

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютерних технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

Розробка автоматизованої системи контролю навколишнього середовища

в портативній теплиці

(тема)

Виконав:

студент 4 курсу, групи АКТСІ-20-3

Кирпота Ф.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно інтегровані технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми Освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системна інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Сотник С.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри КІТАР _____

(підпис)

Невлюдов І.Ш.

(прізвище, ініціали)

2024 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет _____ АКТ _____
Кафедра _____ КІТАР _____
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
Спеціальність _____ 151 Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології _____
Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Системна інженерія _____

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.кафедри _____

(підпис)

«09» червня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Кирпоті Федору Володимировичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Розробка автоматизованої системи контролю навколишнього середовища в портативній теплиці _____

Затверджена наказом по університету від _____ 03.06.2024 №545 Ст. _____

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії _____ 11.06.2024 _____

3. Вхідні дані до роботи _____

3.1 Arduino UNO, мікроконтролер для розробки проекту _____

3.2 Додаткові компоненти, датчики, мотори, LED-освітлювання, корпус теплиці _____

3.3 Блоки живлення та перетворювачі струму _____

3.4 Пристрої для пайки та вимірювання струму та напруги в електричному колі _____

4. Перелік питань, що потрібно розглянути у роботі _____

4.1 Вступ _____

4.2 Огляд сучасних моделей автоматизованих теплиць _____

4.3 Аналіз вимог до створення проекту _____

4.4 Розробка автоматизованої системи контролю навколишнього середовища _____

4.5 Питання пов'язані з охороною праці _____

4.6 Висновки та перелік джерел посилань _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій

Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 15 с. формату А4.

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області автоматизованих теплиць	24.01.2024	Виконано
2	Огляд сфер застосування теплиць	10.02.2024	Виконано
3	Аналіз конкурентів на ринку	28.02.2024	Виконано
4	Вибір потрібних компонентів до теплиці	15.03.2024	Виконано
5	Вибір середовища програмування	29.03.2024	Виконано
6	Розробка автоматизованої теплиці	9.04.2024	Виконано
7	Тест роботи автоматизованої теплиці в реальних умовах	28.04.2024	Виконано
8	Покращення помилок які виплили з тесту	01.05.2024	Виконано
9	Оформлення звіту з пройденої роботи	15.05.2024	Виконано

Дата видачі завдання 24.01.2024

Студент _____
(підпис)

Кирпота Ф.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Сотник С. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Я, як студент ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

«03» червня 2024 р



Кирпота Ф.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 77с., 6 табл., 54 рис., 3 дод., 20 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ARDUINO, ПОРТАТИВНА ТЕПЛИЦЯ, ДОДАТОК ДО ПК, C#, МІКРОКЛІМАТ, ДАТЧИКИ, C/C++, ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА.

Мета розробки – забезпечення оптимальних умов для вирощування рослин у портативній теплиці за допомогою автоматизованої системи контролю навколишнього середовища.

Об'єкт розробки – процес створення моделі автоматизованої теплиці у вигляді моделі невеликого масштабу.

Предмет розробки – система автоматизованого контролю навколишнього середовища в портативній теплиці.

За час проходження кваліфікаційної роботи було розглянуто різні автоматизовані теплиці які є на ринку, було проведено їх аналіз та виділені як плюси так і мінуси пристроїв.

Було порівняно три типи зв'язку та обраний той який підходить найкраще. Було порівняно різноманітні датчики та також обрані лише пріоритетні з них. Розглянуто конкретно які компоненти використовувалися для розробки. Також було проведено технічний опис компонентів.

Проведено розробку коду для автоматизованої роботи пристрою у середовищі Arduino IDE. Розроблено також додаток для віддаленого управління за допомогою комп'ютера.

Проведено тестування датчиків у різноманітних умовах експлуатації а також проведення тестування пристрою на протязі місяця для відслідковування стану автоматизованої теплиці.

ABSTRACT

Explanatory note contains: 77p., 6 tables, 54 figures, 3 appendix, 20 sources.

AUTOMATION, ARDUINO, PORTABLE GREENWAY SECTION, PC APPLICATION, C#, MICROCLIMATE, SENSORS, C/C++, ELECTRICAL CIRCUIT.

Purpose of the development – development of an experimental layout of an automated environmental control system in a portable greenhouse.

Object of the development – the process of creating a model of an automated greenhouse in the form of a small-scale model.

Subject of the development – automated environmental control system in a portable greenhouse.

During the qualification work, various automated greenhouses available on the market were reviewed, analyzed, and their advantages and disadvantages were identified.

Three types of communication were compared, and the most suitable one was selected. Various sensors were compared, and only the prioritized ones were chosen. Specific components used for the development were considered, and a technical description of the components was provided.

