

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Система розумного поливу рослин на базі Arduino  
Назва теми

КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва


Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студентки IV курсу, група K12-21-1

  
Підпис

Юлія ШЕВЧУК  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Ольга ПАВЛОВА  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Ольга ПАВЛОВА  
Ініціали, прізвище

«9» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.



## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Юлії ШЕВЧУК

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система розумного поливу рослин на базі Arduino

Керівник проекту (роботи) Ольга ПАВЛОВА, доктор філософії

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

Огляд існуючих систем для розв'язання завдання

Обґрунтування вибору компонентів та середовища реалізації

Реалізація системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Архітектура ПЗ проекту

Архітектура ПЗ для кіберфізичної системи

Апаратне забезпечення проекту

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КПС		
Антиплагиат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – теоретичні основи досліджуваної проблеми	01.03.2025	виконано
4	робота над розділом 2 – обґрунтування вибору компонентів та середовища реалізації	01.04.2025	виконано
5	робота над розділом 3 – реалізація системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студентка

Юлія ШЕВЧУК

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Ольга ПАВЛОВА

Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система розумного поливу рослин на базі Arduino».

Автор роботи: Юлія ШЕВЧУК.

Керівник роботи: Ольга ПАВЛОВА.

Пояснювальна записка: 61 с., 14 рис., 6 табл., 3 дод., 47 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

**КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ДАТЧИК  
ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ, ARDUINO NANO 33.**

Мета цієї дипломної роботи полягає у вивченні можливостей створення автоматичної системи поливу рослин із використанням технологій Інтернету речей на базі Arduino. У фокусі дослідження знаходиться збір даних з датчиків вологості, їх обробка та ухвалення рішень щодо доцільності поливу, щоб зробити цей процес ефективним, автономним і ощадливим у споживанні ресурсів.

Об'єктом дослідження є робота автоматизованої IoT-системи, яка здійснює моніторинг і керування поливом у реальному часі.

Предмет дослідження стосується способів зчитування та обробки інформації з датчиків, організації зв'язку між компонентами системи, а також алгоритмів, за якими приймаються рішення про полив.

У процесі дослідження було здійснено систематичний аналіз літературних джерел, технічної документації, форумів та наукових публікацій. Це дозволило краще зрозуміти специфіку IoT-рішень, зокрема в аграрному секторі, і визначити найефективніші підходи до розробки таких систем.

  
Підпис студента

30.05.2025  
Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ</b> .....	6
1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань...	6
1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень .....	11
1.3 Підходи до вирішення задачі за темою дослідження.....	16
1.4 Постановка задачі .....	17
1.5 Висновки до першого розділу .....	17
<b>2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ТА СЕРЕДОВИЩА РЕАЛІЗАЦІЇ</b> .....	19
2.1 Оцінка можливих платформ для реалізації проекту .....	19
2.2 Апаратне середовище реалізації.....	29
2.3 Функційні вимоги системи розумного поливу рослин на базі Arduino .....	35
2.4 Функційні вимоги системи розумного поливу рослин на базі Arduino .....	37
2.5 Принцип роботи системи для автоматизованого поливу рослин на базі Arduino.....	40
2.6 Висновки до другого розділу.....	43
<b>3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОЛИВУ РОСЛИН НА БАЗІ</b> .....	44
3.1 Вибір методів та середовища для реалізації програмного забезпечення .....	44
3.2 Архітектура системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino .....	49
3.3 Інтерфейс користувача системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino .....	52
3.4 Висновки до третього розділу .....	62

КвРКІ 210129.21.01.48 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав.		Юлія ШЕВЧУК		29.06.25
Перевір.		Ольга ПАВЛОВА		29.06.25
Н.КОНТР.		Тетяна КИСІЛЬ		29.06.25
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		29.06.25
Система розумного поливу рослин на базі Arduino. Пояснювальна записка				
		Літера	Аркш	Аркшів
		у	2	72
ХНУ КІ2-21-1				

<b>ВИСНОВКИ</b> .....	63
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</b> .....	65
<b>ДОДАТОК А</b> .....	69
<b>ДОДАТОК Б</b> .....	70
<b>ДОДАТОК В</b> .....	71

					КвРКІ 210129.21.01.48 ПЗ			
<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ док-м.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Система розумного поливу рослин на базі Arduino. Пояснювальна записка	<b>Літера</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
<b>Виконав</b>		Юлія ШЕВЧУК				y		72
<b>Перевір.</b>		Ольга ПАВЛОВА				2		
<b>Н.контр.</b>		Тетяна КИСІЛЬ			ХНУ КІ2-21-1			
<b>Затвер.</b>		Ольга ПАВЛОВА						

## ВСТУП

У сучасному світі автоматизація щоденних процесів стає все більш важливою. Особливо це стосується завдань, які потребують регулярної уваги, наприклад догляду за рослинами. Часто виникає ситуація, коли немає можливості постійно контролювати стан ґрунту або здійснювати полив у потрібний момент. Тому з'явилась ідея створення системи, яка зможе вирішити цю проблему самостійно.

У межах цієї дипломної роботи планується розробити прототип автоматичного поливу на базі мікроконтролера Arduino. Основна мета полягає у створенні пристрою, який здатен самостійно визначати рівень вологості ґрунту та приймати рішення про необхідність поливу. Система має працювати автономно та мінімізувати потребу у втручанні користувача.

На початковому етапі було сформульовано ключову проблему. Ручний полив вимагає часу, постійного контролю та не завжди є ефективним. У спекотний період або під час відсутності вдома рослини можуть пересохнути. Саме тому актуальним є створення рішення, яке забезпечить стабільний догляд без додаткових зусиль з боку людини.

Заплановано, що до системи буде підключено сенсор вологості, реле для керування насосом, дисплей для виводу інформації, а також модуль Wi-Fi для зв'язку з мобільним застосунком. Користувач зможе переглядати стан пристрою та вмикати або вимикати полив вручну у разі потреби. Для зручності також буде створено макет інтерфейсу в середовищі Figma, що дозволить зробити керування інтуїтивно зрозумілим навіть для недосвідчених користувачів.

Особлива увага приділяється логіці роботи пристрою. У проекті планується використати підхід зі станами, що дозволяє розділити функціональність на окремі кроки. Така структура спрощує розробку, тестування та подальше вдосконалення системи. Пристрій працюватиме за циклічним принципом. Вологість перевіряється

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через певні проміжки часу. Якщо її рівень нижчий за заданий, активується насос. Коли цільових параметрів досягнуто, насос вимикається, і цикл повторюється.

Запропонована система не обмежується лише базовою функціональністю. У майбутньому планується її вдосконалення. Це може бути підключення додаткових датчиків, наприклад температури або освітлення, реалізація зонального поливу, керування голосом або повна інтеграція у систему розумного дому.

Результатом проекту має стати енергоефективна, доступна та зручна система, яка забезпечить стабільний догляд за рослинами у будь-яких умовах. Вона демонструє можливості сучасних технологій у вирішенні повсякденних завдань та має перспективу для подальшого розвитку.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ

## 1.1 Аналіз предметної області і виявлення наявних проблем і завдань

Розумний будинок – це не просто сучасний тренд, а перш за все відповідь на зростаючу потребу в економії часу при автоматизації повсякденних завдань. Це концепція, яка передбачає інтеграцію різних систем і пристроїв, які знаходяться вдома, в єдину цілісну екосистему, що дозволяє дистанційно керувати ними та програмувати їх відповідно до індивідуальних уподобань.

Завдяки цій технології будинок стає чимось на зразок організму, який виконує більшість повсякденних справ автоматично і без постійного нагляду. Доступ до повного спектру функціональних можливостей, включаючи керування освітленням, температурою, жалюзі або системою сигналізації, здійснюється через додаток для телефону або сенсорні панелі. Все це робить будинок зручнішим в обслуговуванні, простір стає більш корисним і дає нам більше вільного часу.

Розумні технології пропонують численні переваги, починаючи від зручності роботи побутових приладів, таких як пральна машина, під час роботи, до зручності дистанційного регулювання термостата в холодний зимовий день на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Перелік зручностей дистанційного регулювання [4]

					КвРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розумний будинок має досить велику кількість переваг. По-перше, такі типи будинків надаються власникам можливість дистанційно стежити за своїми домівками, запобігаючи таким небезпекам, як забута увімкнена кавоварка або незачинені вхідні двері.

Розумний будинок враховує налаштування користувача для зручності. До прикладу, користувачі можуть запрограмувати відкривання дверей гаража, увімкнення світла, увімкнення каміна та відтворення улюбленої музики, коли вони повертаються додому.

Пристрої IoT дозволяють членам сім'ї або опікунам дистанційно контролювати здоров'я та благополуччя людей похилого віку, дозволяючи їм безпечно залишатися вдома довше, а не переїжджати в інтернат.

Замість того, щоб залишати кондиціонер увімкненим цілий день, система розумного дому може вивчати поведінку власників будинку, щоб переконатися, що будинок охолоне до того часу, коли вони повернуться додому.

Більше того, IoT пристрої економлять ресурси та гроші. Завдяки інтелектуальній системі зрошення газон поливається лише за потреби та точною необхідною кількістю води. Завдяки пристроям домашньої автоматизації та інтелектуальному налаштуванню системи енергія, вода та інші ресурси використовуються більш ефективно, що допомагає заощадити як природні ресурси, так і гроші споживача.

Вражає, що розумні віртуальні помічники, такі як Google Home або Amazon Echo, можуть виконувати завдання за допомогою розпізнавання мови та голосових команд. Наприклад, домовласники можуть використовувати голосові команди, щоб увімкнути музику, здійснювати пошук в Інтернеті та керувати своїми домашніми смарт - пристроями.

Спочатку розумні будинки були лише ідеями, це не були реальні проекти. Хоча, наукова фантастика так і досліджувала ідею автоматизованих будинків. Наприклад такі письменники як Рей Бредбері, уявляли майбутнє, де будинки будуть інтерактивними та, здавалося б, керуватимуть самі собою. У короткому

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оповіданні Бредбері «There Will Come Soft Rains» Бредбері описує автоматизований будинок, який продовжує функціонувати навіть після того, як люди вимерли. Насправді, це здається страшним, але якщо ви подумаєте про реальні переваги домашньої автоматизації, і в такому випадку ця ідея стає радше втішною, ніж лякаючою.

Хоча ідея домашньої автоматизації існує вже деякий час, реальні розумні будинки існували досить короткий період. Ця шкала часу зосереджена на апаратному забезпеченні; тобто фактичні винаходи, що призвели до розумних будинків, які ми знаємо сьогодні і яких ми можемо очікувати в найближчому майбутньому.

Хоча на сьогоднішній день ми не можемо назвати ці предмети «розумними», але вони вважалися неймовірним досягненням на початку двадцятого століття. Першим таким «винаходом» був пилосос з двигуном у 1901 році. Більш практичний пилосос з електричним приводом був винайдений у 1907 році [1]. Протягом двох десятиліть будуть винайдені холодильники, а також сушарки для білизни, пральні машини, праски, тостери та багато іншого на рисунку 2.1.



Рисунок 1.2 – Перші винаходи побутової техніки 20 ст. [11]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Незважаючи на те, що він ніколи не продавався в комерційних цілях, ЕСНО IV був першим розумним пристроєм. Цей розумний пристрій міг складати списки покупок, контролювати температуру в домі та вмикати та вимикати побутову техніку на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – ЕСНО IV Домашній комп'ютер [6]

Кухонний комп'ютер, розроблений роком пізніше, міг зберігати рецепти, але мав невдалий лозунг: «Якби вона вміла готувати так само добре, як комп'ютер Honeywell», і тому не продавалася жодна модель.

Геронтехнологія (Gerontechnology) поєднує в собі геронтологію та технології та полегшує життя людей похилого віку. У 1990-х роках у цьому секторі було багато нових досліджень і технологій.

Геронтологія – один із розділів біології та медицини, а також це наука, що досліджує механізми та процеси, які лежать в основі старіння живих організмів, зокрема людини.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геронтологія складається з кількох основних складових. По-перше, це гериатрія – наука, що досліджує хвороби, пов'язані з віковими змінами, а також специфіку лікування і профілактики захворювань у літньому та старечому віці. По-друге, герогієна, яка займається питаннями загальної та спеціальної гігієни людей старших вікових груп. І, нарешті, геронтопсихологія, що вивчає психо - поведінкові особливості осіб похилого та старого віку.

Дана розробка є актуальною і у наш час, люди похилого віку, більшість з яких живуть самі, дуже часто піддаються самотності та ізоляції. Розумні компаньйони та віртуальні помічники на основі ШІ можуть бути дуже корисними в таких ситуаціях. Хтось може подружитися, поговорити з ними і навіть запропонувати емоційну підтримку. Віртуальні компаньйони можуть розмовляти, відповідати на запитання, відтворювати музику та навіть жартувати, і це допомагає налагодити зв'язок і запобігає самотності.

Для людей похилого віку, буває складно організувати складні прийоми ліків, що призводить до пропуску доз або помилок у лікуванні. Системи керування ліками на основі штучного інтелекту можуть допомогти забезпечити своєчасне дотримання курсу лікування та покращити загальні результати для здоров'я. Ці системи можуть:

Дозування ліків: автоматичні дозатори таблеток видають попередньо запрограмовані дози в певний час, зменшуючи ризик пропуску або неправильного дозування.

Також можна налаштувати нагадування про ліки: за допомогою штучного інтелекту, з виводом повідомлення на голосових помічників, розумних колонок або мобільних додатків, щоб люди похилого віку не забули прийняти ліки.

Яскравим прикладом є дозатор ліків Lively зображений на рисунку 1.4 який використовує попередньо заповнені картриджі та автоматичне дозування для забезпечення точного та своєчасного прийому ліків.

					КвРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 – Дозатор ліків Lively [10]

Розумні будинки, або домашня автоматизація, почали набирати популярність на початку 2000-х. Таким чином, почали з'являтися різні технології. Розумні будинки раптово стали більш доступним варіантом, а отже, життєздатною технологією для споживачів. На прилавках магазинів почали з'являтися вітчизняні технології, домашні мережі та інші гаджети.

Сучасні розумні будинки – вони уже більше стосуються безпеки та екологічного життя. Передові розумні будинки стають більш екологічно чистими, та допомагають гарантувати, не потрібні витрати енергії.

Нинішні тенденції домашньої автоматизації включають дистанційне мобільне керування, автоматичне освітлення, автоматичне регулювання термостата, прилади для планування, мобільні/електронні/текстові сповіщення та віддалене відеоспостереження.

## 1.2 Порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих рішень

The Internet of Things (IoT) відноситься до мережі фізичних пристроїв, транспортних засобів, приладів та інших фізичних об'єктів, у які вбудовано

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

датчики, програмне забезпечення та підключення до мережі, що дозволяє їм збирати та обмінюватися даними.

Пристрої Інтернету речей, також відомі як «розумні об'єкти», вони мають змогу варіюватися від простих пристроїв «Smart Home», таких як розумні термостати, до переносних пристроїв, таких як розумні годинники та одяг із підтримкою RFID, до складного промислового обладнання та транспортних систем. Технологи навіть уявляють собі цілі «розумні міста», засновані на технологіях IoT.

RFID (радіочастотна ідентифікація) – виступає у формі бездротового зв'язку, яка включає використання електромагнітного або електростатичного зв'язку в радіочастотній частині електромагнітного спектру для однозначної ідентифікації об'єкта, тварини чи людини.



Рисунок 1.2 – Текстильний тег RFID для одягу [16]

IoT надає можливість різним smart – пристроям спілкуватися один з одним та з іншими пристроями з підтримкою Інтернету. Як смартфони та шлюзи, створюючи величезну мережу мережевих пристроїв (у контексті IoT), які можуть обмінюватися даними та виконувати різні завдання автономно. Можна виокремити наступне:

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) моніторинг екологічної обстановки в господарствах;
- 2) керування транспортними потоками за допомогою розумних автомобілів та інших розумних автомобільних пристроїв;
- 3) керування машинами та процесами на заводах;
- 4) відстеження товарних запасів і відправок на складах.

Можливі області використання IoT величезні та різноманітні, і його вплив уже відчувається в багатьох галузях промисловості, включаючи виробництво, транспорт, сільське господарство та охорону здоров'я. Оскільки кількість підключених до Інтернету пристроїв продовжує зростати, IoT, ймовірно, відіграватиме дедалі важливішу роль у формуванні нашого світу. Зміна того, як ми живемо, працюємо та взаємодіємо одне з одним.

У корпоративному контексті пристрої IoT використовуються для моніторингу широкого діапазону параметрів, таких як температура, вологість, якість повітря, споживання енергії та продуктивність машини. Ці дані можна аналізувати в реальному часі, щоб виявити закономірності, тенденції та аномалії, які можуть допомогти компаніям оптимізувати свою діяльність і підвищити прибутковість.

