕДНІЙ СТРУМ (мА)	МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМ (мА)
1	ESP8266 NODEMCU	5 (ЧЕРЕЗ USB)	~70	до 200
2	ЄМНІСНИЙ СЕНСОР ВОЛОГОСТІ	3.3 – 5	~5	10
3	РЕЛЕ-МОДУЛЬ	5	~70 (ПРИ ЗАМИКАННІ)	100
4	DHT11 / DHT22 (ОПЦІОНАЛЬНО)	3.3 – 5	~2	5
5	ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ	3.3 – 5	~5	10

Таблиця 2.1 - Розрахунок блоку живлення для пристрою

Рекомендується брати блок з запасом у 30–50%, отже: 5 В, не менше 500 мА (0.5 А)

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ

ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ ПРОШИВКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЛИВУ

Прошивка мікроконтролера виконує низку ключових функцій для забезпечення автоматичного та ручного керування поливом, а також взаємодії з користувачем через веб-інтерфейс.

По-перше, відбувається ініціалізація обладнання: після запуску пристрою мікроконтролер налаштовує вхідні та вихідні порти (аналоговий вхід для вологості, цифровий вихід для реле), а також ініціалізує Wi-Fi з'єднання. Далі, прошивка здійснює збір даних із датчика вологості ґрунту: показники з ємнісного сенсора зчитуються через аналоговий вхід, калібруються (за потреби) до значень 0-100% і оновлюються з певним інтервалом (наприклад, кожні 5 секунд).

Прийняття рішення щодо поливу реалізується програмною логікою, яка порівнює поточне значення вологості з встановленим порогом запуску. Якщо вологість нижче порогу, активується полив (вмикається реле); насос вимикається після досягнення заданого порогу насичення.

Прошивка підтримує два режими роботи: автоматичний, де рішення про полив базується на показниках датчика вологості, та ручний, де користувач може самостійно керувати поливом через веб-інтерфейс. Статус обраного режиму зберігається в оперативній пам'яті контролера.

Для взаємодії з користувачем контролер запускає локальний веб-сервер, який генерує HTML-сторінку. Ця сторінка містить актуальну інформацію про стан вологості, режим роботи та кнопки керування. Дані передаються у форматі JSON або простим HTTP-запитом для оновлення сторінки без її перезавантаження. Обробка команд

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

користувача відбувається шляхом отримання HTTP-запитів (наприклад, /start або /stop) при натисканні кнопок в інтерфейсі, на що контролер реагує увімкненням/вимкненням насоса, зміною режиму або порогу вологості.

Структура коду (узагальнено):

setup() — налаштування Wi-Fi, пінів, ініціалізація змінних;

loop() — основна логіка: зчитування сенсора, порівняння, реакція, передача даних у веб-інтерфейс;

окремі

функції: readSoil(), handleRequest(), togglePump(), updateWebPage() тощо.

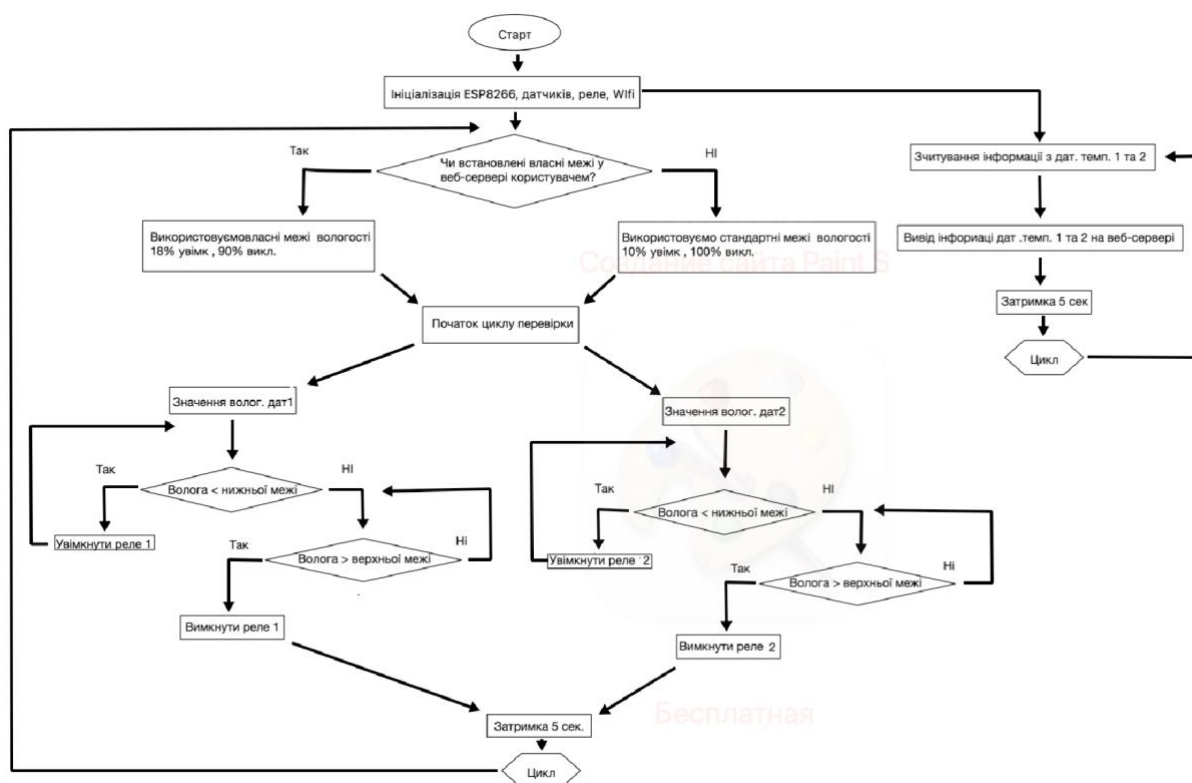


Рисунок 3.1 – Блок схема алгоритму

3.2. РОЗРОБКА ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ТА МОНІТОРИНГУ