Code for the automated operation of the device was developed in the Arduino IDE environment. An application for remote control via computer was also developed.

Sensors were tested under various operating conditions, and the device was tested over the course of a month to monitor the state of the automated greenhouse.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	9
Вступ.....	10
1 Огляд сучасних моделей автоматизованих теплиць	12
1.1 Роль автоматизованої системи контролю навколишнього середовища теплиці.....	12
1.2 Аналіз існуючих систем контролю навколишнього середовища у вигляді автоматизованих теплиць	15
1.3 Огляд технологій та методів контролю, покращення умов зрощування рослин у портативних автоматизованих теплицях	20
2 Аналіз вимог до створення проекту	24
2.1 Визначення функціональних вимог в автоматизованій теплиці.....	24
2.2 Вибір сенсорів та інших компонентів управління та контролю	31
2.3 Визначення технічних вимог до системи	45
2.4 Моделювання процесу фотосинтезу в теплиці для реалізації контролю навколишнього середовища в портативній теплиці	48
3 Розробка системи автоматизації для контролю параметрів навколишнього середовища в портативній теплиці.....	52
3.1 Розробка алгоритмів та програмного коду для Arduino на базі мікроконтролера Atmega 328P	52
3.2 Розробка схеми підключення компонентів	56
3.3 Розробка користувача інтерфейсу у Microsoft Visual Studio	60
3.4 Розробка каркасу та встановлення усіх елементів.....	61
3.5 Тестування роботи датчиків у різних умовах експлуатації	67

	8
3.6 Охорона праці	71
Висновки	73
Перелік джерел посилань	75
Додаток А Лістинг програми керування для Arduino	78
Додаток Б Лістинг програми у Visual Studio	85
Додаток В Демонстраційний матеріал у вигляді презентації	90

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГГц – гігагерц;

дБа – децибел (дБ);

ДСТУ – державні стандарти України;

ЛК – люкси;

мА – мілі ампери;

МК – мікроконтролер;

ПК – персональний комп'ютер;

Arduino IDE – Integrated Development Environment;

COM – Communication;

I²C – шина I²C (Inter Integrated Circuit);

LCD – рідкокристалічний дисплей;

LED – Light Emitting Diode;

UART – універсальний асинхронний приймач-передавач.

ВСТУП

У сучасному світі, де швидко зростає забудова місцевості та екологічні виклики набувають своєї загостреної форми, необхідно розвивати нові підходи до моніторингу та управління зеленими територіями. З цієї точки зору, портативні теплиці представляють важливий інструмент для вивчення та збереження екосистем, які забезпечують можливість проводити детальний аналіз стану середовища. Буде розглянуто систему портативної автоматизованої теплиці, яка може продемонструвати на прикладі маленьких кроків автоматизації вплив на покращення вирощування тих чи інших рослинних культур.

Створення автоматизованих теплиць виявляється ключовим напрямком для досягнення високої продуктивності та стійкості вирощування рослин. Автоматизовані теплиці, як інноваційний підхід до аграрного виробництва, надають численні переваги, що вирішують актуальні завдання в агропромисловому секторі. До таких переваг можна точно віднести такі пункти як:

- точне керування середовищем, автоматизовані теплиці дозволяють точно контролювати параметри середовища, такі як температура, вологість, освітленість та концентрація CO₂. Це створює оптимальні умови для росту рослин і сприяє максимальній продуктивності;

- ефективне використання ресурсів, системи автоматизації дозволяють точно дозувати воду, добрива та інші речовини, оптимізуючи використання цих ресурсів. Це не лише зменшує втрати, але й сприяє економії води та добрив;

- стійкість до негоди, автоматизовані системи можуть виявляти зміни у погодних умовах та автоматично реагувати, забезпечуючи захист рослин від несприятливих факторів, таких як зниження температури, град або вітряні опади;

- збільшення врожайності, комбінація оптимального середовища та точного управління ресурсами призводить до збільшення виробництва та покращення якісних характеристик врожаю;

- зменшення трудовитрат, автоматизовані теплиці використовують робототехніку для виконання багатьох рутинних завдань, зменшуючи залежність від ручної праці і спрощуючи управління системою;

- можливість керування віддалено, сучасні системи автоматизації дозволяють віддалено контролювати та керувати теплицями через інтернет. Це забезпечує гнучкість та зручність управління навіть на відстані.

В Україні ця інновація тільки впроваджується, але наприклад у Нідерландах такі системи використовують для вирощування квітів та овочів на великих масштабах, що сприяє підвищенню ефективності виробництва та зменшенню екологічного впливу. Це підкреслює тенденцію до глобального використання автоматизованих теплиць для створення стійких та продуктивних систем продовольства.