IoT описує мережеву інфраструктуру ідентифікованих речей, які обмінюються даними через Інтернет. «Розумний дім» є одним із додатків для Інтернету речей. У розумному домі можна дистанційно контролювати побутову техніку та керувати нею. Це підвищує попит на надійні рішення безпеки для систем IoT. Авторизація та автентифікація є складними операціями безпеки IoT, які необхідно враховувати. Наприклад, несанкціонований доступ, такий як кібератаки, до системи розумного дому може спричинити небезпеку, керуючи датчиками та виконавчими механізмами, відкриваючи двері для злодія.

Розглянемо рішення для підключення в стеку технологій IoT. Попри наявність багато можливих реальних застосувань технологій IoT, за ними не бракує рішень для підключення. Залежно від специфікацій певного випадку використання IoT, кожен варіант зв'язку може пропонувати різні сценарії підключення послуг,

маючи компроміси між параметрами енергоефективності, відстанню зв'язку та пропускною здатністю мережі. До прикладу, якщо ви будете розумний дім, вам може знадобитися, інтегрування датчиків температури в приміщенні та контролер опалення у вашому смартфоні, аби ви могли віддалено контролювати температуру в кожній кімнаті та регулювати її в режимі реального часу згідно поточних потреб, які можуть з'явитися. У таких випадках рекомендованим рішенням буде мережевий протокол IPv6 на основі IP під назвою Thread, спеціально розроблений для середовища домашньої автоматизації.

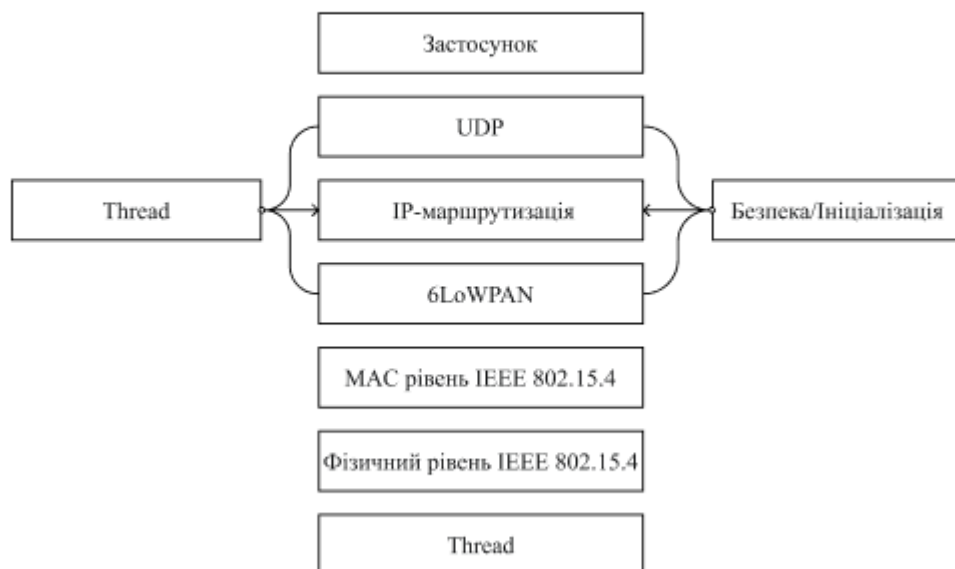


Рисунок 1.6 – Мережевий протокол IPv6 на основі IP під назвою Thread [18]

Враховуючи таку різноманітність стандартів і протоколів зв'язку, можна поставити питання про реальну потребу в розробці нових рішень, хоча існують добре перевірені Інтернет - протоколи, які використовуються вже десятиліттями. Причина цього полягає в тому, що існуючі Інтернет-протоколи, такі як Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP), часто недостатньо ефективні та занадто енергоємні, щоб мати можливість ефективно працювати в нових додатках

технології IoT. У цьому розділі буде подано короткий огляд основних альтернативних Інтернет - протоколів, спеціально призначених для використання системами IoT [8].

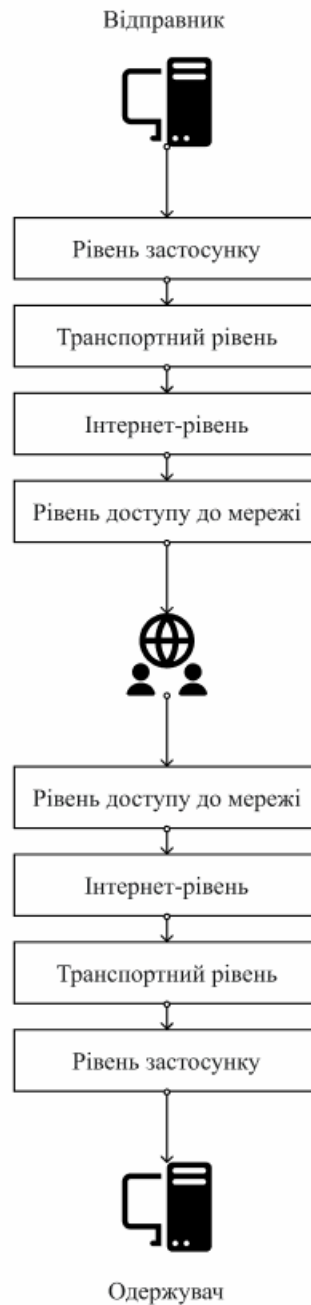


Рисунок 1.7 – Схема роботи Transmission Control Protocol / Internet Protocol (TCP/IP)

Було розглянуто найпоширеніші радіотехнології IoT, класифіковані за діапазоном робочих радіочастот та дальністю дії: технології для IoT з малим радіусом покриття, рішення середнього радіусу дії, а також мережеві рішення для глобального покриття.

### 1.3 Підходи до вирішення задачі за темою дослідження

Інтернет речей (IoT) відноситься до мережі взаємопов'язаних пристроїв, які спілкуються один з одним для збору та обміну даними. У садівництві IoT передбачає використання інтелектуальних пристроїв, які допомагають контролювати свій сад і керувати ним. Ці пристрої можуть автоматично регулювати середовище для ваших рослин, забезпечуючи оптимальні умови росту.

Використовуючи технології IoT, садівники мають змогу:

- 1) дистанційно контролюйте стан рослин;
- 2) автоматизація графіків поливу;
- 3) контролюйте світлові та температурні умови;
- 4) економте час і зусилля на ручних завданнях;
- 5) запобігайте хворобам рослин, своєчасно виявляючи проблеми;
- 6) зручність, ефективність і покращений догляд за рослинами роблять пристрої IoT обов'язковими для будь-якого сучасного садівника.

Тема даної роботи це створення системи автоматичного поливу рослин. Така система буде корисною не лише для садівників, а також для використання у будь-якому будинку де є рослини.

Оскільки необхідно реалізувати системи автоматичного поливу рослин у складі кіберфізичної системи «Розумний будинок», доцільним є використання мікрокомп'ютерів типу Raspberry Pi або Arduino Uno. Для розробки програмного забезпечення можуть застосовуватися мови програмування MicroPython або C#.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4 Постановка задачі

Завданнями роботи є:

- 1) дослідити процедури функціонування системи «Розумний будинок»;
- 2) провести теоретичний аналіз сфери;
- 3) охарактеризувати структуру предметної області та базову модель;
- 4) описати уже існуючі механізми реалізації, виділити наявні проблеми в галузі та шляхи їх вирішення;
- 5) на основі проведених досліджень визначити основні функції системи, сформулювати низку функціональних та нефункціональних вимог, розробити модель функцій, які система повинна виконувати;
- 6) підвести підсумки про необхідність розробки системи;
- 7) сформулювати об'єкт та мету для наступних досліджень;
- 8) оцінити ступінь виконання поставлених завдань.

На основі цього розробити системи автоматичного поливу рослин. у кіберфізичній системі «Розумний будинок» та зробити висновки на основі виконаної роботи.

## 1.5 Висновки до першого розділу

Тема даної дипломної роботи полягає у створенні системи автоматичного поливу рослин. Така система буде корисною не тільки для садівників, а й для кожного, хто має вдома квіти, клумби чи грядки. Вона допомагає зекономити час і сили, бо полив відбувається самостійно, без постійного нагляду.

Під час роботи було розглянуто, як працюють подібні системи, які є проблеми та як їх можна вирішити. Також було порівняно вже готові рішення, щоб зрозуміти, що в них хорошого, а що можна зробити краще. Це дало змогу обрати найбільш зручний і практичний варіант для свого проєкту.

Система, яку вдалося розробити, автоматично поливає рослини залежно від погоди, вологості землі та налаштувань, які задає користувач. Це зручно, бо не

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

треба постійно слідкувати за всім вручну, а ще це допомагає не витратити зайву воду.

Проект можна розвивати далі. У майбутньому його можна вдосконалити, додати нові функції або використовувати не тільки вдома, а й, наприклад, у теплицях чи на дачі. Загалом, ця робота показала, що розумні системи можуть бути справді корисними в повсякденному житті.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ТА СЕРЕДОВИЩА РЕАЛІЗАЦІЇ

### 2.1 Оцінка можливих платформ для реалізації проєкту

За останні роки технології Internet of Things (IoT) розвиваються у швидкому темпі. Більше того, IoT знаходить різноманітне застосування у різних сферах, від побутових приладів до промислових систем та систем управління. Однією з причин інтенсивного розвитку технологій Інтернет Речей є створення різних мікроконтролерів на різний бюджет, а також поширення бездротового протоколу.

Саме по цій причині на ринку з'явилася значна кількість платформ та сервісів, які полегшують створення та впровадження IoT - систем. Існують як і готові хмарні сервіси, так і відкриті програмні рішення з можливістю локального розгортання. Беручи це все до уваги, у цьому випадку вибір оптимальної платформи є ключовим етапом у розробці проєкту. Отже, прийняття рішення що до оптимального варіанту для розробки, є одним із основних моментів, адже для комфортної та ефективної роботи потрібен гнучкий, безпечний та зручний сервіс для супроводу системи.

Для початку роботи потрібно проглянути усі можливі варіанти платформ та обрати найбільш підходящий варіант, адже вибір платформа, як уже говорилося, є дуже важливим аспектом. Розглянемо декілька видів платформ:

- 1) cloud - based IoT;
- 2) open source IoT;
- 3) hardware + Software Platforms;
- 4) платформи IoT з мобільною інтеграцією.

Розглянемо Cloud-based IoT – хмарні обчислення IoT використовують і збирають дані з пристроїв IoT і хмарної інфраструктури та можуть зберігатися, оброблятися й аналізуватися в хмарі. Це дає змогу відстежувати аналітику даних у режимі реального часу, одночасно дозволяючи масштабувати за допомогою хмарних ресурсів великі обсяги даних, створених пристроями IoT.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перерахуємо переваги хмарних служб IoT. Почнемо із масштабованості: хмарні служби можуть легко налаштовуватися для роботи з великою кількістю пристроїв IoT і обсягом потокових даних. По друге, це економічна ефективність, цей пункт є важливим так як значне скорочення потреби в інфраструктурі на місці, що допомагає знизити капітальні витрати. По третє, та один з найголовніших пунктів це можливість обробляти дані у режимі реального часу. Це дозволяє негайно аналізувати дані IoT, покращуючи процес прийняття рішень. А також віддалений доступ: користувачі можуть отримувати доступ до своїх пристроїв і даних IoT і керувати ними будь - де. Більше того хмарні платформи допомагають безперебійно підключати різні пристрої, системи та протоколи IoT. Остання, але не менш вагома перевага це покращена безпека. Cloud постачальники зазвичай надають потужні функції безпеки, такі як шифрування та керування ідентифікацією.

Хоча і Cloud платформи мають досить велику кількість плюсів у використанні, в той же час вони мають декілька недоліків. А саме це, складності із збереженням конфіденційністю. Керувати безпекою величезних обсягів даних із дотриманням вимог конфіденційності може бути важко, особливо з мережевими пристроями.

Безпека та конфіденційність. Керувати безпекою величезних обсягів даних із збереженням конфіденційності може бути важко, особливо з мережевими пристроями.

Також це затримки підключення між пристроями та хмарою можуть порушити роботу в реальному часі. Більше того є складності у керуванні величезною кількістю даних, створених пристроями Internet of Things.

Більше того, інтеграція різних пристроїв і протоколів Інтернету речей від різних постачальників може бути складною. В кінці кінців, для надсилання великих обсягів даних у хмару потрібна значна пропускна здатність, яка може бути доступною не всюди.

Можна розглянути наступні платформи для роботи над проектом:

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) IBM Watson IoT Platform [21];
- 2) AWS IoT Core [22];
- 3) Oracle Internet of Things (IoT) Cloud Service [23];
- 4) Google's Internet of Things Solutions [24].

Платформа Watson IoT від IBM дозволяє вам безпечно підключатися, керувати та аналізувати дані IoT для підвищення продуктивності бізнесу та надання інноваційних послуг вашим клієнтам.

AWS IoT Core – це керована платформа, що дає змогу приєднаним приладам невимушено й надійно взаємодіяти з хмарними застосунками та іншими пристроями. AWS IoT Core здатний підтримувати мільярди пристроїв і трильйони сповіщень, а також може надійно й безпечно обробляти й скеровувати ці повідомлення до кінцевих точок AWS та інших пристроїв.

Хмарна служба Oracle Internet of Things (IoT) – це хмарна пропозиція керованої платформи як послуги (PaaS), яка допомагає вам приймати важливі бізнес - рішення та стратегії, дозволяючи підключати свої пристрої до хмари, аналізувати дані з цих пристроїв у режимі реального часу та інтегрувати ваші дані з корпоративними програмами, веб - службами або іншими хмарними службами Oracle, наприклад Oracle Business Intelligence Cloud Service.

Google Cloud IoT Core – це основна послуга, яку Google пропонує в IoT. Google Cloud IoT Core - це хмарна служба, яка дозволяє людям швидко й безпечно підключатися, керувати та отримувати дані з пристроїв, підключених до Інтернету. Це також дозволяє іншим службам Google Cloud Platform збирати, аналізувати, керувати та відображати дані IoT.

Відкрите програмне забезпечення (ПЗ) відіграє ключову роль у процесі розробки та експлуатації систем Інтернету речей (IoT), забезпечуючи доступними інструментами, платформами та фреймворками. Проекти IoT часто використовують рішення з відкритим кодом, щоби зменшити фінансові витрати, пришвидшити процес розробки та гарантувати взаємодію між різними пристроями та службами. Наприклад, операційні системи, такі як дистрибутиви на базі Linux

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(наприклад, Raspbian, для Raspberry Pi), або операційні системи реального часу (RTOS), як - от Zephyr OS, широко використовуються для роботи пристроїв IoT. Ці системи створюють основу для розробки легкого та настроюваного мікропрограмного забезпечення, яке здатне працювати на обладнанні з обмеженими ресурсами. Апаратні платформи з відкритим кодом, на кшталт Arduino та ESP32, ще більше зменшують вхідний бар'єр, що дає змогу розробникам створювати прототипи та розгортати рішення IoT, не прив'язуючись до жодного постачальника. Ось декілька платформ, які можна розглянути для роботи над проектом:

- 1) Home Assistant [25];
- 2) OpenHAB [26];
- 3) Kaa IoT [27].

Home Assistant – це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом, призначене для автоматизації житла. Воно виступає як платформа для інтеграції та керуючий центр розумного дому, що дозволяє власникам контролювати свої пристрої. Програма робить акцент на місцевому управлінні та безпеці особистих даних, будучи незалежною від конкретних систем Інтернету речей (IoT). Доступ до його інтерфейсу можна отримати через веб - сторінки, мобільні додатки для Android та iOS, або за допомогою голосових команд через підтримувані віртуальні помічники, як - от Google Assistant, Amazon Alexa, Apple Siri, а також власний локальний голосовий помічник Home Assistant "Assist", що розпізнає природну мову.

Open Home Automation Bus (openHAB) – це програмне забезпечення для автоматизації оселі з відкритим кодом, розроблене на Java. Воно встановлюється локально та забезпечує взаємодію з пристроями та сервісами різних виробників. На 2019 рік налічувалось близько 300 прив'язок у вигляді OSGi - модулів. Дії, як - от ввімкнення освітлення, запускаються згідно з правилами, голосовими командами або елементами керування в інтерфейсі openHAB. Проект openHAB було започатковано у 2010 році. У 2013 році основний функціонал став офіційним

проектом Eclipse Foundation, відомим як Eclipse SmartHome. openHAB базується на Eclipse SmartHome та залишається проектом для розробки прив'язок. За інформацією Black Duck Open Hub, його розробкою займається одна з найбільших у світі команд розробників з відкритим кодом. Крім того, він має активну спільноту користувачів.