Веб-інтерфейс є важливою частиною системи автоматичного поливу, оскільки саме через нього користувач має змогу дистанційно взаємодіяти з пристроєм, переглядати актуальні дані про стан вологості ґрунту, а також керувати режимами поливу. Основна мета створення інтерфейсу — забезпечити інтуїтивно зрозумілий, доступний та легкий у використанні засіб комунікації між користувачем і контролером ESP8266.

АРХІТЕКТУРА ІНТЕРФЕЙСУ

Інтерфейс реалізовано у вигляді веб-сторінки, яка зберігається у флеш-пам'яті мікроконтролера або генерується динамічно через внутрішній веб-сервер ESP8266. Для цього використано просту структуру на основі мов HTML, CSS та JavaScript.

Контролер запускає локальний сервер, що обслуговує HTTP-запити від браузера користувача. У відповідь на запит генерується сторінка, яка містить текстові поля та індикатори стану (вологість ґрунту, температуру повітря, кнопки керування), керуючі кнопки для вмикання/вимикання поливу та перемикання між автоматичним і ручним режимом, форма для зміни верхнього та нижнього порогу вологості.

Для взаємодії з мікроконтролером сторінка може використовувати GET-запити до певних адрес (наприклад: /start, /stop, /setthreshold?value=40), на які ESP8266 реагує відповідною логікою.

ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ПОЛИВУ

Веб-інтерфейс системи поливу спроектовано для забезпечення інтуїтивного контролю та зворотного зв'язку з користувачем.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Він включає індикацію вологості ґрунту, що відображається в процентах і оновлюється кожні кілька секунд. Це може бути реалізовано як прогрес-бар або цифровий індикатор. Користувач матиме можливість обирати режими роботи за допомогою перемикача між автоматичним та ручним поливом. У ручному режимі будуть доступні кнопки "Увімкнути насос" та "Вимкнути насос" для прямого контролю. Для гнучкості системи передбачено функціонал встановлення порогу вологості, що дозволяє користувачу змінювати критичне значення, при якому автоматично запускається полив. Нове значення передається на контролер і зберігається після підтвердження. Крім того, важливим елементом є зворотний зв'язок: при будь-якій дії користувача система надає підтвердження (наприклад, "Полив увімкнено" або "Режим змінено на ручний") через повідомлення на сторінці або зміну візуальних елементів, таких як колір кнопок.

Технічна реалізація веб-інтерфейсу на ESP8266
 Реалізація інтерфейсу на вбудованому веб-сервері ESP8266 за допомогою бібліотеки ESP8266WebServer є ефективним вибором для локального управління системою автополиву. Це рішення забезпечує автономність, не потребує хмарних сервісів, має доступність через будь-який веб-браузер у локальній мережі Wi-Fi, простоту розробки за допомогою зручної бібліотеки та підвищену конфіденційність даних. Однак, такий підхід має обмеження: ресурси ESP8266 (пам'ять, обчислювальна потужність) повинні наладати ліміти на складність веб-сторінок і кількість одночасних підключень, доступ обмежується лише локальною мережею, відсутня підтримка складних баз даних, а базова реалізація може вимагати додаткових заходів для підвищення безпеки.

Для розширення інтерфейсу та функції можна використовувати оптимізований HTML/CSS/JavaScript, зберігаючи великі файли у файловій

системі ESP8266 (SPIFFS/LittleFS). Застосування AJAX-запитів дозволяє динамічно оновлювати дані (наприклад, показники вологості, статус поля) без перезавантаження сторінок, а реалізація простого RESTful API дозволяє веб-інтерфейсу взаємодіяти з мікроконтролером у структурованому форматі JSON.

Для користувачів зручно, що дані зміни будуть прийняті та записані ESP8266 після обробки HTTP-запиту. Цей запит може надсилати HTTP-відповідь із підтвердженням на веб-сторінці, або ж інтерфейс може оновлювати елементи пристрою (наприклад, змінювати текст чи колір). Поточний стан системи роботи (активний полив, вибраний режим) може відображатися на веб-сторінці за допомогою того ж AJAX, який періодично запитує статус реле або поточний режим, відображаючи відповідні іконки чи текстові повідомлення.

Система також може підтримувати використання готових програм поливу, що завантажуються як готові налаштування, та збереження поточних налаштувань. Для програмного поливу необхідно застосувати стандартний формат (наприклад, JSON) і реалізувати функціональне завантаження файлу на ESP8266 (через SPIFFS/LittleFS) та його подальший розбір. Збереження поточних налаштувань (пороги вологості, режими) є стандартною практикою і реалізується шляхом запису даних в EEPROM або SPIFFS/LittleFS, з подальшим їх зчитуванням при запуску мікроконтролера. Крім того, можна запрограмувати стандартні установки («пресети»), такі як «Квітка в горщику» або «Огород на балконі», які будуть попередньо визначеними наборами параметрів у прошивці, доступними для вибору через веб-інтерфейс, що значно підвищить зручність для користувача.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

10

% Максимум: 100 %

Зберегти

УВІМКНУТИ

Вимкнути

Увімкнути

Вимкнути

Датчик 1: 12 °C

Датчик 2: 12 °C

Сенсор 1:

Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата

PI11.464515.001ПЗ

Лист

39

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

4.1. РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ КОМПОНЕНТІВ ТА РОЗРОБКИ

Для визначення економічної доцільності розробленої системи автоматичного поливу необхідно оцінити витрати на апаратну частину, супутні матеріали та витрати часу на створення програмного забезпечення та веб-інтерфейсу.

Нижче представлено орієнтовну вартість компонентів станом на 2025 рік (на основі середніх цін в інтернет-магазинах України):

№	Назва компонента	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Сума (грн)
1	Мікроконтролер ESP8266 NodeMCU	1 шт.	150	150
2	Датчик вологості ґрунту (ємнісний)	2 шт.	30	60
3	Реле-модуль 5V	1 шт.	80	80
4	Кабелі, breadboard, конектори	комплект	70	70
5	Блок живлення 5 В	1 шт.	50	50
6	Датчик температури	2 шт.	50	100
7	Друк корпусу (в одиничному екземплярі)	1 шт.	300	300
	Разом (без урахування праці)			810

Таблиця 4.1 – Вартість компонентів на 2025

ВАРТІСТЬ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

У рамках навчального проєкту програмне забезпечення (прошивка, веб-інтерфейс, налаштування) розроблялося самостійно. Проте в умовах комерційної реалізації ця складова потребувала б додаткових витрат. У середньому, створення аналогічного коду та інтерфейсу коштує від 1000 до 2000 грн у залежності від складності.

Підсумок

Загальна вартість апаратної частини системи становить близько 810 грн, що значно нижче за ціни готових комерційних рішень з аналогічним функціоналом, які коштують від 2000 до 5000 грн і більше. Завдяки відкритій архітектурі й гнучкому програмному забезпеченню ця система може бути адаптована під будь-які потреби користувача з мінімальними витратами. Всі компоненти були куплені на ринку по максимальній націнці. Використовуючи оптовий ринок та поставщиків, в яких ціна нижча ринкової, приблизна ціна виробу складатиме на 20-35% менше данної.

Розроблена система є економічно доцільною та рентабельною, особливо в умовах домашнього або малого фермерського господарства. Низька вартість створення, значна економія води, автономність та можливість дистанційного керування дозволяють окупити витрати протягом одного сезону. У перспективі — при масштабуванні або комерціалізації — ця система може стати конкурентоздатною альтернативою дорогим готовим рішенням.

4.2 ПОТЕНЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ АБО КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		41

Розроблена система автоматичного поливу має відкриту архітектуру та просту модульну побудову, що створює сприятливі умови як для технічного масштабування, так і для можливого виходу на ринок з готовим продуктом.

Масштабування системи

Система легко адаптується до роботи з кількома зонами поливу. З технічної точки зору, це може бути реалізовано двома шляхами розширення кількості реле-модулів та підключення додаткових виконавчих елементів (насосів або клапанів) через цифрові виходи мікроконтролера або застосування ESP32 або інших мікроконтролерів з більшою кількістю пінів або через I²C/Serial-шину — для створення багатозонної системи (до 8–16 зон).

Таке масштабування дозволить використовувати систему не лише для невеликих теплиць або приватних ділянок, а й для середніх фермерських господарств, ландшафтного поливу, міських оранжерей тощо.

Потенціал комерціалізації

Завдяки невисокій собівартості (600–800 грн), розроблена система може бути перетворена на товарний продукт або для самостійної збірки, що особливо актуально для таких цільових аудиторій, як власники приватних будинків, дач, теплиць, ландшафтні дизайнери, дрібні аграрії, навчальні заклади для проєктної діяльності, гуртки технічної творчості.

Для виведення продукту на ринок необхідно доопрацювати інтерфейс користувача (наприклад, у вигляді мобільного додатка або підтримки Telegram-бота), забезпечити безпечне живлення та захист корпусу IP65 для зовнішнього використання,

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

створити інструкцію користувача, візуальний дизайн та брендове пакування, організувати дрібносерійне виробництво (збірка та прошивка модулів).

3. Можливість інтеграції у смарт-додатки

Система легко інтегрується у платформи розумного дому — наприклад, через протоколи MQTT, IFTTT або домашні хаби типу Home Assistant. Це відкриває новий сегмент потенційних клієнтів, які вже мають подібні системи й шукають готові модулі поливу.

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Висновки

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Система автоматичного поливу рослин через веб-інтерфейс» було досягнуто поставлену мету — розроблено й реалізовано прототип функціональної системи, яка забезпечує автоматизоване зрошення рослин з можливістю дистанційного керування через браузер.