Каа – це надзвичайно гнучка та масштабована IoT-платформа, призначена для розробки рішень IoT та управління підключеними пристроями.

Апаратне забезпечення – це фізичні складові системи IoT, як от сенсори, актуатори, шлюзи та пристрої. Програмне забезпечення, з іншого боку, включає програми або коди, що контролюють та управляють цими апаратними складовими. Обидва ці елементи hardware та software є ключовими для забезпечення функціональності IoT, хоча кожен з них має свої переваги та недоліки.

IoT hardware охоплює низку складових і пристроїв, що спільно гарантують комунікацію, як от шлюзи, сенсори, протоколи зв'язку та інші. Натомість програмне забезпечення IoT реалізує конкретні програми й завдання на базі апаратного забезпечення, гарантуючи коректну обробку й аналіз всіх отриманих даних.

Частини hardware сконструйовані таким чином, щоб зберігати міцність та функціональність протягом тривалого періоду експлуатації, не вимагаючи частого сервісу чи модернізації. Це робить їх чудовим вибором для ключових застосувань, де важлива безперебійна продуктивність.

Більше того, при використанні сенсорів, які інтегровані в різноманітні прилади та об'єкти, обладнання може отримувати дані в режимі реального часу про їх фізичні параметри чи навколишнє середовище. Це надає можливість оперативно приймати рішення на основі достовірної обробки даних.

В додаток до цього велика частина апаратних компонентів, що використовуються в IoT, дозволяє здійснювати адаптацію під конкретні потреби та вимоги. Така гнучкість сприяє розробці індивідуальних рішень, які здатні вирішувати унікальні завдання, з якими стикаються компанії або певні сфери

діяльності. Ще однією перевагою hardware є легке інтегрування в уже існуючі системи, оскільки не потребує глибоких знань або навичок у програмуванні, на відміну від розробки програмного забезпечення.

Незважаючи, на увесь список переваг платформ Hardware IoT, вони також включають декілька недоліків. Одним із перших є висока ціна на технічне обслуговування. Початкові витрати на закупівлю апаратних компонентів можуть бути суттєвими, а згодом вони також генерують додаткові витрати на обслуговування. Це може передбачати заміну несправних деталей або оновлення до новіших версій. В додаток до цього, апаратне забезпечення має обмежений набір функцій і можливостей, оскільки його розроблено для конкретних завдань. Це означає, що для реалізації складного завдання може знадобитися декілька апаратних пристроїв, що збільшує загальну вартість. Останнім аспектом є те що такий вид має схильність до фізичних ушкоджень. Оскільки обладнання є фізичним компонентом, воно є вразливим до пошкоджень від зовнішніх факторів, таких як погодні умови, аварії або знос. Це може призвести до простоїв та дорогих ремонтів чи заміни.

Якщо говорити про програмне забезпечення як вид платформи для IoT, то вона також включає низку переваг. Наприклад, на відміну від апаратного забезпечення, програмне забезпечення надзвичайно гнучке та може бути легко оновлене чи модифіковане без необхідності фізичних змін. Це дозволяє швидко адаптуватися до нових технологій чи потреб бізнесу. Окрім того, розробка програмного забезпечення стала доступнішою завдяки прогресу в технологіях та наявності ресурсів. Крім того, одна програмна програма часто може керувати кількома апаратними компонентами, зменшуючи загальну вартість впровадження.

Не менш важливим є те, що програми Software не є обмежені фізичними обмеженнями, їх можна легко масштабувати для обробки збільшення обсягів даних або підключених пристроїв без значних змін інфраструктури.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Варто також зауважити, що програмне забезпечення дозволяє здійснювати дистанційне управління та моніторинг підключених пристроїв, що полегшує виявлення та вирішення проблем без необхідності обслуговування на місці.

Незважаючи на ці всі факти, програмне забезпечення також включає низку недоліків. Воно може бути вразливим до хакерських атак, через що дані можуть бути небезпечними або система перестане працювати. Також бувають проблеми, коли різні версії програм не дружать між собою, і це викликає помилки. Програми іноді збоять і можуть гальмувати роботу. Крім того, щоб створювати і підтримувати такі системи, потрібні хороші спеціалісти, а це може коштувати недешево. Всі ці недоліки представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Недоліки програмного забезпечення в IoT

Недолік	Опис
Ризики безпеки	Зі зростанням кіберзагроз вразливості ПЗ становлять великий ризик для IoT - систем. Хакери можуть отримати доступ до даних або викликати збої.
Проблеми сумісності	Через постійний розвиток ПЗ виникають проблеми сумісності між різними версіями або іншими програмами, що призводить до збоїв.
Проблеми надійності	ПЗ схильне до помилок і збоїв, що впливає на надійність і продуктивність системи, може викликати простої.
Потреба у кваліфікованих фахівцях	Розробка ПЗ для IoT вимагає спеціалістів зі знаннями мов програмування та протоколів, що може бути дорогим для компанії.

Arduino IoT Cloud розроблений для з'єднання датчиків або іншого обладнання з бізнес - додатками у хмарі, забезпечуючи дистанційний перегляд та редагування цих даних.

- 1) Arduino IoT Cloud [28];

2) Raspberry Pi + Node - RED [29];

3) ESPHome / Tasmota [30, 31].

Arduino IoT Cloud базується на простому у використанні, відкритому апаратному та програмному забезпеченні. До цієї хмари можна підключати не тільки понад 100 продуктів Arduino, таких як щити, комплекти, плати, носії та інші аксесуари, а й сторонні продукти.

Середовище розробки Arduino IoT Cloud побудоване на основі об'єктно - орієнтованої мови програмування Processing. Воно пропонує навіть новачкам повну платформу "від кінця до кінця" для Інтернету речей – включно з легким доступом до мікроконтролерів та програмування. Завдяки своїй простоті у використанні, воно вже завоювало довіру мільйонів користувачів.

Якщо потрібно підключити лише два пристрої Arduino до хмари, це можливо навіть з безкоштовною версією. Також є варіанти початкового рівня (10 пристроїв) за низькою ціною – \$1.99 на місяць. Таким чином, проекти можна тестувати заздалегідь, не ризикуючи фінансами.

Node-RED – це потужний інструмент з відкритим кодом для створення додатків Інтернету речей (IoT), основною метою якого є спрощення програмування.

Node-RED працює у веб - браузері, використовуючи візуальне програмування, що дає змогу з'єднувати блоки коду, відомі як вузли, для виконання певних задач. З'єднані разом вузли називаються потоками.

Raspberry Pi – це назва серії одноплатних комп'ютерів, вироблених Raspberry Pi Foundation, британською благодійною організацією, яка прагне навчати людей комп'ютерній науці та забезпечувати легший доступ до комп'ютерної освіти.

Raspberry Pi був запущений у 2012 році, і з того часу вийшло кілька ітерацій та варіацій. Оригінальний Pi мав одноядерний процесор 700 МГц та всього 256 МБ оперативної пам'яті, а остання модель має чотирьохядерний процесор з тактовою частотою понад 1,5 ГГц і 4 ГБ оперативної пам'яті. Ціна Raspberry Pi завжди була

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нижче 100 доларів США (зазвичай близько 35 доларів США), особливо Pi Zero, який коштує всього 5 доларів США.

Node-RED – це потужний інструмент з відкритим кодом для створення додатків Інтернету речей (IoT), основною метою якого є спрощення програмування. Node - RED працює у веб - браузері, використовуючи візуальне програмування, що дає змогу з'єднувати блоки коду, відомі як вузли, для виконання певних задач. З'єднані разом вузли називаються потоками.

Raspberry Pi – це назва серії одноплатних комп'ютерів, вироблених Raspberry Pi Foundation, британською благодійною організацією, яка прагне навчати людей комп'ютерній науці та забезпечувати легший доступ до комп'ютерної освіти.

Raspberry Pi був запущений у 2012 році, і з того часу вийшло кілька ітерацій та варіацій. Оригінальний Pi мав одноядерний процесор 700 МГц та всього 256 МБ оперативної пам'яті, а остання модель має чотирьохядерний процесор з тактовою частотою понад 1,5 ГГц і 4 ГБ оперативної пам'яті. Ціна Raspberry Pi завжди була нижче 100 доларів США (зазвичай близько 35 доларів США), особливо Pi Zero, який коштує всього 5 доларів США.

ESPHome – це безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом, яке бездоганно інтегрується в Home Assistant, але також може бути встановлене автономно на різних операційних системах. Воно автоматично створює прошивку для мікроконтролерів ESP на основі конфігурацій, тому вам не потрібно писати код C++ самостійно або взагалі мати навички програмування.

Tasmota – це прошивка з відкритим кодом для пристроїв на базі чіпсетів Espressif ESP8266, ESP32, ESP32 - S або ESP32 - C3, створена та підтримувана Тео Арендсом. Все почалося як Sonoff - MQTT - OTA з комітом від 25 січня 2016 року, від Тео Арендса.

Також існують IoT-платформи, призначені для інтеграції з мобільними або вебзастосунками. Такі види платформ надають легке забезпечення пристроїв з хмарним сховищем, обробку даних та їхню передачу в застосунок у режимі реального часу. Одними з найпопулярніших сервісів є:

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1) Blynk [28];
- 2) Firebase [29];
- 3) ThingsBoard [30];
- 4) Ubidots [31];
- 5) AWS IoT [32].

Blynk включає в себе простий інтерфейс, що дозволяє оперативно розробляти мобільні додатки для управління пристроями, однак має обмеження у безкоштовній версії.

Firebase – це така платформа, яка ідеально підходить для мобільних застосунків, пропонує підтримку реального часу та зручний API, але не є вузькоспеціалізованою IoT-платформою, тому не підтримує MQTT безпосередньо.

ThingsBoard – це досить потужна open - source платформа. Вона надає велику кількість можливостей для візуалізації та аналізу даних, але потребує більше часу аби налаштувати, особливо якщо відсутній відповідний попередній досвід.

В додаток до цього, існує ще одна платформа Ubidots. Вона спеціалізується саме на IoT та надає швидкий спосіб створення інформаційних панелей, проте обмежений у безкоштовному плані [7].

У висновку, проаналізувавши усі перераховані сервіси та платформи було вирішено обрати платформу Arduino як основну для реалізації цього IoT-проєкту.

Такий вибір виправдовується тим, що вона найкраще підходить для студентських проєктів. Arduino є досить легким у роботі, невисокою вартістю та безліччю навчальних ресурсів, що надзвичайно важливо на етапі розробки та випробувань. Ця платформа підтримує безліч різних датчиків та модулів, а також добре інтегрується з відомими IoT-службами, наприклад, Blynk, Firebase, ThingSpeak та іншими, що дає змогу швидко налаштувати передачу та відображення даних у додатку. Більше того, дякуючи великому товариству розробників можна легко знайти приклади коду, бібліотеки та поради щодо налаштування. Ця платформа не вимагає складного налаштування чи глибоких знань програмування, що дозволяє зосередитися безпосередньо на логіці роботи

пристрою. Тож, у загальному Arduino є зручним і практичним рішенням для втілення навчального IoT-проєкту.

## 2.2 Апаратне середовище реалізації

Пристрій розумного дому планується розробити з використанням Arduino Nano 33 IoT на рисунку 2.1, який поєднує в собі мікроконтролер і модуль зв'язку Wi-Fi та Bluetooth у компактному корпусі. Ця плата має вбудований захист безпеки, що важливо для IoT-проєктів.

Arduino Nano 33 IoT поєднує компактний форм-фактор Arduino Nano з простою можливістю початку роботи з базовими IoT та пікосітковими додатками. Якщо потрібно створити мережу сенсорів, підключених до домашнього або офісного роутера, або розробити Bluetooth® Low Energy пристрій, який передає дані на телефон, Nano 33 IoT стане універсальним рішенням для багатьох базових IoT-сценаріїв [19].

Плату Arduino Nano 33 IoT зручно використовувати для розробки проєктів, оскільки вона легко підключається до комп'ютера за допомогою звичайного USB-кабелю. Вона повністю підтримується у середовищі Arduino IDE, що дозволяє швидко писати, тестувати та змінювати код без складних налаштувань. Завдяки своїм компактним розмірам та низькому енергоспоживанню, ця плата ідеально підходить для розумних пристроїв, зокрема в системах автоматичного поливу, де важливо зекономити місце та забезпечити стабільну роботу в автономному режимі.

Окрім цього, Arduino Nano 33 IoT має вбудований модуль Wi-Fi та Bluetooth, що відкриває можливості для дистанційного моніторингу і керування системою через інтернет або мобільний застосунок. Це робить її універсальним рішенням для створення сучасних IoT-пристроїв, які можуть взаємодіяти з хмарними сервісами або локальною мережею. Також Arduino Nano 33 IoT підтримує роботу з різними сенсорами та актуаторами, що дозволяє легко створювати системи для автоматизації побуту, наприклад, управління освітленням, кліматом або безпекою.

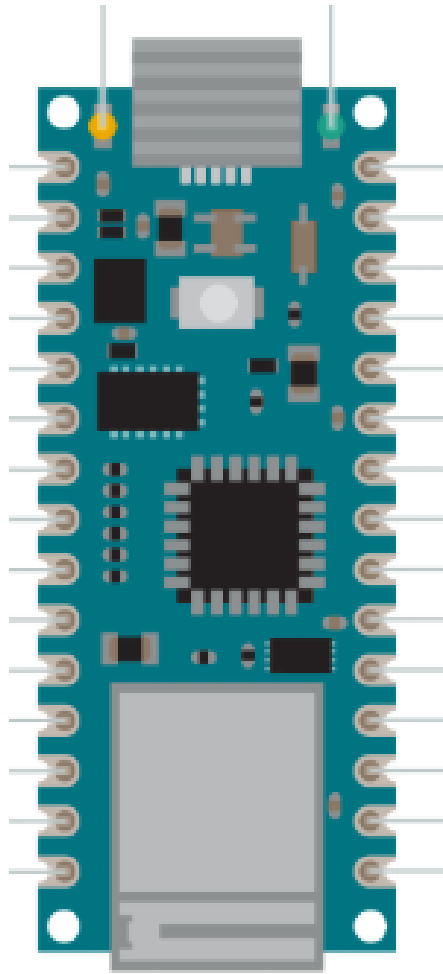


Рисунок 2.1 – Пристрій Arduino Nano 33 IoT [19]

Розглянемо наступні компоненти для реалізації системи. Почнімо із датчика вимірювання температури та вологості Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 - це аналоговий ємнісний датчик вологості ґрунту, який вимірює рівень вологості за допомогою ємнісного сенсору, тобто ємність змінюється залежно від кількості води у ґрунті. Ця ємність перетворюється у напругу, яка коливається приблизно від 1,2 В до максимум 3,0 В.

Розглянемо детальніше аналоговий ємнісний датчик вологості ґрунту, який використовується для вимірювання рівня вологості за допомогою зміни ємності залежно від кількості води в ґрунті. Детальніше про особливості цього датчика

вказано в таблиці 2.2. Цей датчик широко застосовується в IoT-проектах, зокрема для автоматичного поливу рослин, завдяки своїй точності та надійності.

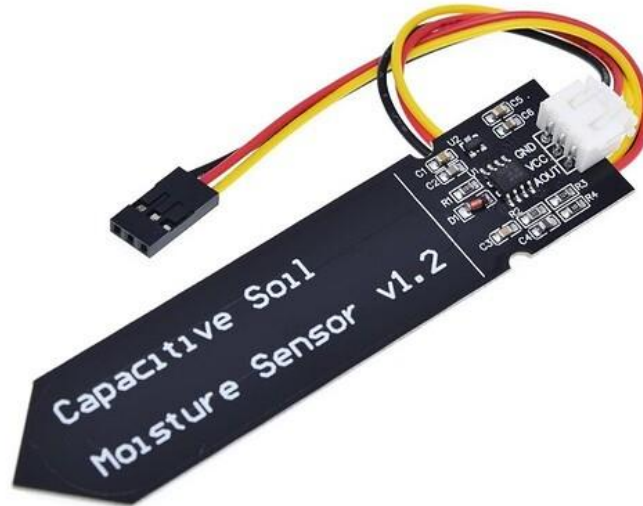


Рисунок 2.2 – Датчик вимірювання температури та вологості Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 [38]

Перевага ємнісного датчика вологості ґрунту полягає в тому, що він виготовлений із матеріалу, стійкого до корозії, що забезпечує йому тривалий термін служби [20].