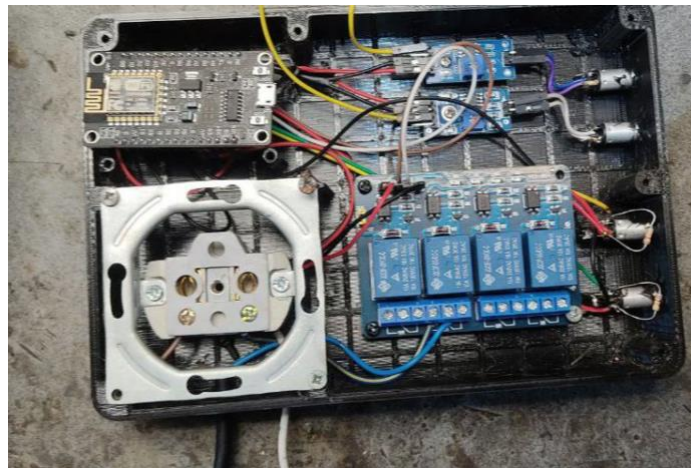


Рисунок 4.1 - Прототип

Основні результати:

Проведено аналіз існуючих систем автоматичного поливу, визначено їхні сильні та слабкі сторони;

Обґрунтовано вибір апаратної платформи (ESP8266, ємнісний сенсор, реле, насос) для реалізації функцій збору даних та управління поливом;

Розроблено програмне забезпечення, яке забезпечує автоматичне реагування на зміну вологості ґрунту, а також дистанційне керування в ручному режимі;

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Створено веб-інтерфейс, що дозволяє переглядати стан системи, змінювати налаштування та запускати полив у зручному форматі через будь-який пристрій з доступом до мережі;

Здійснено моделювання 3D-корпусу

Для забезпечення надійності та довговічності електронної частини системи автоматичного поливу, було розроблено та реалізовано 3D-корпус. Цей корпус відіграє ключову роль у захисті чутливих компонентів (мікроконтролера ESP8266, реле, проводки) від зовнішніх негативних впливів, таких як механічні пошкодження, пил, бруд. Окрім захисної функції, корпус також забезпечує акуратну організацію компонентів, дозволяючи уникнути сплутування проводів та оптимізувати простір.

Процес реалізації включав проектування корпусу в спеціалізованому програмному забезпеченні (CAD-система), де враховувалися точні розміри електроніки, необхідність доступу до портів (Micro-USB) та способи кріплення. Для друку обирався матеріал, що відповідає умовам експлуатації, такий як PLA. Готовий корпус був виготовлений методом 3D-друку, що дозволило отримати ідеально підігнаний та функціональний виріб. Цей етап є невід'ємною частиною забезпечення довговічності та стабільності роботи всієї системи поливу.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		



Рисунок 4.2 – Виготовлення корпусу

Проведено розрахунок вартості та оцінку економічної доцільності реалізованого рішення.

					РІ11.464515.001ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

Перелік джерел посилання

1. Що таке розумна теплиця та її принцип роботи -
https://buduemo.com/ua/news/smart_systems/scho-take-rozumna-teplicja-ta-ii-princip-roboti.html
- 2.Що таке розумна теплицяСклад розумної теплиці -
<https://ua.greenhousevendor.com/info/what-is-a-smart-greenhousethe-composition-of-a-80037361.html>
3. Мікроконтролер ESP8266 -
<https://itmaster.biz.ua/directory/microcontrollers/esp8266.html>
4. Реле модуль 4-канальний (низький/високий рівень) - 5 В Arduino
- https://arduinoakit.com.ua/ua/p2193864574-rele-modul-kanalnyj.html?srsId=AfmBOooIfeO4aswWN6yuRNOIz67dHLUWI6bf9uJI_uIk2RIRW1a621nJ
5. міна клімату: причини та наслідки -
<https://www.ekoenergy.org/uk/extras/climate-change/>
6. Оптова торгівля розумними теплицями для продажу -
<https://ua.yt-greenhouse.com/smart-greenhouses/>
- 7.Електронний контролер поливу White Line 11 секцій зон WL-31S11 Bradas: [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://semena-online.com.ua/elektronnij-kontroler-polivu-white-line-11-sektsij-zon-wl-31s11-bradas>
- 8.Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01 v2 [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.mini-tech.com.ua/esp8266-esp-01-wifi-modul>
- 9.FREE 3D and 2D CAD Models of User-Contributed and Supplier-Certified Parts, Assemblies and more [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу: <https://www.3dcontentcentral.com/Default.aspx>

					PI11.464515.001ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		47

10.Електронний контролер поливу White Line 11 секцій зон WL-31S11 Bradas: [Електронний ресурс] // Режим доступу до ресурсу:
<https://semena-online.com.ua/elektronnij-kontroler-polivu-white-line-11-sektsij-zon-wl-31s11-bradas>

					ПІ11.464515.001ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ Документа	Подпись	Дата		