Таблиця 2.2 – Характеристики та технічні параметри датчика вологості ґрунту

Особливість / Специфікація	Опис
Підтримка інтерфейсу	3-контактний сенсор
Вихід	Аналоговий
Робоча напруга	DC 3.3-5.5 В
Вихідна напруга	DC 0-3.0 В
Інтерфейс	PH2.0-3P
Розмір	99×16 мм (3.9×0.63 дюйма)

Розглянемо наступний датчик DHT-22, а саме датчик вологості і температури. Датчик містить дві основні частини - ємнісний температурний сенсор і гігрометр. Перший призначений для вимірювання температури, а другий - для визначення вологості повітря. Вбудований чіп здійснює аналогово-цифрове перетворення і генерує цифровий сигнал, який можна зчитувати за допомогою мікроконтролера [39].



Рисунок 2.3 – Датчик вологості і температури DHT-22

Для проекту також необхідний насос для подачі води. Варто використати маленький насос який буде працювати від низької напруги. Наприклад, можна розглянути DC Mini Fountain Pump 12V/24V – це маленький насос для води, який працює від низької напруги і може житись від сонячної батареї. У проекті він потрібен, щоб автоматично поливати рослини або качати воду. Насос маленький і економний, тому його легко підключити до батарей чи сонячних панелей. Він вмикається і вимикається за сигналом від контролера (наприклад, Arduino), тому полив відбувається сам без участі людини.



Рисунок 2.4 – Насос для води DC Mini Fountain Pump 12V/24V

Більше того, нам потрібен буде дисплей для виведення інформації про роботу пристрою — наприклад, рівень вологості ґрунту, температуру навколишнього середовища або статус поливу. Завдяки цьому користувач може швидко перевірити стан системи без необхідності використовувати смартфон чи комп'ютер.

Такий дисплей особливо корисний у випадках, коли потрібен швидкий візуальний контроль, наприклад, під час обслуговування або калібрування датчиків. На ньому також можна виводити повідомлення про помилки, наприклад, якщо рівень води в баку критично низький або якщо втрачено зв'язок з мережею Wi-Fi. Це підвищує зручність використання та надійність системи в повсякденній експлуатації.

White I2C OLED дисплей (SSD1306) (рис 2.5) - це маленький екран 0.96 дюйма з білим зображенням. Він працює від низької напруги (3.3V) і підключається дуже просто через I2C. На ньому можна показувати текст і прості малюнки, тому цей дисплей часто використовують у різних домашніх проектах.

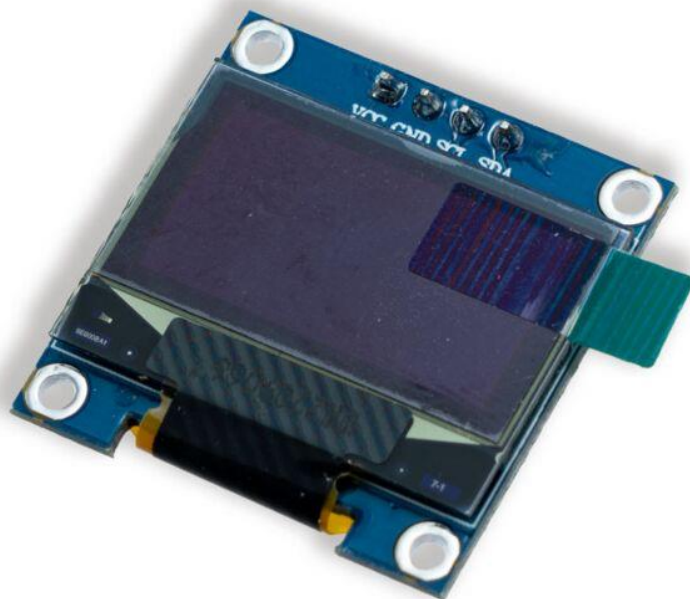


Рисунок 2.5 – Дисплей White I2C OLED (SSD1306) [41]

5V релейний модуль – це пристрій, який дозволяє керувати потужними електроприладами, такими як насос або лампа, за допомогою сигналу від Arduino. Він працює на низькій напрузі 5В, але може вмикати або вимикати пристрої, які споживають більшу напругу або струм [42].

У нашому проєкті реле використовується для автоматичного вмикання і вимикання насоса для поливу рослин за командою Arduino. Це дозволяє зробити систему поливу більш зручною і автоматизованою.

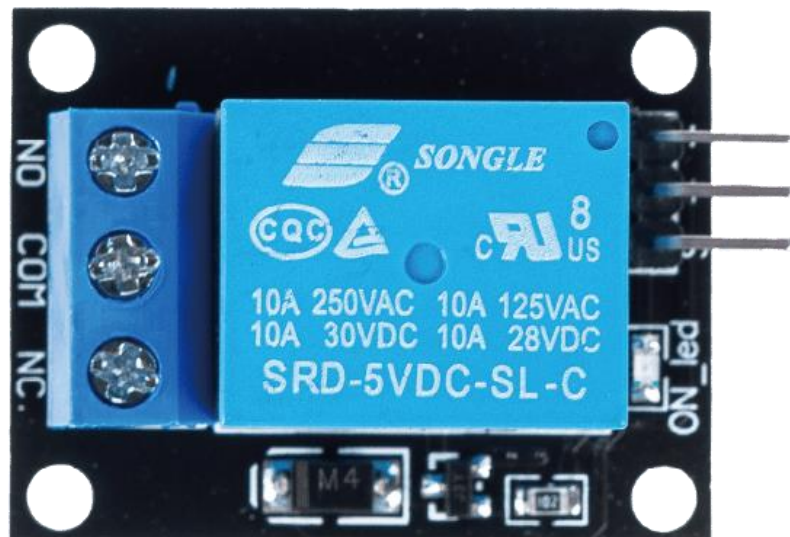


Рисунок 2.6 - 5V релейний модуль

Для роботи проекту також буде потрібен блок живлення. Він забезпечує стабільну роботу всіх елементів, щоб вони отримували правильну напругу і не виходили з ладу. Важливо вибрати блок живлення з потрібними параметрами, щоб вистачало енергії для всіх пристроїв і система працювала без збоїв.

### 2.3 Функційні вимоги системи розумного поливу рослин на базі Arduino

Почнемо з того, що система автоматичного поливу рослин на базі Arduino розроблена для поліпшення догляду за рослинами та підтримки їхнього здорового розвитку. Вона виконує ряд критичних функцій, що сприяють ефективному використанню ресурсів, підвищенню зручності для користувача та покращенню загальної продуктивності догляду за рослинами.

Головною функцією системи є моніторинг параметрів довкілля. Вона включає датчики, які вимірюють рівень вологості ґрунту, температуру та вологість повітря. Це дозволяє системі аналізувати стан рослин і визначати потребу в поливі. В додатку для цього можливе використання датчиків освітленості, що дає змогу враховувати рівень сонячного світла при визначенні параметрів поливу.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.7 – Перелік функційних вимог до системи розумного поливу рослин на базі Arduino

Розглянемо ємнісні датчики. вони вимірюють діелектричну проникність ґрунту, TDR та TDT використовують електромагнітні імпульси для визначення часу проходження сигналу, тензіометри оцінюють доступність вологи для кореневої системи, а нейтронні зонди використовують нейтронне випромінювання для аналізу рівня вологості.

Наступним важливим аспектом є автоматизоване керування поливом, яке базується на отриманих даних від датчиків. Система може самостійно активувати механізм подачі води у випадку низького рівня вологості в ґрунті, регулюючи обсяг поданої рідини відповідно до потреб конкретних рослин. Це забезпечує баланс між достатнім зволоженням та уникненням надмірного поливу, який може призвести до гниття кореневої системи.

Користувач має можливість впливати на параметри поливу, встановлюючи власні порогові значення вологості ґрунту та налаштовуючи частоту подачі води. Це дозволяє гнучко адаптувати систему до різних типів рослин та їхніх індивідуальних потреб.

Сучасні інтернет-технології дозволяють інтегрувати систему з мобільними додатками та веб-інтерфейсами, що надає змогу користувачеві дистанційно управляти процесами поливу. За допомогою смартфона або комп'ютера можна

перевіряти стан рослин, отримувати сповіщення про критичні показники вологості або несправності датчиків, а також змінювати налаштування системи.

Особливу увагу варто приділити енергоефективності та безпеці. Для зменшення витрат електроенергії використовуються малопотужні компоненти, які забезпечують стабільну роботу системи без надмірного споживання ресурсів. У разі аварійного вимкнення електроживлення передбачено резервне живлення, що гарантує безперебійну роботу пристрою. Також важливим аспектом є захист даних користувача, тому вся інформація, що передається між компонентами системи, повинна бути зашифрована для запобігання несанкціонованому доступу.

Реалізація цих функціональних вимог дозволяє створити ефективну, зручну та сучасну систему автоматичного поливу рослин. Вона значно полегшує догляд за рослинами, мінімізує витрати часу, оптимізує використання водних ресурсів та підвищує комфорт користувача. Інтеграція з іншими елементами «Розумного будинку» робить систему частиною комплексного підходу до автоматизації побутових процесів, забезпечуючи високий рівень ефективності та надійності.

#### 2.4 Функційні вимоги системи розумного поливу рослин на базі Arduino

Система автоматичного поливу на базі Arduino має задовольняти низку нефункціональних вимог, що забезпечують її стабільність, безпеку, економію енергії та зручність для користувача. Однією з ключових вимог є швидкість реагування системи. Вона мусить оперативно реагувати на зміни вологості ґрунту, щоб уникнути як пересушування, так і надмірного зволоження. Датчики повинні безперервно передавати інформацію в режимі реального часу, а контролер має швидко аналізувати отримані дані й приймати відповідні рішення. Чим швидше обробляються сигнали, тим точніше функціонує система та тим краще здійснюється полив рослин.

					КвРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

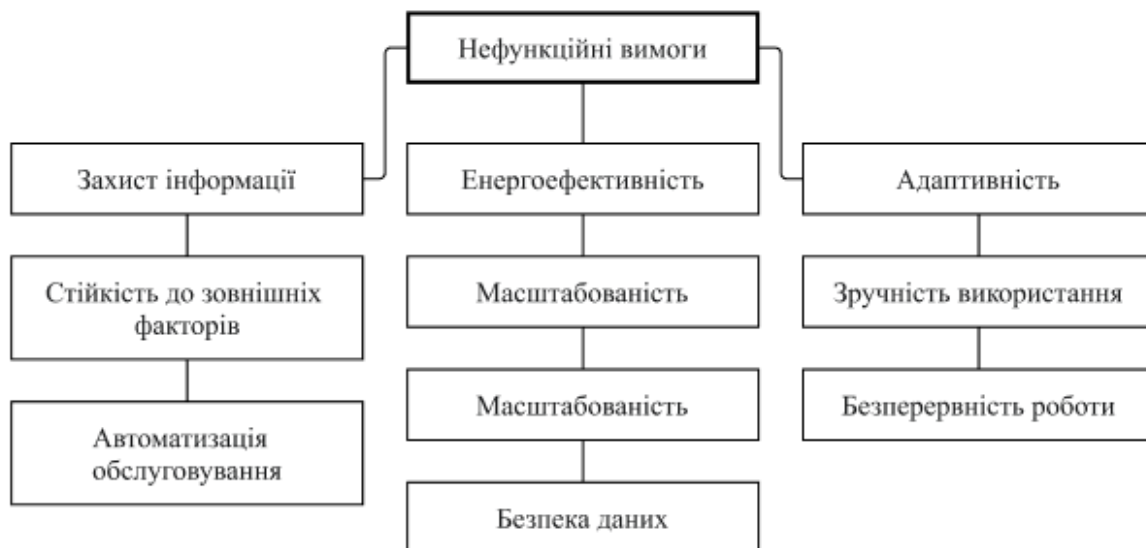


Рисунок 2.8 – Перелік нефункційних вимог до системи розумного поливу рослин на базі Arduino

Надійність системи також відіграє критичну роль. Оскільки вона працює автономно, вкрай важливо, щоб система була здатною функціонувати без частих збоїв і не потребувала постійного втручання користувача. Для цього необхідно використовувати високоякісні електронні компоненти з тривалим терміном служби, стійкі до різних зовнішніх умов: перепадів температури, вологості чи пилу. Крім цього, система повинна мати механізм самодіагностики, що дає змогу виявляти несправності, повідомляти про них користувача та, за необхідності, тимчасово відключати окремі компоненти, щоб запобігти пошкодженню обладнання. Важливо також передбачити резервне живлення, щоб у випадку відключення електроенергії система могла певний час працювати автономно.

Ще однією важливою вимогою є енергоефективність. Оскільки система функціонує тривалий час і може бути частиною більшої екосистеми «Smart Home», важливо мінімізувати її енергоспоживання. Для цього використовуються малопотужні мікроконтролери, а також можливість переходу в режим очікування, коли система не виконує активних дій. Наприклад, якщо датчики показують, що

рівень вологості ґрунту в нормі, система може тимчасово вимкнути всі непотрібні компоненти для економії енергії. Це особливо важливо для випадків, коли система живиться від батареї або альтернативних джерел енергії.

Велике значення відіграють масштабованість та адаптивність. Користувач повинен мати змогу додавати нові датчики чи розширювати можливості системи, не вдаючись до істотних змін у програмному коді чи апаратному забезпеченні. Це важливо для того, щоб система могла бути використана для догляду за різними видами рослин з різними вимогами до вологості ґрунту, температури повітря та частоти поливу. Крім того, система має легко інтегруватися з іншими елементами «Розумного будинку», що дозволить керувати не лише поливом, а й іншими процесами, як - от освітлення чи вентиляція.

Безпека даних – важливий аспект, оскільки система може використовувати інтернет для віддаленого керування. Щоб уникнути несанкціонованого доступу, всі дані повинні бути зашифровані, а доступ до управління системою повинен бути обмежений через автентифікацію користувачів. Наприклад, доступ до мобільного додатку чи веб-інтерфейсу повинен здійснюватися через пароль або систему двоетапної авторизації. Це особливо актуально, якщо систему використовують у комерційних чи великих автоматизованих середовищах, де безпека даних критично важлива.

Зручність використання також є однією з ключових вимог. Інтерфейс мобільного додатку або веб - панелі повинен бути зрозумілим, щоб користувач міг без зусиль налаштувати параметри поливу, змінювати порогові значення вологості ґрунту, переглядати історію роботи системи та отримувати сповіщення у разі несправностей або необхідності втручання. Інформація має бути подана у простому вигляді з чіткими графіками та поясненнями, щоб навіть недосвідчений користувач міг швидко розібратися у функціоналі.

Ще одним важливим фактором є стійкість до зовнішніх впливів. Датчики та електронні компоненти повинні бути захищені від впливу вологи, пилу, сонячного світла та перепадів температури. Це особливо актуально для випадків, коли система

використовується на відкритому повітрі, наприклад, у садах чи теплицях. Герметичність корпусу датчиків, використання спеціальних ізоляційних матеріалів та захист від корозії дозволяють продовжити термін служби обладнання та забезпечити стабільну роботу протягом тривалого часу.

Автоматизація обслуговування та наявність функції самодіагностики дозволяють системі самостійно перевіряти стан датчиків, контролювати рівень води в резервуарі та виявляти потенційні несправності. У разі виявлення проблем користувач отримує повідомлення з детальною інформацією та пропозиціями щодо усунення несправності. Це значно зменшує потребу у ручному втручанні та дозволяє уникнути раптових відмов у роботі.

Підсумовуючи, нефункціональні вимоги забезпечують високу якість роботи системи автоматичного поливу рослин, її зручність для користувача та довговічність. Врахування всіх цих аспектів дозволяє створити надійну, ефективну та сучасну систему, яка не лише автоматизує догляд за рослинами, а й легко інтегрується у ширші екосистеми «Розумного будинку», забезпечуючи комфорт і ефективне використання ресурсів.

## 2.5 Принцип роботи системи для автоматизованого поливу рослин на базі Arduino

Система автоматичного зрошення рослин, що базується на Arduino IoT, функціонує на основі збору даних про стан ґрунту й навколишнього середовища, їхнього аналізу та автоматичного контролю за подачею води. Вона включає кілька основних складових: датчики вологості ґрунту, температури та вологості повітря, контролер Arduino, електромагнітний клапан або насос для подачі води, а також програмне забезпечення, що обробляє отримані дані й приймає рішення щодо поливу.

Робочий процес системи починається з вимірювання параметрів ґрунту та повітря. Датчики вологості ґрунту надсилають дані на контролер, який аналізує

					КвРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівень вологості й зіставляє його з визначеними пороговими значеннями. Якщо рівень вологості опускається нижче встановленого мінімуму, система активує механізм поливу, відкриваючи клапан або вмикаючи насос, що подає воду до рослин. Досягнувши необхідного рівня вологості, система автоматично припиняє подачу води, запобігаючи її надмірному використанню.