ДОДАТОК А

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

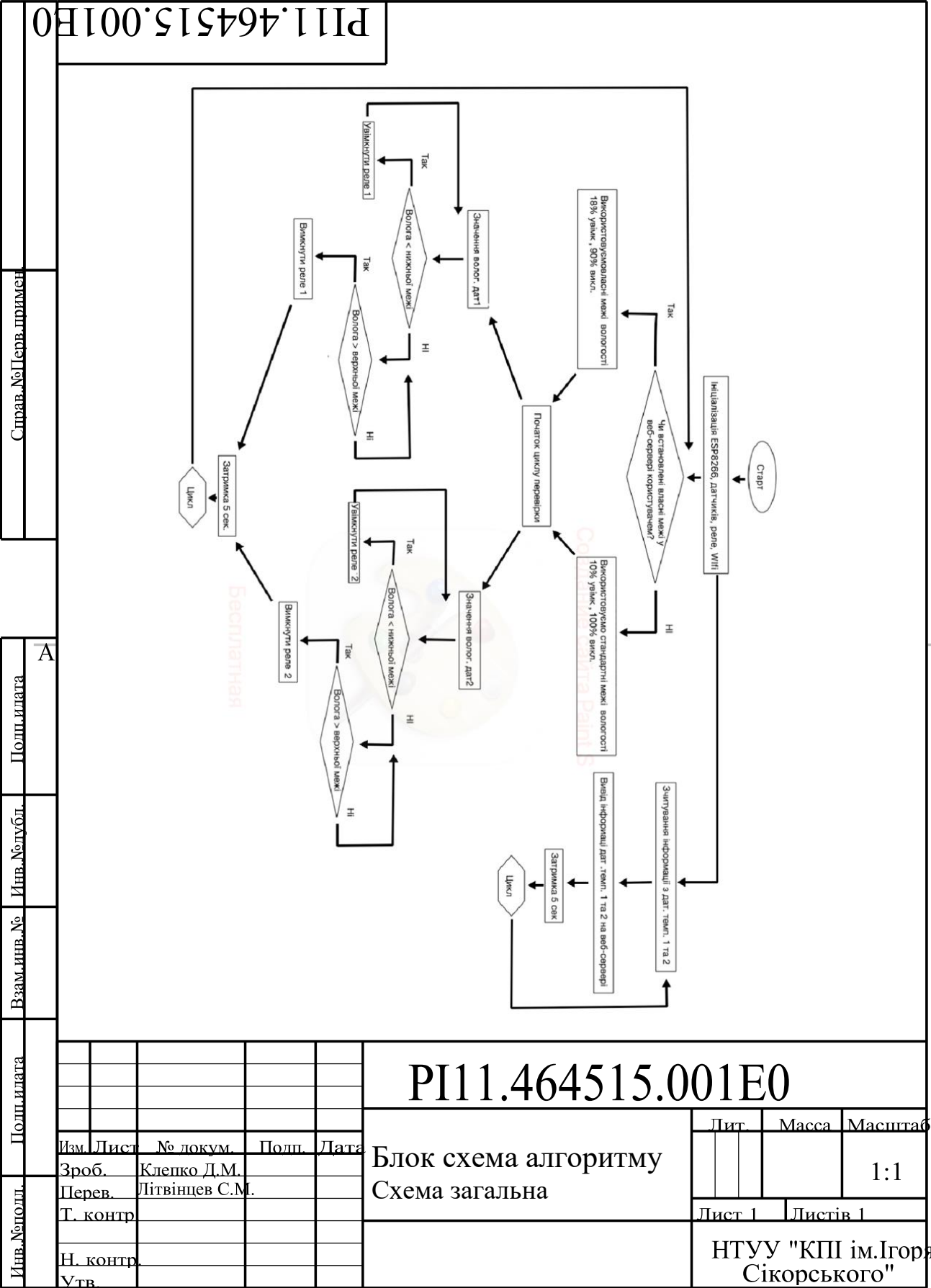
№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PI11. 464514.001 ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	PI11. 464514.001 ПЗ	Пояснювальна записка	47	
3	A4	PI11. 464514.001	Специфікація пристрою	1	
4	A2	PI11. 464514.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
5	A2	PI11. 464514.001 СК	Складальний кресленик друкованого вузла	1	
6	A2	PI11.734625.003	Корпус	1	
7	A2	PI11.741713.004	Кришка	1	
8	A4	PI11.411252.001 ПЕ	Перелік елементів	1	

				PI11.464515.001		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Клепко Д.М.			Система автополиву рослин через веб-інтерфейс	Лист	Листів
Керівн.	Літвінцев С.М.				1	1
Консуль т.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. РІ Гр. РІ-11	
Н/контр.	Попсуй В.І.					
Зав.каф.	Літвінцев С.М.					

ДОДАТОК Б

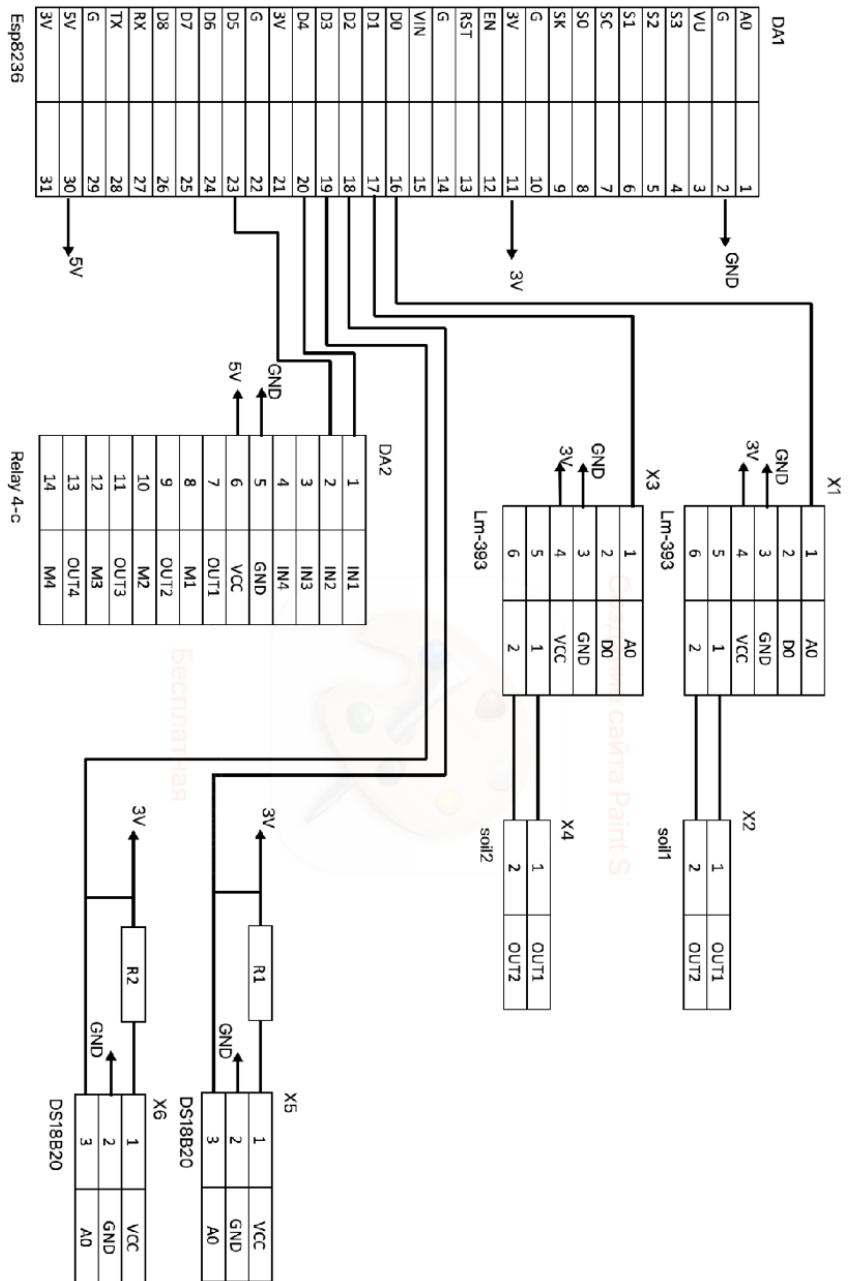
Форма т	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A4		1	PI11.464514.001ПЗ	Пояснювальна записка	1	
A4		2	PI11.464514.001ПЕ	Перелік елементів		
A2		4	PI11.464514.001 СК	Складальне креслення	1	
A2		3	PI11.464514.001 Е0	Блок схема алгоритму	1	
A2		4	PI11.464514.001 Е3	Схема електрична	1	
				принципова		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A2		5	PI11.464514.001 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
					1	
A2		6	PT11.734625.003	Корпус		
A2		7	PT11.741713.004	Кришка	1	
					PT11.464515.001	
Зм	АРК	№ докум.	Підп	Дат		
Розроб.		КлепоД.М.			Система автоматичного поливу рослин Перелік елементів	Літера
Перевір.		ЛітвінцевС.				АРКУІІІ
						АРКУІІІВ
						І
Н.контр.		Попсуй В.І.			НТУУ"КПІ" РТФ гр. PT11	
Затв.		Літвінцев С.М.				

ДОДАТОК В



ДОДАТОК Г

PI11.464515.001E3



Справ. № Перв. примен

Полпилата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Полпилата

Инв. № подл.

PI11.464515.001E3

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Зроб.	Клепко Д.М.			
Перев.	Літвінцев С.М.			
Т. контр.				
Н. контр.				
УТВ.				