Додатково система може враховувати температуру та вологість повітря, щоб регулювати частоту й обсяг поливу залежно від погодних умов. Наприклад, у спекотні дні випаровування води відбувається швидше, тому система здатна збільшити частоту поливу, а в прохолодну або вологу погоду — навпаки, зменшити її.

Arduino IoT дозволяє інтегрувати систему з хмарними сервісами, що дає змогу користувачеві керувати нею дистанційно через мобільний додаток або веб-інтерфейс. Користувач може змінювати робочі параметри, переглядати історію вимірювань, а також отримувати сповіщення про стан датчиків або рівень води в резервуарі.

Завдяки такій інтеграції система стає максимально зручною для користувача, адже не потребує постійної фізичної присутності чи контролю. Управління відбувається в будь-який час і з будь-якого місця, де є доступ до інтернету.

Система автоматичного поливу на базі Arduino IoT є ефективним та зручним рішенням для догляду за рослинами. Вона допомагає зменшити витрати води, оптимізувати процес поливу та забезпечити стабільний догляд без потреби постійного втручання користувача. Це робить її ідеальним вибором для розумного дому або невеликих теплиць.

Принцип роботи системи для автоматизованого поливу рослин на базі Arduino представлений у таблиці 2.3, де детально описані основні етапи функціонування та взаємодії компонентів. Це дозволяє краще розуміти логіку роботи та налаштовувати систему під конкретні потреби.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Алгоритм роботи системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino IoT.

Етап	Опис процесу
Ініціалізація системи	Завантаження програмного забезпечення, перевірка датчиків, підключення до IoT - платформи.
Збір даних	Зчитування показників вологості ґрунту, температури та вологості повітря, перевірка рівня води в резервуарі.
Обробка даних	Значеннями, визначення потреби поливу, коригування параметрів.
Прийняття рішення	Якщо ґрунт сухий – активувати полив, якщо волога достатня – зупинити процес, якщо є несправність – сповістити користувача.
Полив рослин	Відкриття клапана або запуск насоса, контроль витрат води, моніторинг рівня вологості в процесі поливу.
Завершення циклу	Вимкнення насоса або закриття клапана, збереження історії вимірювань, очікування наступного циклу.
Керування через IoT	Надсилання звітів користувачеві, можливість зміни налаштувань дистанційно, автоматичне оновлення програмного забезпечення.

Система автоматичного поливу рослин, створена на базі Arduino IoT, функціонує легко та інтуїтивно. Вона самостійно здійснює вимірювання вологості ґрунту та визначає необхідність поливу. У випадку сухого ґрунту, система активує насос або відкриває клапан для подачі води. Після досягнення оптимального рівня вологості полив автоматично припиняється.

Датчики постійно транслюють інформацію на контролер, який аналізує ці дані та приймає рішення щодо поливу. Окрім рівня вологості ґрунту, система

здатна враховувати параметри температури та вологості повітря. Це важливо для забезпечення більш точної регуляції процесу, особливо в періоди спеки або дощів.

Перевага Arduino IoT полягає в можливості віддаленого керування поливом через смартфон або комп'ютер. Користувач має можливість змінювати параметри, переглядати історію показників та отримувати сповіщення про стан датчиків або рівень води в системі.

Ця система сприяє економії води, спрощує догляд за рослинами та позбавляє від занепокоєння щодо пересихання або надмірного зволоження. Вона автоматично забезпечує нагляд, роблячи догляд за рослинами зручнішим та результативнішим.

## 2.6 Висновки до другого розділу

Автоматизована система поливу рослин на основі Arduino є практичним рішенням для догляду за зеленими насадженнями, яке не потребує великих зусиль. Її функціонування таке: сенсори відслідковують вологість ґрунту, і у випадку, коли він сухий, Arduino ініціює команду на ввімкнення насоса для поливу. Коли вологість досягає необхідного рівня, полив автоматично припиняється.

Основний плюс цієї системи – її незалежність. Вона здатна функціонувати самостійно, без постійного контролю з боку людини. Водночас, користувач має можливість керувати системою дистанційно, використовуючи мобільний додаток або веб - інтерфейс. Скажімо, можна коригувати пороговий рівень вологості, при якому запускається полив.

При розробці системи критично важливо забезпечити швидку реакцію на зміни у стані ґрунту, низьке енергоспоживання, стійкість до високих температур, вологи та пилу, а також безпечне передавання даних.

Вибір Arduino зумовлений її простотою у використанні, доступною вартістю комплектуючих та легкістю підключення до мережі Інтернет. Систему можна інтегрувати в концепцію "розумного дому", і вона реально сприяє економії води та часу. До того ж, її легко адаптувати до індивідуальних потреб.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПОЛИВУ РОСЛИН НА БАЗІ ARDUINO

#### 3.1 Вибір методів та середовища для реалізації програмного забезпечення

Розглянемо принципи роботи станів системи автоматичного поливу на базі Arduino. Це необхідно для того аби описати котретну логіку роботи наявного пристрою. Також структуровання коду по станах допоможе спростити розробку та відлагодження. Буде надана можливість легко додавати або змінювати функціолнальність (наприклад, можна додати стан зупининня програми в аварійній ситуації). Також це дозволить локалізувати помилки, у випадку якщо, щось не працює, можна чітко зрозуміти на якому етапі програма працює некоректно.

Також такий опис станій, дозволяє полегшити масштабування проєкту в майбутньому. До прикладу, для покращення проєкту можливо потрібно буде підключити якісь додаткові датчики, наприклад датчики освітлення чи температури, наявність структури станів забезпечує умови для простого та безпечного покращення продукту, включаючи реалізацію віддаленого керування чи навіть інтегрування проєкту в Smart Home.

В додатку до цього, таке структурування станів робить поведінку система більш передбачуваною. Це дозволяє зменшити ризик помилок користувача, а також допомагає уникнути конфліктів, скажімо, щоб насос не працював без потреби. Більше того, опис станів набагато полегшує документування та презентацію проєкту, адже у процесі використовуються блок-схеми станів, опис переходів, таблицю умов спрацювання тощо, саме це надає змогу зрозуміти процес будування та створення коду, так як працює система без глибокого вивчення коду.

На рисунку 3.1 представлено схему станів пристрою системи автоматичного поливу, реалізованої на мікроконтролері Arduino.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

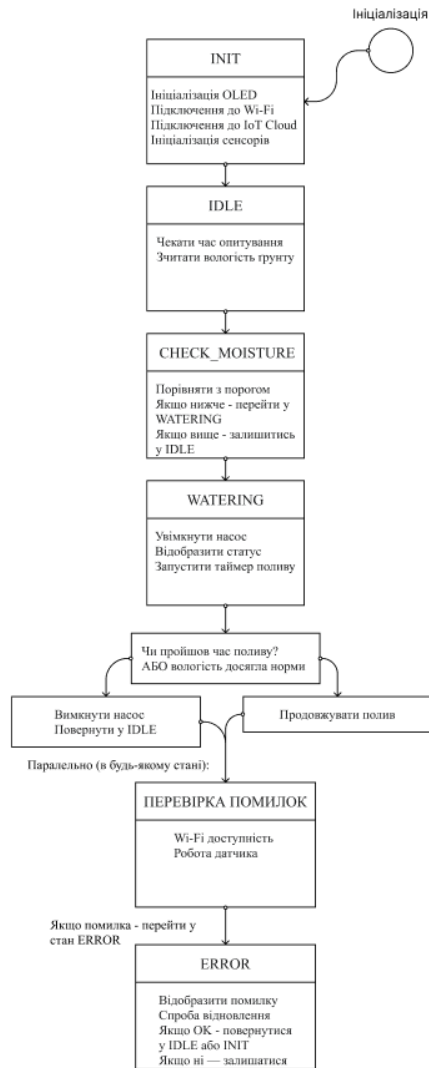


Рисунок 3.1 – Схема станів пристроїв системи

На рисунку 3.1 представлено схему станів пристрою системи автоматичного поливу, реалізованої на мікроконтролері Arduino Nano 33. Розглянемо детальніше кожен із станів.

Після увімкнення живлення пристрій переходить у стан INIT (ініціалізація). У цьому стані відбувається налаштування пінів для датчика вологості, реле та OLED-дисплея (якщо він використовується). Також з пам'яті EEPROM (або SPIFFS) зчитуються збережені параметри Wi-Fi мережі, після чого запускається процес підключення до Wi-Fi.

У разі невдалого підключення протягом певного часу (наприклад, 15 секунд) пристрій переходить у режим точки доступу (AP), дозволяючи користувачу

підключитися до нього для налаштування параметрів мережі через веб-сторінку (Captive Portal з використанням бібліотеки WiFiManager).

Після того, як пристрій успішно підключається до Wi-Fi, він переходить у стан CONNECTED. У цьому стані він починає слухати UPnP-запити, якщо ця функція в ньому є. Це потрібно, щоб приймати команди з мережі — наприклад, від телефону чи іншого контролера. Одночасно пристрій готується до основної роботи: він буде регулярно зчитувати дані з датчика вологості, аналізувати їх і вмикати або вимикати реле для поливу. Тобто в цьому стані система вже готова працювати і виконувати всі свої завдання.

Таблиця 3.1 – Основні стани циклу системи автоматичного поливу

Стан	Опис	Умови переходу
IDLE	Пристрій очікує наступного циклу перевірки вологості. Таймер встановлює інтервал, наприклад, 30 хвилин.	Після спливу таймера відбувається перехід до стану CHECK_MOISTURE.
CHECK_MOISTURE	Пристрій зчитує аналогове значення з датчика вологості ґрунту.	Якщо рівень вологості нижчий за поріг (наприклад, 400), система переходить у стан WATERING, інакше повертається до IDLE.
WATERING	Пристрій активує реле для вмикання насоса. Полив триває, поки волога не досягне заданого рівня або не спливе таймер.	Після завершення поливу насос вимикається, система повертається у стан IDLE.

Після підключення до мережі пристрій може працювати з UPnP-подібною взаємодією. Для цього він використовує HTTP-сервер, наприклад, ESP8266WebServer або ESPAsyncWebServer, який приймає та обробляє REST-запити. Це дозволяє керувати пристроєм через мережу простими командами.

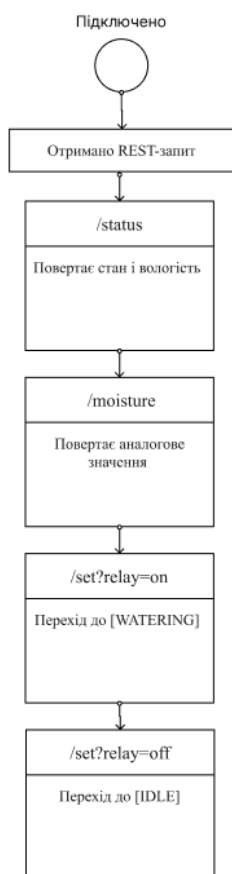


Рисунок 3.2 – Алгоритм обробки REST-запитів і зовнішнього управління

Таблиця 3.2 – REST-запити для взаємодії з системою автоматичного поливу

Метод	Призначення
/status	Повертає поточний рівень вологості і стан реле.
/set?relay=on	Вмикає насос.
/set?relay=off	Вимикає насос.
/moisture	Повертає аналогове значення вологості.

У системі автоматичного поливу можна реалізувати надсилання повідомлень про важливі події, подібно до механізму підписки в UPnP. Наприклад, за допомогою WebSocket-з'єднання або Telegram-бота користувач може миттєво отримувати повідомлення про те, що увімкнувся насос, коли рівень вологості ґрунту став надто низьким, або ж якщо виникла проблема з підключенням до Wi-Fi. Це дозволяє оперативно реагувати на події без необхідності постійно перевіряти стан системи вручну.

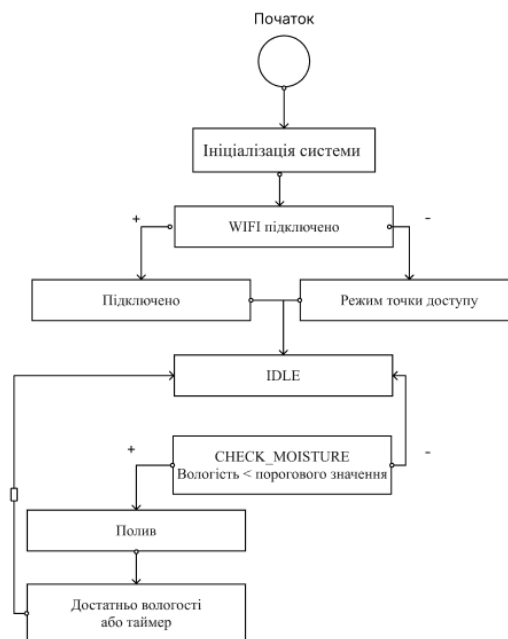


Рисунок 3.3 – Алгоритм основного циклу роботи системи після запуску

Таблиця 3.2 – REST-запити для взаємодії з системою та переходів між станами.

Стан	Умова переходу
INIT → CONNECTED	Успішне Wi-Fi з'єднання
INIT → AP	Wi-Fi не підключився за N секунд
CONNECTED → IDLE	Все готово
IDLE → CHECK_MOISTURE	Минув інтервал таймера
CHECK_MOISTURE → WATERING	Вологість < порогового значення
WATERING → IDLE	Досягнуто часу або достатньої вологості

У таблиці 3.2 наведено основні запити, які можна надсилати на пристрій для керування автоматичним поливом. Кожен із цих запитів виконує конкретну дію і водночас може викликати зміну стану системи. Наприклад, коли надходить запит /set?relay=on, пристрій переходить у стан поливу (WATERING)-насос вмикається і починає подавати воду. Якщо ж прийде запит /set?relay=off, система завершує полив і повертається у стан очікування (IDLE). Запит /status дозволяє дізнатися поточний стан пристрою та рівень вологості, а /moisture просто повертає сире аналогове значення з датчика, яке використовується для прийняття рішення про перехід у стан поливу. Таким чином, ці запити є зручним інструментом як для ручного керування, так і для інтеграції з мобільним додатком або іншими сервісами.

### 3.2 Архітектура системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino

Архітектура програмного забезпечення-це спроектована структура додатку, яка описує, як компоненти інтерфейсу взаємодіють із внутрішніми процесами програми. Простими словами, це метод організації, що визначає функції кожної частини системи та способи їхньої взаємодії між собою [44].

Основні частини такої системи -це те, що дозволяє їй працювати злагоджено і зрозуміло для користувача. По-перше, це датчик вологості ґрунту -він “відчуває”, наскільки земля волога. Потім є мікроконтролер -своєрідний “мозок” системи, який отримує дані від датчика і приймає рішення, коли треба вмикати полив.

Для більш зручного контролю часто використовують хмарні сервіси, де можна дивитися дані про вологість і керувати поливом зі смартфона чи комп’ютера. І нарешті, на самому пристрої часто є невеликий дисплей, де можна швидко побачити статус і показники без додаткових гаджетів.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Опис основних складових архітектури IoT-системи автоматичного поливу:

Складова системи	Призначення
Датчик вологості ґрунту	Вимірює рівень вологості ґрунту, передає аналогові значення мікроконтролеру (резистивний або ємнісний)
Мікроконтролер (Arduino/ESP32)	Зчитує дані з датчика, аналізує їх і керує реле для увімкнення/вимкнення насоса
Реле та насос	Реле виконує роль комутатора живлення насоса, який здійснює полив
Wi-Fi модуль	Забезпечує підключення до Інтернету для віддаленого моніторингу та керування через веб або мобільний додаток
Платформа IoT (Arduino IoT Cloud)	Хмарний сервіс для зберігання даних, контролю рівня вологості та управління налаштуваннями поливу
Локальний дисплей (OLED/LCD)	Відображає поточний стан вологості та статус насоса для оперативного контролю системи на місці

Наведений опис у таблиці основних складових архітектури системи автоматичного поливу на базі IoT може бути використаний як основа для створення схеми архітектури системи автоматичного поливу, що представлена на рисунку 3.4. У цій схемі відображено взаємозв'язки між основними компонентами системи, зокрема сенсорами вологості ґрунту, мікроконтролером, модулем бездротового зв'язку, хмарним сервером для обробки даних, а також мобільним додатком, через який користувач може керувати системою та переглядати інформацію в реальному часі. Такий підхід дозволяє чітко уявити логіку функціонування системи, її структуру та принципи взаємодії між апаратними і програмними елементами.