Система автополиву рослин
через веб-інтерфейс
Схема електрична принципова

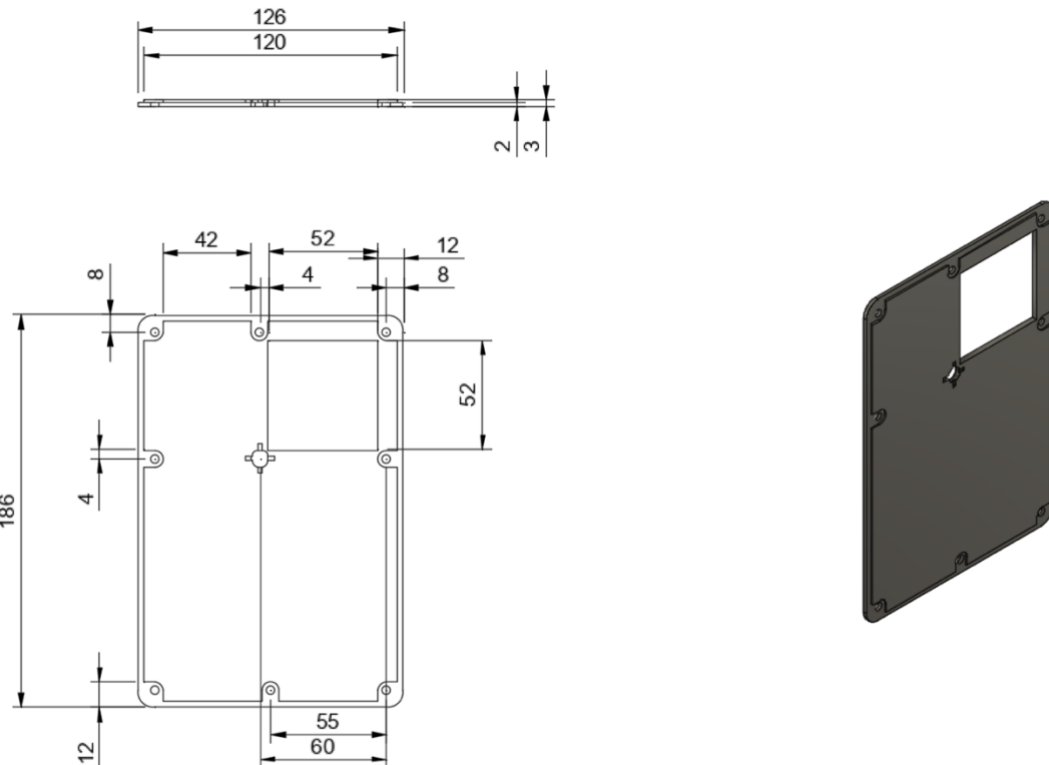
Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 1	Листів 1	

НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"

ДОДАТОК Д

[illegible]

ДОДАТОК 3

РІІ1.741712.004		1	
Справ. № Перв. примен.			
126 120		2 3	
8 42 52 12 4 8 186 4 12 52 55 60			
А		А	
Полп. илата		Инов. № дубл.	
Взам. инв. №		Инов. №	
Полп. илата		РІІ1.741712.004	
Изм. Лист № докум. Полп. Дата		Кришка	
Зроб. Клепо Д.М.		Лит. Масса Масштаб	
Перев Літвінцев С.М.		1:2	
Т. контр.		Лист 1 Листів 1	
Н. контр.		НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського"	
Утв.		PLA-пластик ISO2580-1:2002	

- 1. *Розміри для довідок
- 2. Матеріал кришки типу: полилактид PLA.
- 3. Кришка виготовлена методом наплавлення розплавленого пластику
- 4. Інші технічні вимоги по ОСТ4ГО.070.015

ДОДАТОК К
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО
доцент., к.т.н. Літвінцев С.М.

(керівник)



ПОГОДЖЕНО
доцент., к.т.н. Літвінцев С.М.

(зав.каф.РІ)



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
«Система автоматичного поливу рослин через веб-інтерфейс»

Київ-2025р.

1. Назва виробу

Система автоматичного поливу рослин з керуванням через веб-інтерфейс на базі мікроконтролера ESP8266.

2. Мета виконання і призначення продукції

2.1 Мета виконання

Метою виконання є розробка системи з автоматичним запуском поливу на основі показників вологості ґрунту та можливістю дистанційного керування через локальну або Wi-Fi мережу. Система повинна забезпечити гнучке налаштування режимів поливу, моніторинг стану датчиків.

2.2 Призначення продукції

Система призначена для використання в теплицях, домашньому садівництві, на відкритих ділянках, де необхідний регулярний або контрольований полив. Підходить для індивідуального та побутового застосування.

3. Технічні вимоги

3.1 Умови експлуатації

Робоча температура: від 0 °C до +50 °C

Відносна вологість: до 80% при температурі +25 °C

Живлення системи: адаптер 5 В або 12 В постійного струму

3.2 Вимоги призначення

Час реакції на зміну вологості: ≤ 5 сек

Режими: автоматичний / ручний з перемиканням через веб-інтерфейс

Кількість зон поливу: не менше однієї, з можливістю розширення

Діапазон контрольованої вологості: 0–100%

Користувацький інтерфейс: веб-сторінка з відображенням вологості, режиму та кнопками керування

3.3 Вимоги до сировини, матеріалів і компонентів

Мікроконтролер: ESP8266 NodeMCU

Датчик вологості: ємнісний тип

Реле-модуль: 5 В з оптоізоляцією

Виконавчий пристрій: насос або електромагнітний клапан постійного струму

Корпус: PLA/ABS, виготовлений методом FDM-друку, з вентиляційними отворами та ребрами жорсткості

3.4 Вимоги до розроблюваної документації

Уся проектна, технічна та пояснювальна документація повинна бути оформлена відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015. У документації мають бути присутні: специфікація компонентів, електрична схема, принципова схема, блок-схема алгоритму, опис логіки роботи, креслення корпусу та схема підключення компонентів.