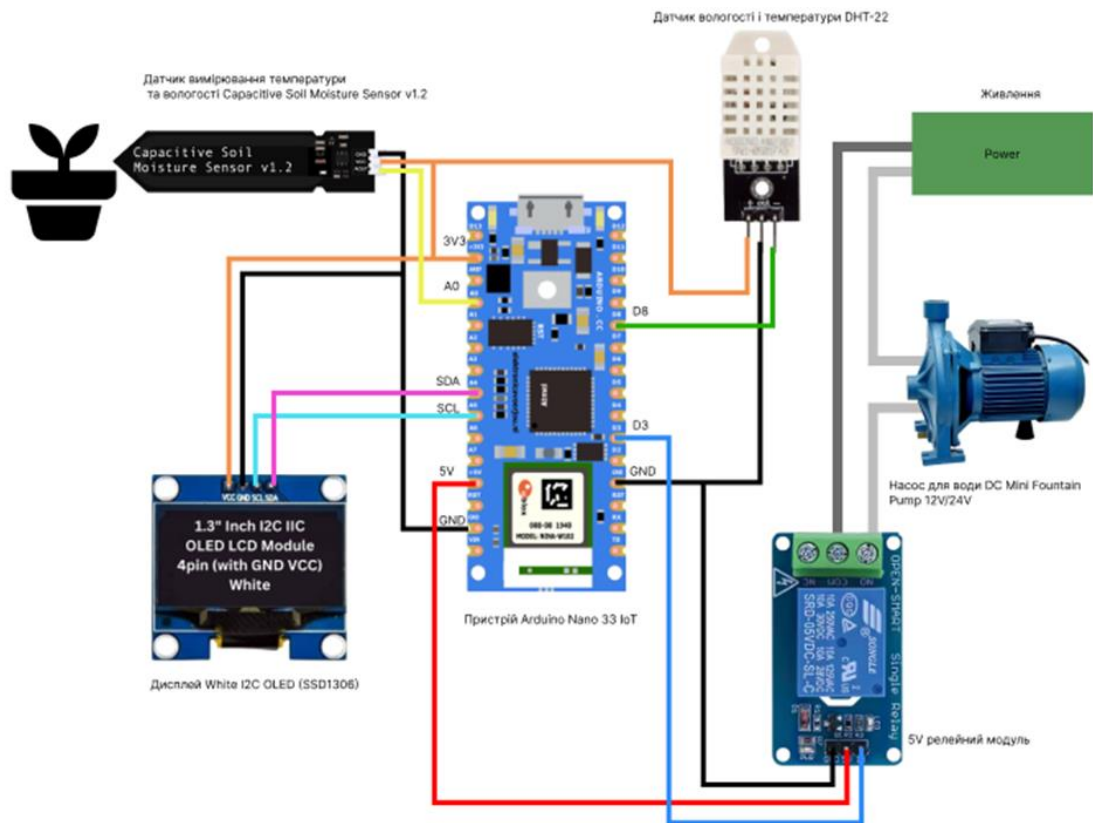


Рисунок 3.4 – Схеми архітектури системи автоматичного поливу

На рисунку 3.4 показано просту і зручну систему автоматичного поливу на базі Arduino Nano 33 IoT. Вона сама визначає, коли рослинам потрібно поливатися, і вмикає насос без участі людини. Основою цієї системи є мікроконтролер Arduino. До нього підключено сенсор вологості ґрунту (Capacitive Soil Moisture Sensor), який вставляється в землю і міряє, наскільки вона суха або волога. Якщо земля пересихає, контролер це помічає і реагує. Є ще один датчик-DHT-22, який вимірює температуру і вологість повітря. Він допомагає краще зрозуміти погодні умови, щоб система працювала розумніше. Інформація з сенсорів виводиться на невеликий OLED-дисплей. Там можна побачити, наскільки волога земля, яка температура і яка вологість у повітрі.

Коли земля суха, Arduino подає сигнал на реле, яке вмикає водяний насос. Насос починає качати воду і поливати рослини. Коли земля достатньо зволожиться, система сама вмикає насос. Живиться все це або від USB, або від зовнішнього

джерела. Ця система зручн тим, що працює самостійно. Якщо додати Wi-Fi або з'єднати з мобільним додатком, можна ще й керувати поливом через телефон або просто стежити за станом рослин дистанційно. Проста, розумна і дуже корисна штука, особливо якщо часто забуваєш поливати квіти або маєш теплицю.

### 3.3 Інтерфейс користувача системи автоматизованого поливу рослин на базі Arduino

Інтерфейс користувача в системі автоматичного поливу-це, те, як людина може взаємодіяти з пристроєм. Інтерфейс користувача дозволить легко працювати з такою системою. Без розробки інтерфейсу користувачу довелося б кожного разу підключати кабель, відкривати Arduino IDE і дивитися, що там відбувається. А це не зручно ні в повсякденному використанні, ні тим більше для людей, які не мають технічного досвіду.

Завдяки інтерфейсу все набагато простіше. Користувач одразу бачить, що відбувається з пристроєм: яка зараз вологість ґрунту, чи увімкнений насос, чи підключена система до Wi-Fi. Якщо щось не так-наприклад, занадто сухо або зник зв'язок-система може повідомити про це. І зробити це не через якісь складні журнали подій, а через прості повідомлення в Telegram або прямо у вебінтерфейсі.

Також інтерфейс дозволяє не лише дивитися, але й керувати: можна вручну включити полив. Усе це можна зробити зі смартфона, не торкаючись самої плати Arduino.

Створення інтерфейсу варто почати із аналізу з визначення цілей та задач, які є основними для користувача. Варто задати питання, що має бачити і робити користувач. Додаток повинен включати перегляд вологості ґрунту в реальному часі, ручний полив, перевірку статистики та історію поливів та доступ до особистого профілю користувача.

Для реалізації інтерфейсу спершу потрібно проаналізувати референси та схожі додатки конкурентів, аби зрозуміти приблизний вигляд елементів, які будуть

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основними у майбутньому додатку. Аби спростити роботу при створенні уже самого інтерфейсу, почнімо створення wireframe. Wireframe – це такий «сирий» варіант дизайну, чи схема майбутнього інтерфейсу, яка відображає приблизне розташування усіх елементів на екрані. Зазвичай, вайрфрейми створюють без зайвих деталей, кольорів чи шрифтів.

Для полегшення роботи при створенні вайрфрейму, можна скористатися уже готовими шаблонами із Figma Community [40]. Figma Community – це відкрите середовище, всередині платформи Figma, де дизайнери та розробники можуть публікувати свої роботи, ділитися корисними файлами та напрацюваннями, знаходити корисні ресурси та копіювати їх тощо. Середовище має як і безкоштовні так і платні ресурси, та є досить гнучким та вільним у використанні. Саме для створення вайрфрейму, було використано один з таких ресурсів Wireframe Kit [41].

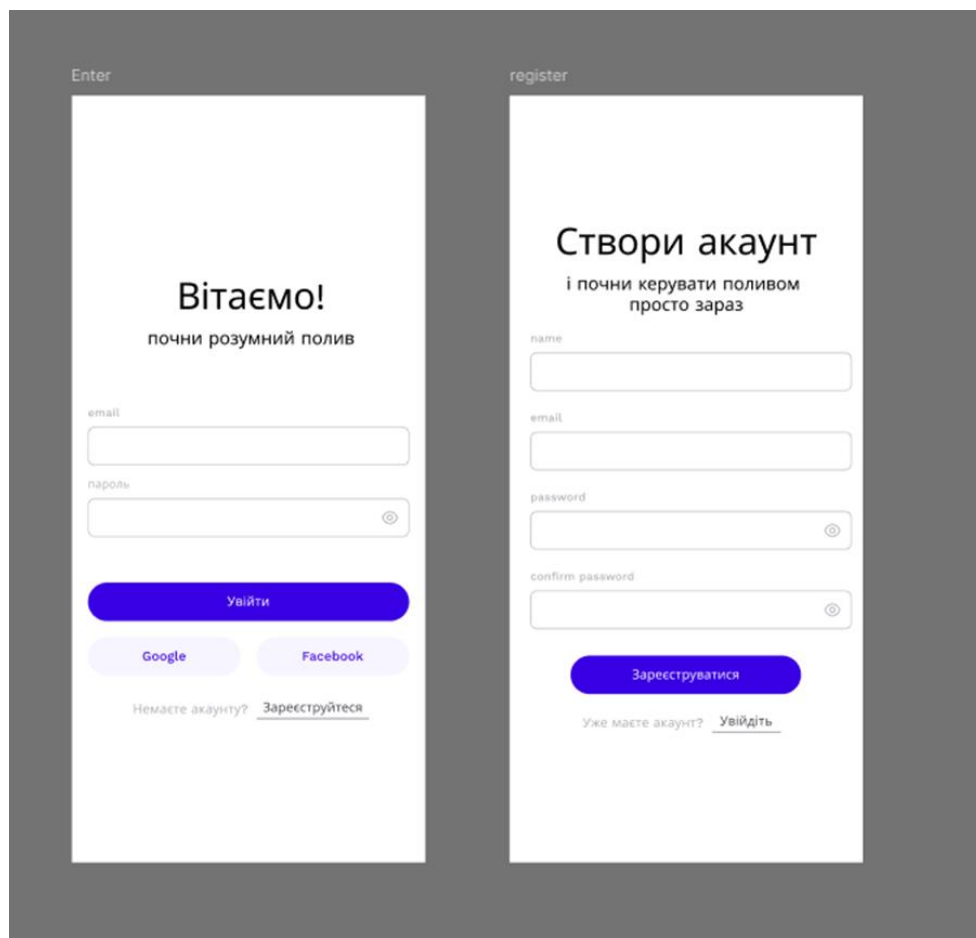


Рисунок 3.5 – Вигляд екранів входу та реєстрації.

Створення інтерфейсу було почато із проектування екранів входу та реєстрації. Такі екрани обов'язково мають включати, який привітальний текст, поля для вводу даних (логін чи пошта та пароль для входу, та інпути, які потребують більш детальної інформації користувача для реєстрації). Також було додано кнопки підтвердження та входу та реєстрації через Google та Facebook.

Наступними було створено схеми для домашнього екрану та статистики. На екрані домашньої сторінки має відображатися актуальний відсоток вологості, відсоток вологості повітря та кнопка ручного поливу. Та для екрану зі статистикою, звісно сама статистика та релевантні відсотки вологості повітря та температури.

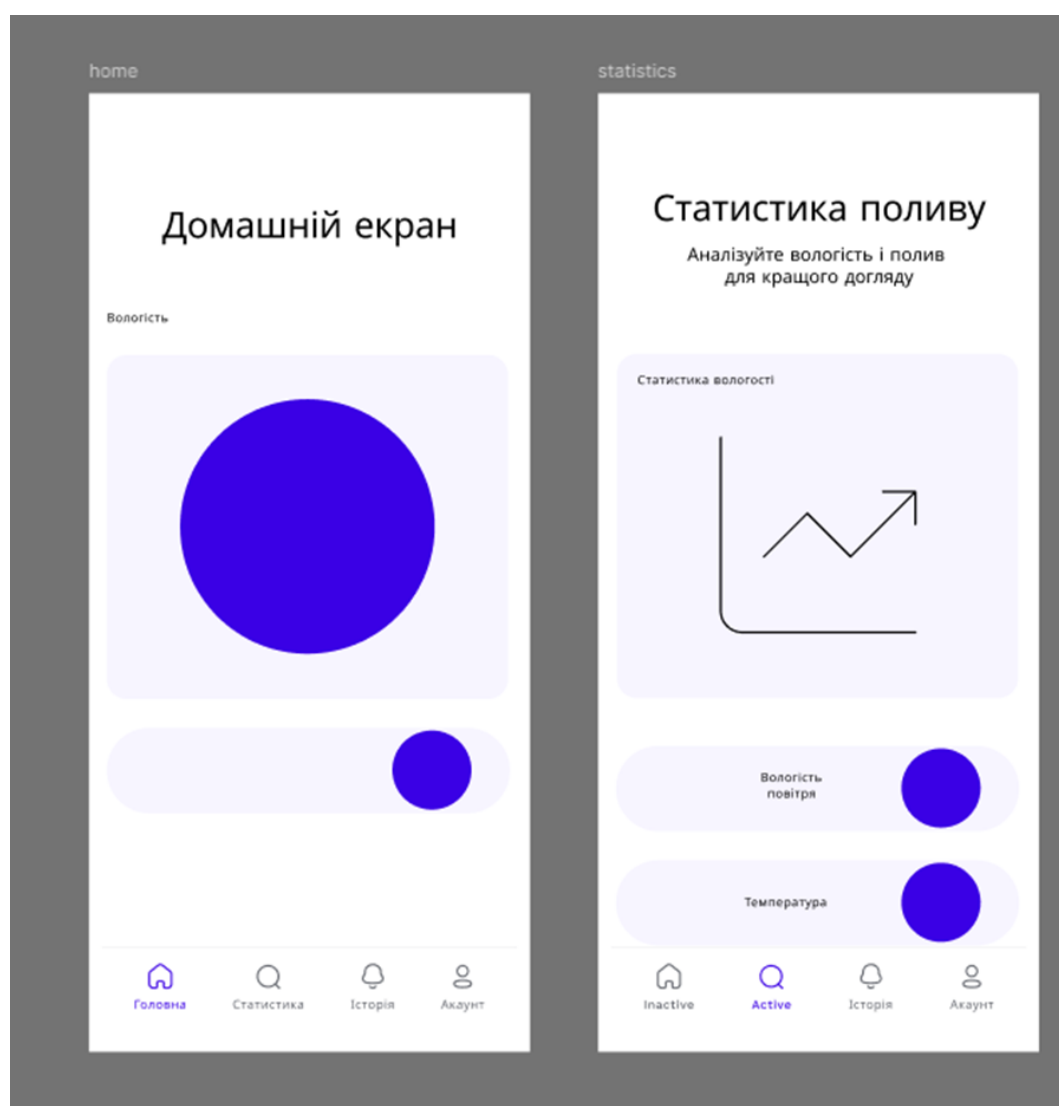


Рисунок 3.6 – Вигляд екранів домашньої сторінки та статистики.

Останнім кроком було створено екрани з історією поливу та особистим профілем. В історії поливів ми можемо побачити текстбокси з виведеними даними історії поливів. Для екрану з особистими даними було додано коло для особистого фото, деяка персональна інформація та можливість її змінити, а також деякий перелік кнопок та кнопка вийти.

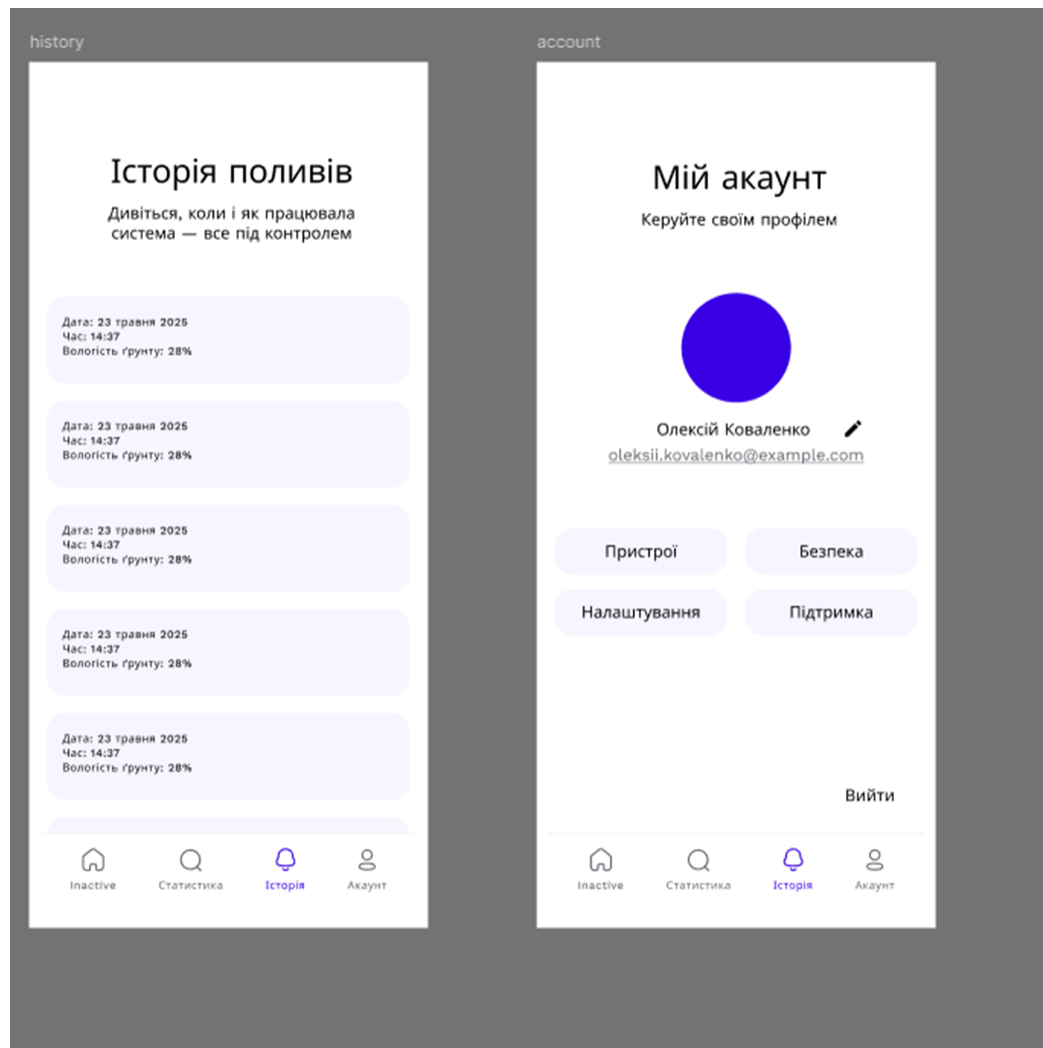


Рисунок 3.7 – Вигляд екранів з історією поливів та профілем користувача.

Наступним етапом є підбір шрифтів та кольорів. Було вирішено використати саме один шрифт E-Ukraine [42], а не шрифтову пару. По-перше, шрифт E-Ukraine має досить великий перелік нарисів, що надає змогу не використовувати додаткові шрифти. По-друге, додаток включає певну кількість важливої інформації, тож використання якихось додаткових декоративних шрифтів створювало б зайвий

шум та відволікало б користувача від важливих даних. По-третє, використання одного добре підбраного шрифту надає веб-застосунку стилю, а також сучасного та мінімалістичного вигляду, що відповідає принципам UI/UX і типографіки. Останнє, але не менш важливе, це економія ресурсів. Тобто, у веб-і буде використовуватись менше запитів та завантажень, що означає швидке завантаження сторінок та краща продуктивність.

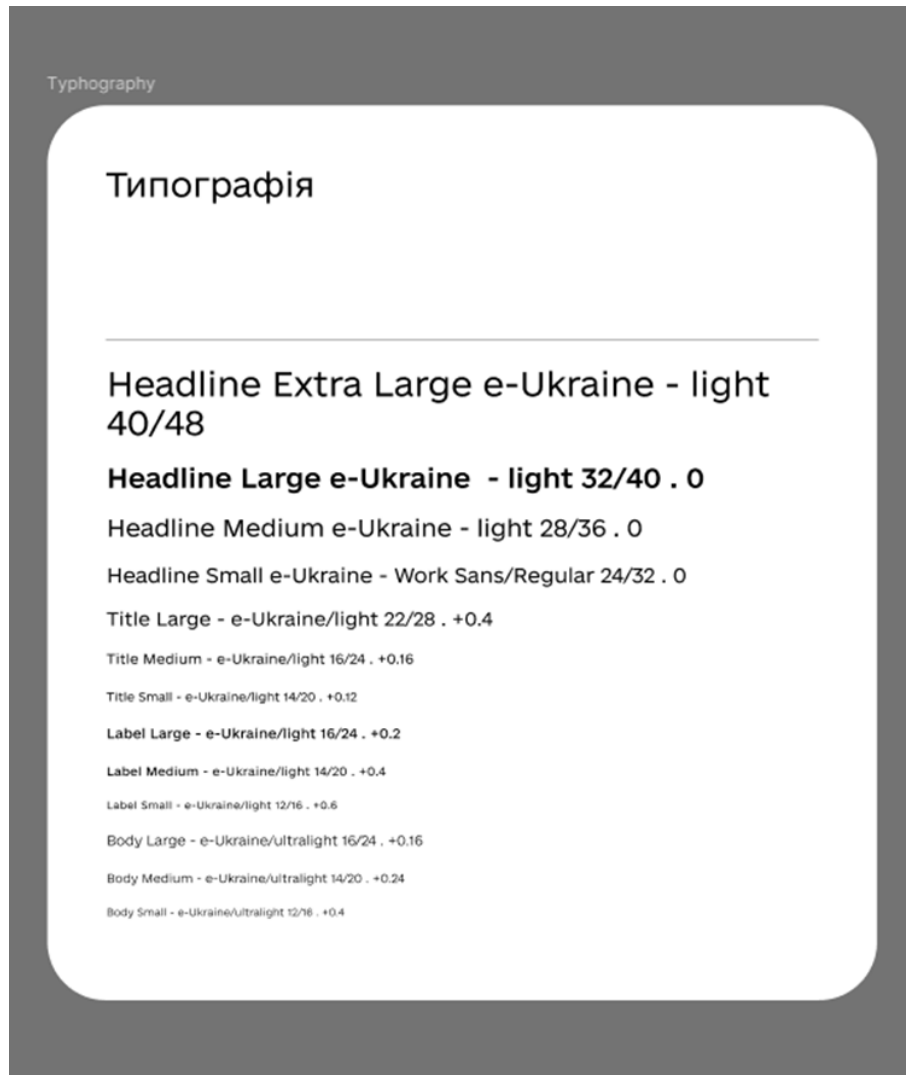


Рисунок 3.8 – Оформлення розмірів та нарисів шрифту

Далі було підбрано палітру кольорів. За основні кольори було обрано білий #FFFFFF та відтінок темно сірого #18191A. Було вирішено не використовувати відтінок чисто чорного кольору, так як на фоні білого це би створювало досить високий контраст. Також як акцентний колір було використано яскраво блакитний

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#018ABE, а також як додаткові кольори світло сірий #F0F0F0 та світло блакитний #C8DFEF. На рисунку 3.7 зображено усі відтінки кольорів. Логічно було використати саме блакитні відтінки так як вони у нас асоціюються з водою, тобто це ключова аналогія до системи автоматичного поливу. Як основний колір було обрано білий так як в поєднанні з яскраво блакитним утворюється приємний та неперенасичений контраст, який забезпечує зручну навігацію та не розсіює увагу користувача, а виділяє саме ті об'єкти на які потрібно подивитися спершу.

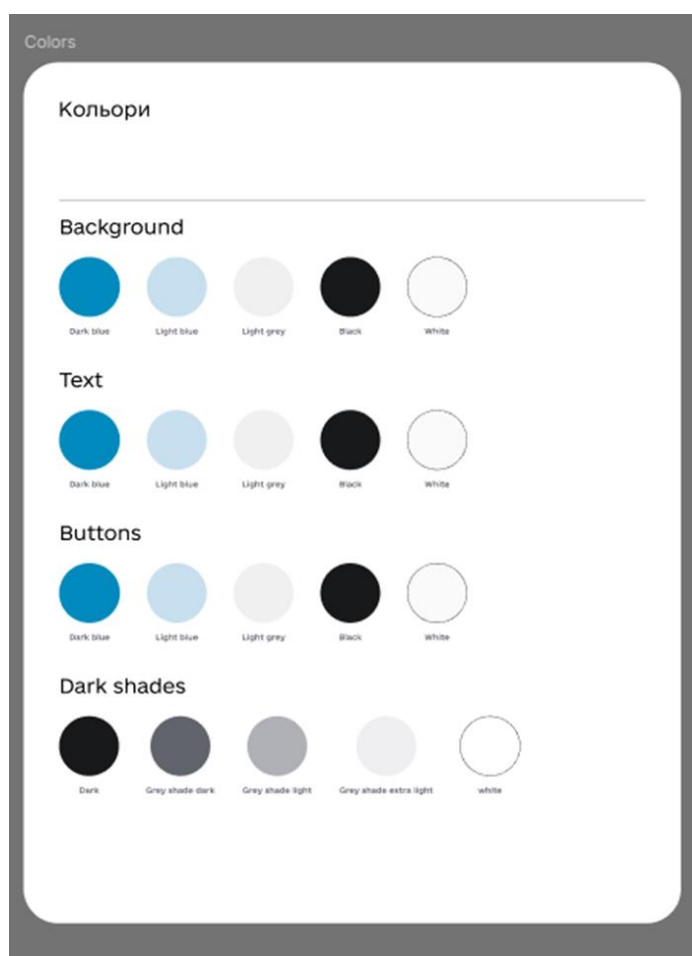


Рисунок 3.9 – Зображення палітри кольорів для інтерфейсу.

Спершу було спроектовано екрани завантаження, було обрано варіант білого фону, на якому, по центру було розташовано коло, яке б наповнювалося водою. Для реалізації анімованого екрану завантаження, було використано декілька екранів, на першому з яких було розміщено фігури у формі хвиль, та розташовані певним

чином, далі фігури було зміщено, також ці хвилі повинні заповнити коло. Наступний екран це повністю заповнений екран градієнтом, після якого користувача уже буде перенесено на екран входу.



Рисунок 3.10 – Вигляд екранів завантаження.

Наступним етапом є розробка onboarding-екранів, що є важливим кроком для забезпечення простого та інтуїтивного початку роботи користувача з сервісом. Реалізація сторінок входу та реєстрації починається зі створення функціональних елементів інтерфейсу. Зокрема, розробляються поля вводу, які підтримують декілька станів: звичайний, активний (підсвічується зеленим) та помилковий (підсвічується червоним). Активний стан вказує на те, що користувач наразі вводить дані у відповідне поле, а червоний колір сигналізує про некоректно введену інформацію або неправильний пароль.

Для зручного переміщення користувача між екранами була створена панель меню. Спочатку було визначено набір основних екранів сервісу – «Головна»,

«Статистика», «Історія» та «Профіль». Для них було підібрано відповідні іконки, які пізніше об'єднали у компоненти зі станами Active та Inactive. Це було необхідно для реалізації анімації меню.

Далі створили фон для панелі меню у світло-сірому кольорі, щоб він мінімально виділявся на білому фоні. На прямокутнику розташували іконки у стані Inactive. Щоб користувач чітко розумів, на якому екрані він знаходиться, було вирішено виділити поточний пункт меню. Для цього над іконкою з'являється фігура у формі краплі – символ поливу. На цій краплі розміщується іконка сторінки у стані Active, що яскраво виділяється на фоні. Краплю трохи підняли над панеллю, а під нею додали текст, підсвічений акцентним кольором.

Після цього було розпочато роботу над екранами реєстрації та входу. На екранах онбордингу розміщено тексти та заклики до дії, поля для вводу користувацьких даних, а також кнопки «Зареєструватися» і «Увійти». Додатково було передбачено кнопки для авторизації через сторонні сервіси, щоб зробити процес максимально простим і зручним.

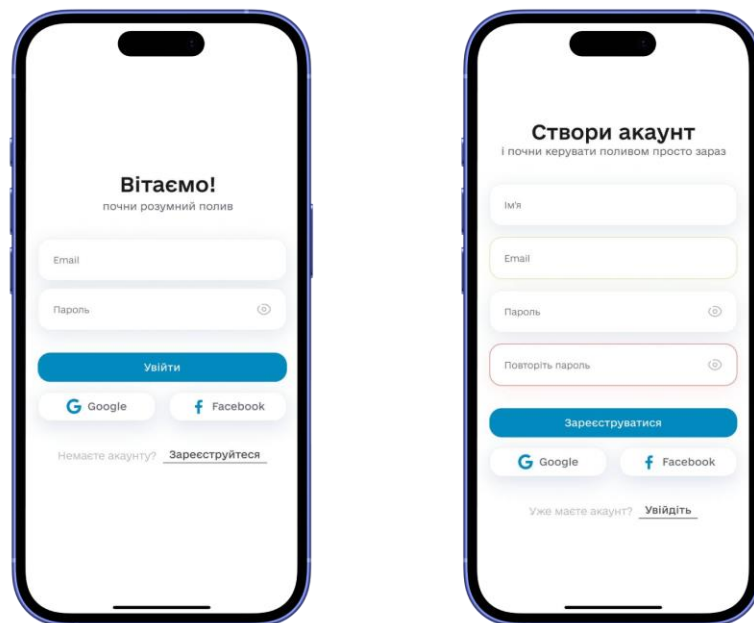


Рисунок 3.11 – Вигляд екранів для входу та реєстрації.



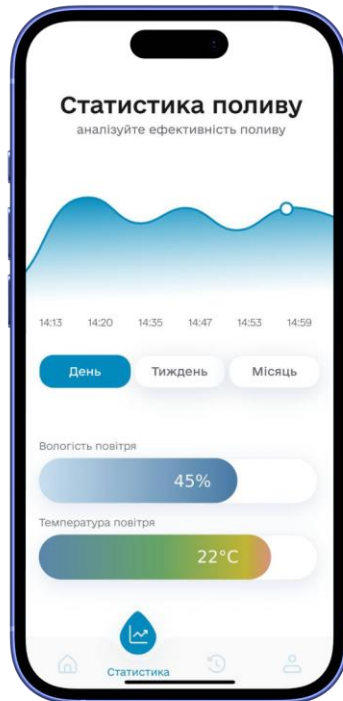


Рисунок 3.13 – Зображення екрану зі статистикою.

Далі було спроектовано екран з історією поливів. На ньому розміщено заголовок та підзаголовок, які інформують користувача про призначення сторінки. Основну частину інтерфейсу складають прямокутні інформаційні блоки, кожен з яких містить дані про дату та час поливу, рівень вологості ґрунту перед увімкненням системи, а також тривалість самого поливу. Для зручності перегляду передбачено можливість вибору діапазону дат за допомогою інтерактивного календаря – це дозволяє фільтрувати записи за певний період. Завдяки зрозумілій структурі та мінімалістичному дизайну, інтерфейс забезпечує швидкий доступ до всієї необхідної інформації.

Реалізація сторінки профілю користувача відбувалась у такому порядку. Спершу було розміщено текстовий блок із заголовком сторінки, нижче – placeholder для потенційного фото користувача, що в подальшому може бути замінене на завантажене зображення. Під зображенням розміщуються поля з іменем користувача та його електронною поштою – це дає змогу ідентифікувати обліковий запис. У нижній частині сторінки розміщені кнопки для виконання додаткових дій, таких як редагування профілю, зміна пароля або вихід із системи.

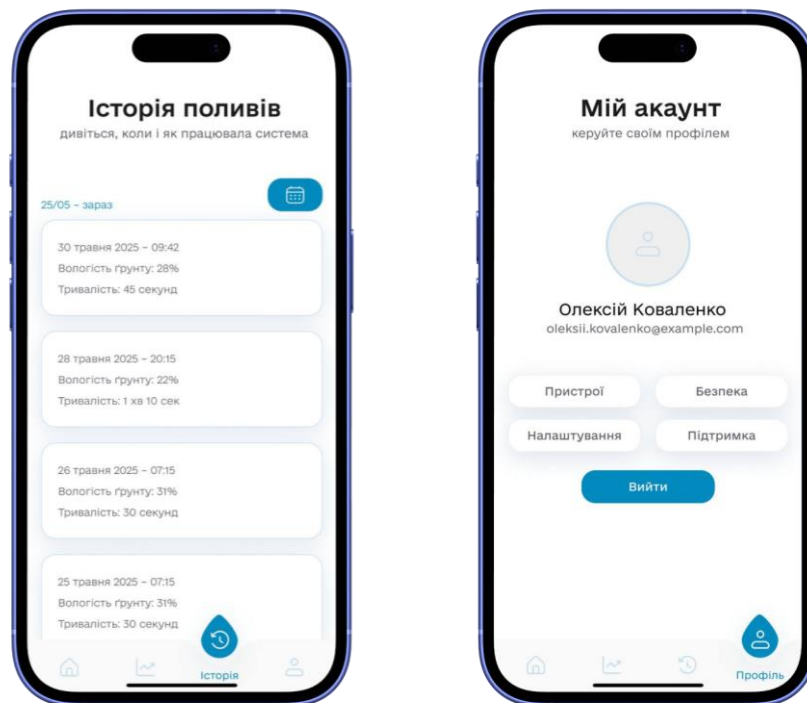


Рисунок 3.14 – Зображення екранів історії поливу та особистого профілю.

### 3.4 Висновки до третього розділу

У цьому розділі було реалізовано систему автоматичного поливу на базі Arduino. Було розроблено як апаратну, так і програмну частину та робочу модель,

яку вже можна застосовувати в реальних умовах. Наприклад, для догляду за кімнатними рослинами або на невеликій грядці.

Основна логіка системи базується на машині станів-це дозволяє чітко визначати, що і в який момент має відбуватись: перевірка вологості, включення чи вимикання насоса, очікування сигналів ззовні. Такий підхід допомагає краще контролювати всі етапи роботи пристрою та спрощує майбутні доповнення до функціоналу.

Сама система складається з вологостного сенсора, насоса, реле, Wi-Fi модуля, OLED-дисплея та контролера. Всі ці елементи об'єднано в одну логічну схему, яка реагує на зміни у середовищі та передає дані користувачу.