ДОДАТОК Л

Програмний код

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 4 // D2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

const char* ssid = "Klepko";
const char* password = "0936015864";

WiFiServer server(80);

// ПІНИ
const int ledPin = LED_BUILTIN;
const int relay1 = 14; // D5
const int relay2 = 12; // D6
const int moisture2Pin = 5; // D1 (цифровий)

int minMoist = 10;
int maxMoist = 100;

void setup() {
    pinMode(ledPin, OUTPUT);
    pinMode(relay1, OUTPUT);
    pinMode(relay2, OUTPUT);
```

```
pinMode(moisture2Pin, INPUT);
```

```
digitalWrite(ledPin, HIGH);
```

```
digitalWrite(relay1, LOW);
```

```
digitalWrite(relay2, LOW);
```

```
Serial.begin(115200);
```

```
sensors.begin();
```

```
WiFi.begin(ssid, password);
```

```
Serial.print("Підключення до WiFi");
```

```
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
```

```
    delay(500);
```

```
    Serial.print(".");
```

```
}
```

```
Serial.println("\nWiFi підключено");
```

```
Serial.print("IP: ");
```

```
Serial.println(WiFi.localIP());
```

```
server.begin();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    WiFiClient client = server.available();
```

```
    if (!client) return;
```

```
    Serial.println("Новий клієнт");
```

```
    String request = client.readStringUntil('\r');
```

```
Serial.println("Запит: " + request);  
client.flush();
```

```
// Керування
```

```
if (request.indexOf("/LEDON") != -1) digitalWrite(ledPin, LOW);  
if (request.indexOf("/LEDOFF") != -1) digitalWrite(ledPin, HIGH);  
if (request.indexOf("/RELAY1ON") != -1) digitalWrite(relay1, HIGH);  
if (request.indexOf("/RELAY1OFF") != -1) digitalWrite(relay1, LOW);  
if (request.indexOf("/RELAY2ON") != -1) digitalWrite(relay2, HIGH);  
if (request.indexOf("/RELAY2OFF") != -1) digitalWrite(relay2, LOW);
```

```
// Встановлення меж
```

```
if (request.indexOf("/set?") != -1) {  
    int minIndex = request.indexOf("min=");  
    int maxIndex = request.indexOf("max=");  
  
    if (minIndex != -1 && maxIndex != -1) {  
        minMoist = request.substring(minIndex + 4, request.indexOf("&",  
minIndex)).toInt();  
        maxMoist = request.substring(maxIndex + 4).toInt();  
  
        Serial.print("Нові межі вологості: ");  
        Serial.print(minMoist);  
        Serial.print(" - ");  
        Serial.println(maxMoist);  
    }  
}
```

```
client.println("HTTP/1.1 200 OK");  
client.println("Content-Type: text/plain");
```

```
client.println("Connection: close");
client.println();
client.println("Оновлено межі вологості");
client.stop();
return;
}
```

```
// Зчитування температури
```

```
sensors.requestTemperatures();
float temp1 = sensors.getTempCByIndex(0);
float temp2 = sensors.getTempCByIndex(1);
```

```
// Зчитування вологості
```

```
int rawAnalog = analogRead(A0);
int moist1 = map(rawAnalog, 1023, 0, 0, 100); // у відсотках
int digitalRaw = digitalRead(moisture2Pin);
int moist2 = (digitalRaw == LOW ? 80 : 20); // умовно
```

```
// Вивід у серійний порт
```

```
Serial.print("Analog moisture raw: ");
Serial.print(rawAnalog);
Serial.print(" → ");
Serial.print(moist1);
Serial.println(" %");
```

```
Serial.print("Digital moisture raw (D1): ");
Serial.print(digitalRaw);
Serial.print(" → ");
Serial.print(moist2);
```

```
Serial.println(" %");
```

```
Serial.print("Temp1: "); Serial.println(temp1);
```

```
Serial.print("Temp2: "); Serial.println(temp2);
```

```
// Автокерування
```

```
if (moist1 <= minMoist) digitalWrite(relay2, HIGH);
```

```
if (moist1 >= maxMoist) digitalWrite(relay2, LOW);
```

```
// JSON
```

```
if (request.indexOf("/status") != -1) {
```

```
    client.println("HTTP/1.1 200 OK");
```

```
    client.println("Content-Type: application/json");
```

```
    client.println("Connection: close");
```

```
    client.println();
```

```
    client.print("{\"temp1\":"); client.print(temp1);
```

```
    client.print(",\"temp2\":"); client.print(temp2);
```

```
    client.print(",\"moist1\":"); client.print(moist1);
```

```
    client.print(",\"moist2\":"); client.print(moist2);
```

```
    client.print(",\"min\":"); client.print(minMoist);
```

```
    client.print(",\"max\":"); client.print(maxMoist);
```

```
    client.println("}");
```

```
    return;
```

```
}
```

```
// HTML-сторінка (та сама — скорочено не змінював)
```

```
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
```

```
client.println("Content-Type: text/html");
```

```
client.println("Connection: close");
```

```
client.println();
client.println("<!DOCTYPE html><html><head><meta charset='UTF-
8'><title>Автоматичний полив</title></head><body>");
client.println("<h2>Система поливу</h2>");
client.println("<p>Температура 1: " + String(temp1) + " °C</p>");
client.println("<p>Температура 2: " + String(temp2) + " °C</p>");
client.println("<p>Вологість 1 (аналогова): " + String(moist1) + " %</p>");
client.println("<p>Вологість 2 (цифрова): " + String(moist2) + " %</p>");
client.println("</body></html>");
client.stop();
}
```