Крім того, був створений інтерфейсу. Інтерфейс показує поточний стан системи, вологість ґрунту, а також дає змогу вручну запускати або зупиняти полив. Веб-сервіс є простий і зручний-ним легко зможе користуватись навіть той, хто не розбирається в техніці.

Підсумовуючи, було створено повноцінний прототип системи, яка полегшить процес догляду за рослинами. Система також є досить гнучкою, та доступною для майбутніх покращень та додаткових функцій. Наприклад, можна додати додаткові опції для керування з мобільного телефону, або зробити полив для кількох різних зон.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи було успішно реалізовано повноцінну систему автоматичного поливу рослин на базі Arduino, яка здатна функціонувати автономно і забезпечити стабільний догляд за рослинами без участі людини. Система може бути використана та впроваджена в побуті або на невеликих земельних ділянках.

На початковому етапі було чітко сформульовано проблему-ручний полив рослин забирає багато часу, потребує постійного контролю і не завжди ефективний. Особливо це відчутно в літній період або під час тривалих від'їздів, коли існує ризик, що рослини просто засохнуть. Метою роботи було створити пристрій, який самостійно визначатиме, коли потрібен полив, і забезпечить його без участі людини. В результаті було розроблено систему, яка контролює рівень вологості ґрунту, включає насос лише при потребі і припиняє полив, коли досягнуто заданих параметрів. Усе це дозволяє не лише підтримувати стабільний стан рослин, а й уникати зайвого витрачання води.

Одним із основних етапів створення-це правильно побудована логіка роботи пристрою. У цій роботі було вирішено використати підхід із машиною станів, що дало змогу чітко розмежувати функції системи, покращити контроль за кожним етапом її роботи і зробити код зрозумілим для майбутнього розширення. Система працює за циклічним принципом: спочатку перевіряється вологість ґрунту, далі приймається рішення про запуск або зупинку насоса, після чого знову запускається перевірка. Такий підхід забезпечує надійність, передбачуваність і простоту обслуговування.

З технічного боку, реалізація базувалася на Arduino як на основному контролері. Було використано вологостний сенсор, модуль реле для керування насосом, OLED-дисплей для виведення інформації, Wi-Fi модуль для зв'язку з інтерфейсом та виводу показників онлайн. Користувач також має можливість бачити поточний стан системи і при потребі втручатись вручну.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більше того, для полегшення контролю та відслідковування роботи системи було прийнято рішення розробити інтерфейс. Його основна мета-зробити систему зрозумілою навіть для людини без технічного досвіду.

Один з найважливіших результатів цієї роботи полягає в тому, що створена система не є закритим продуктом. Вона має величезний потенціал до розвитку. У майбутньому до неї можна додати модулі освітлення, температурні сенсори, систему аналізу погодних умов, автоматичне попередження про несправності, голосове керування або інтеграцію в загальну екосистему «розумного дому». Крім того, можливе розширення на кілька зон поливу, що зробить її придатною не тільки для дому, а й для теплиць, офісів, парників або навіть фермерських господарств. Ще однією перевагою системи є її економічність. Вона споживає мінімальну кількість енергії, використовує доступні комплектуючі та контролює споживання кількості води.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що мета дипломного проєкту була реалізована. Було створено не просто прототип, а систему, яка може бути використана у повсякденному житті. Даний проєкт показує, що техніка може бути корисною та легкою у користуванні. Більше того, полегшувати та мінімізувати людське втручання у рутинні справи.

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. How the history of smart homes. URL: <https://www.afcdud.com/fr/smart-city/422-how-the-history-of-smart-homes> (дата звернення: 03.05.2025).
2. Геронтологія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Геронтологія> (дата звернення: 10.05.2025).
3. Gerontechnology. URL: <https://www.voisefoundation.org/gerontechnology> (дата звернення: 15.05.2025).
4. Over 105 million of smart home installations in North America and Europe in 2021. URL: <https://citrusdev.com.ua/over-105-million-of-smart-home-installations-in-north-america-and-europe-in-2021> (дата звернення: 18.05.2025).
5. A Smart Home System based on Internet of Things (ICUAS), IEEE, 2020. URL: [https://www.researchgate.net/publication/344234112\\_A\\_Smart\\_Home\\_System\\_based\\_on\\_Internet\\_of\\_Things](https://www.researchgate.net/publication/344234112_A_Smart_Home_System_based_on_Internet_of_Things) (дата звернення: 21.05.2025).
6. The Echo IV Home Computer 50 Years Later. URL: <https://computerhistory.org/blog/the-echo-iv-home-computer-50-years-later> (дата звернення: 24.05.2025).
7. Internet of Things. URL: <https://www.ibm.com/think/topics/internet-of-things> (дата звернення: 28.05.2025).
8. IoT Cloud Glossary. URL: <https://www.arm.com/glossary/iot-cloud> (дата звернення: 30.05.2025).
9. What is IoT Cloud Computing? URL: [https://www.hpe.com/emea\\_europe/en/what-is/iot-cloud-computing.html](https://www.hpe.com/emea_europe/en/what-is/iot-cloud-computing.html) (дата звернення: 01.06.2025).
10. GreatCall Lively Mobile Plus. URL: <https://au.pcmag.com/medical-alert-systems/67056/greatcall-lively-mobile-plus> (дата звернення: 02.06.2025).
11. Electrical appliances 1900. URL: <https://sciencephotogallery.com/featured/electrical-appliances-1900-sheila-terry> (дата звернення: 03.06.2025).

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. IBM Watson IoT Platform (огляд та функції). URL: <https://www.ibm.com/docs/en/watson-iot-platform> (дата звернення: 04.06.2025).

13. AWS IoT Core. URL: <https://aws.amazon.com/ru/iot-core> (дата звернення: 05.06.2025).

14. Watson IoT Platform – Certus Solutions. URL: <https://www.certussolutions.com/watson-iot-platform> (дата звернення: 06.06.2025).

15. IBM Cloud Internet of Things. URL: <https://www.ibm.com/cloud/internet-of-things> (дата звернення: 03.05.2025).

16. NFC RFID IoT Knowledge. URL: [https://www.rfidtagworld.com/news/NFC-RFID-IOT-Knowledge\\_5794](https://www.rfidtagworld.com/news/NFC-RFID-IOT-Knowledge_5794) (дата звернення: 05.05.2025).

17. AWS IoT Core FAQ. URL: <https://aws.amazon.com/iot-core/faqs> (дата звернення: 07.05.2025).

18. IoT protocols growing stack. URL: <https://www.mouser.de/applications/IoT-protocols-growing-stack> (дата звернення: 10.05.2025).

19. Arduino Nano 33 IoT. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-iot> (дата звернення: 12.05.2025).

20. Interface Capacitive Soil Moisture Sensor Arduino. URL: <https://how2electronics.com/interface-capacitive-soil-moisture-sensor-arduino> (дата звернення: 14.05.2025).

21. IBM Watson IoT Platform. URL: <https://www.ibm.com/cloud/internet-of-things> (дата звернення: 16.05.2025).

22. AWS IoT Core. URL: <https://aws.amazon.com/iot-core> (дата звернення: 18.05.2025).

23. Oracle Internet of Things (IoT) Cloud Service. URL: <https://docs.oracle.com/en/cloud/paas/iot-cloud/index.html> (дата звернення: 20.05.2025).

24. Google's Internet of Things Solutions. URL: <https://developers.google.com/iot> (дата звернення: 22.05.2025).

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Home Assistant. URL: <https://www.home-assistant.io> (дата звернення: 24.05.2025).
26. OpenHAB. URL: <https://www.openhab.org> (дата звернення: 26.05.2025).
27. Kaa IoT. URL: <https://www.kaaproject.org> (дата звернення: 28.05.2025).
28. Arduino IoT Cloud. URL: <https://create.arduino.cc/iot> (дата звернення: 30.05.2025).
29. Blynk. URL: <https://blynk.io> (дата звернення: 01.06.2025).
30. Raspberry Pi + Node-RED. URL: <https://nodered.org/docs/getting-started/raspberrypi> (дата звернення: 02.06.2025).
31. Firebase. URL: <https://firebase.google.com> (дата звернення: 03.06.2025).
32. ESPHome. URL: <https://esphome.io> (дата звернення: 04.06.2025).
33. ThingsBoard. URL: <https://thingsboard.io> (дата звернення: 05.06.2025).
34. Tasmota. URL: <https://tasmota.github.io/docs> (дата звернення: 06.06.2025).
35. Ubidots. URL: <https://ubidots.com> (дата звернення: 03.05.2025).
36. AWS IoT. URL: <https://aws.amazon.com/iot-core> (дата звернення: 05.05.2025).
37. Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 (Arduino forum). URL: <https://forum.arduino.cc/t/capacitive-soil-moisture-sensor-v1-2> (дата звернення: 07.05.2025).
38. Soil Moisture Meter Components and Functionality. URL: <https://moisturemeter.co/uk/soil-moisture-meter-components-and-functionality> (дата звернення: 10.05.2025).
39. Maximize Water Efficiency. URL: <https://aquatec.ua/useful-information/maximize-water-efficiency> (дата звернення: 12.05.2025).
40. Raspberry Pi Resources. URL: <https://opensource.com/resources/raspberry-pi> (дата звернення: 14.05.2025).
41. Getting Started with Node-RED on Raspberry Pi. URL: <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-node-red-raspberry-pi> (дата звернення: 16.05.2025).

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

42. Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 (Arduino forum). URL: <https://forum.arduino.cc/t/capacitive-soil-moisture-sensor-v1-2> (дата звернення: 18.05.2025).

43. DHT-22 датчик вологості і температури. URL: [https://wiki.tntu.edu.ua/DHT-22\\_датчик\\_вологості\\_і\\_температури](https://wiki.tntu.edu.ua/DHT-22_датчик_вологості_і_температури) (дата звернення: 20.05.2025).

44. 12V/24V Low Voltage DC Fountain Pump DC80D. URL: <https://www.dcpump.com/12v24v-low-voltage-dc-fountain-pump-dc80d-product> (дата звернення: 22.05.2025).

45. Figma Community. URL: <https://www.figma.com/community> (дата звернення: 24.05.2025).

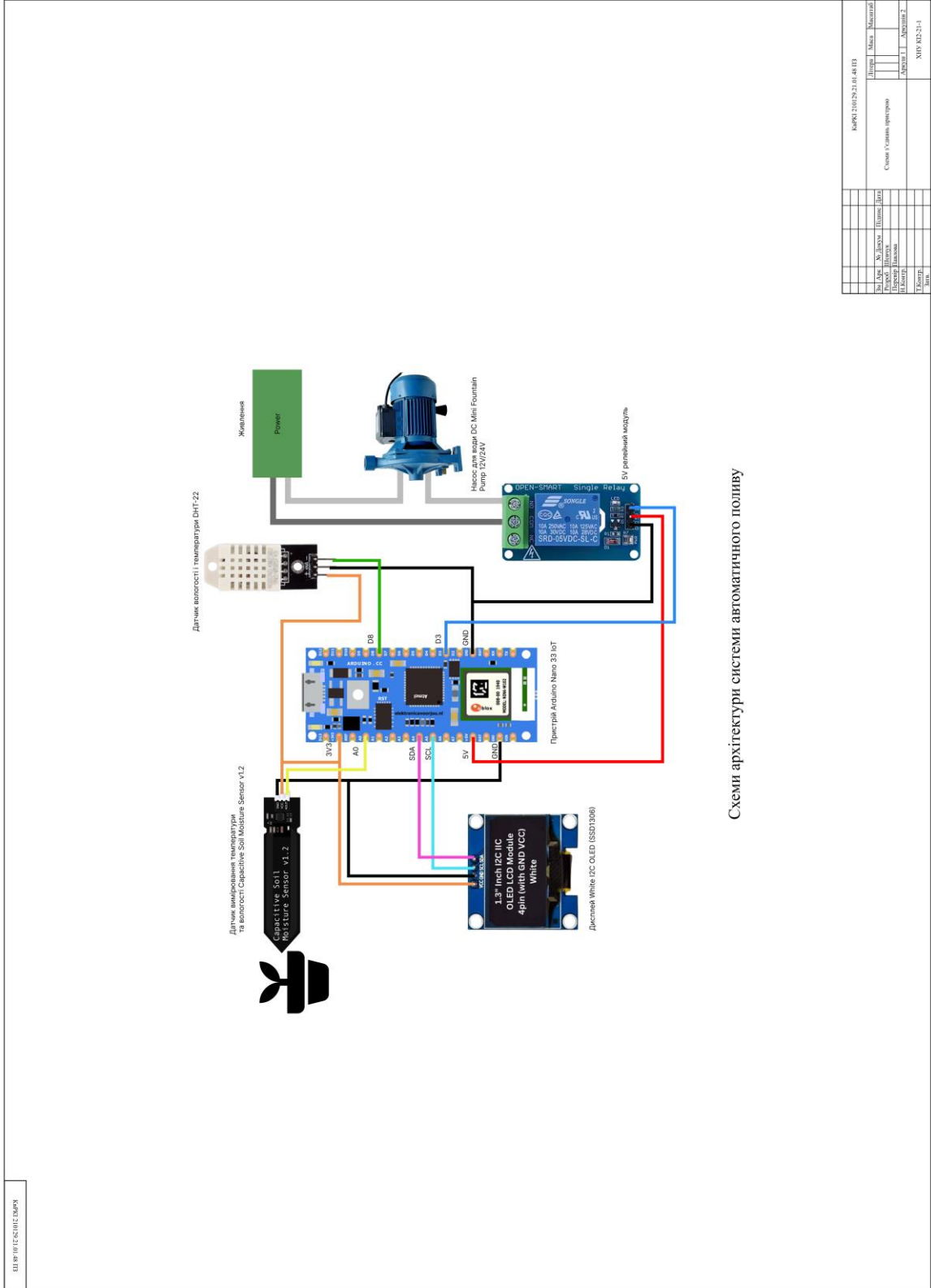
46. White I2C OLED Display SSD1306. URL: <https://core-electronics.com.au/white-i2c-oled-display-ssd1306> (дата звернення: 26.05.2025).

47. Wireframes Kit – Free – Community. URL: <https://www.figma.com/design/sis5g47EdTg6d> (дата звернення: 26.05.2025).

					КВРКІ 210129.21.01.48 ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додаток А (обов'язковий)

## КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ПРИБОРУ»



ВЕРСІЯ 2.10.20.21.01.48.103			
Ім'я	Дата	Версія	Статус
Дод. А	20.10.2021	1.0	Використання
Схема: Система поливу			
Ім'я	Дата	Версія	Статус
Дод. А	20.10.2021	1.0	Використання
ХИР 812-21-1			





## Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Шечук Юлія

Співавтор:

Назва: Шечук\_Система розумного поливу рослин на базі Arduino

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:9.2%

Коефіцієнт подібності 2:4.4%

Мікропробіли: 9

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-07 16:44:09.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укріття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-07

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

## Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 15.0%

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Errors in the documents: 8%

ID: 244080 Title: БКР Система розумного поливу рослин на базі Arduino Added in a DB: 2025-06-07 Authors: Шечук Юлія Heads: Ольга Павлова Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	84168	717	13140 (16%)	111 (15%)

### Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes
240697	Title: Звіт з ПДП Система розумного поливу рослин на базі Arduino Added in a DB: 2025-05-01 Authors: Ю. О. Шевчук Heads: О.О. Павлова Consultants: Opponents:	12327 (15.0%)	106 (15.0%)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Юлії ШЕВЧУК

ІІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи К12-21-1

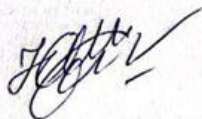
### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

09.06. 2025 року



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Шевчук Юлія Олександрівна

Тема: Система розумного поливу рослин на базі Arduino

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»


Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи розумного поливу рослин на базі Arduino
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено дослідження предметної області (проаналізовано системи керування розумного поливу рослин) та виконано постановку задачі дослідження. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено вибір компонентів та апаратно-програмне середовище для виконання завдання. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано апаратну та програмну реалізацію системи розумного поливу рослин на базі Arduino.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.
5. Негативні сторони роботи:
6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому технічному рівні.
8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_
9. Оцінка дипломної роботи: відмінно

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Берднік  
Леонід Петрович, р. ф-шт. наук, професор, зав. каф. ІІЗ

“ 9 ” 06 2025 р.

 (підпис)

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованою системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система розумного поливу рослин на базі Arduino

Автор: Юлія ШЕВЧУК

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Ольга ПАВЛОВА, доктор філософії

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформленні посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності чотирьохрозрядних двійкових кодів, які є входними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 9.22% і адресується до 401 першоджерела; та системою Anti-Plagiarism складає 15%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС



Ольга ПАВЛОВА

Андрій Нічепорук

Ольга ПАВЛОВА