Мета роботи – забезпечення оптимальних умов для вирощування рослин у портативній теплиці за допомогою автоматизованої системи контролю навколишнього середовища.

Об'єкт розробки – процес створення моделі автоматизованої теплиці у вигляді моделі невеликого масштабу.

Предмет розробки – модель автоматизованої теплиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих аналогів та порівняти їх між собою;
- провести аналіз компонентів з яких буде складатися модель;
- розробити макет на комп'ютері перед повноцінною збіркою теплиці;
- виконати тест моделі перед повною збіркою та експлуатацією моделі;
- оформити кваліфікаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології [2].

1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕПЛИЦЬ

1.1 Роль автоматизованої системи контролю навколишнього середовища теплиці

Аграрна галузь сучасності переживає трансформацію завдяки впровадженню технологій, зокрема автоматизації процесів у вирощуванні рослин. Одним із важливих аспектів є використання автоматизованих систем контролю навколишнього середовища в теплицях, що сприяє підвищенню продуктивності та оптимізації умов для росту рослин.

Автоматизовані системи надають можливість постійного моніторингу та регулювання ключових параметрів навколишнього середовища. Датчики температури, вологості, рівня CO₂, та інших факторів автоматично збирають дані, дозволяючи точно регулювати умови для росту рослин. Наприклад, система може автоматично управляти опаленням та для забезпечення оптимального мікроклімату в теплиці.

Також важливим аспектом вирощування рослин є якість ґрунту. Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища включають сенсори, які аналізують рівень рН, електропровідність та концентрацію поживних речовин. Це дозволяє точно налаштувати введення добрив та інших елементів для підтримки здоров'я рослин [3].

Треба пам'ятати, що забезпечення рослин водою – ключовий аспект сільського господарства. Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища інтегруються з системами автоматичного поливу. Це дозволяє точно регулювати кількість та частоту поливу в залежності від вимог рослин та умов вирощування, забезпечуючи ефективне використання води.

Автоматизовані системи дозволяють ефективно використовувати енергію в теплицях. Наприклад, система може автоматично регулювати освітлення в

залежності від рівня освітленості в теплиці та часу доби, що допомагає зменшити енерговитрати та забезпечити оптимальне освітлення для рослин.

Тож впровадження автоматизованих систем контролю навколишнього середовища в теплицях сприяє стабільності виробництва. Автоматичне реагування на зміни умов дозволяє уникнути стрімких коливань температури чи вологості, забезпечуючи рослинам стабільні умови для росту.

Автоматизовані системи контролю навколишнього середовища в теплицях є ключовим елементом сучасного сільського господарства. Вони не лише підвищують продуктивність та ефективність вирощування рослин, але й сприяють раціональному використанню ресурсів, зменшуючи вплив на довкілля та забезпечуючи стабільність виробництва.

Також розглянемо, в яких галузях успішно використовуються автоматизовані теплиці.

Найперше та мабуть найсуттєвіше це овоче-виробництво, автоматизовані теплиці використовуються для промислового вирощування овочів, таких як помідори, огірки, перець та інші. Автоматичні системи контролю навколишнього середовища дозволяють створювати оптимальні умови для зростання рослин протягом усього року, незалежно від сезону.

Наступне це квіткове виробництво, контроль за температурою, вологістю та освітленням дозволяє створювати ідеальні умови для росту різноманітних рослин.

Виробництво сім'ян, важливим етапом в сільському господарстві є вирощування садив та сім'ян. Автоматизовані теплиці дозволяють забезпечити оптимальні умови для розвитку рослин, що відіграє ключову роль у вирощуванні високоякісних рослин та забезпеченні стійкості врожаю.

Виробництво трав та лікарських рослин, автоматизовані теплиці використовуються для вирощування трав та лікарських рослин у промислових масштабах. Забезпечення оптимального клімату дозволяє отримати високоякісні рослини для фармацевтичної та косметичної промисловості.

Також цікавий факт, що автоматизовані теплиці знаходять своє застосування в галузі космосу. Вчені з НАТО в сумісності з представниками з різних технічних університетів США та не тільки створюють автоматизовані теплиці для відправки їх у космос, або інтегрувати в космічні шатли для того щоб надавати космонавтам свіжі овочі та фрукти [3]. Це також може забезпечити безперервне життєзабезпечення астронавтів далекого космосу. Приклад автоматизованої теплиці (рис. 1.1 [3]).



Рисунок 1.1 – Автоматизована теплична система в університеті Аризони

Розглянемо також основні переваги автоматизованої теплиці на рисунку нижче (рис. 1.2).

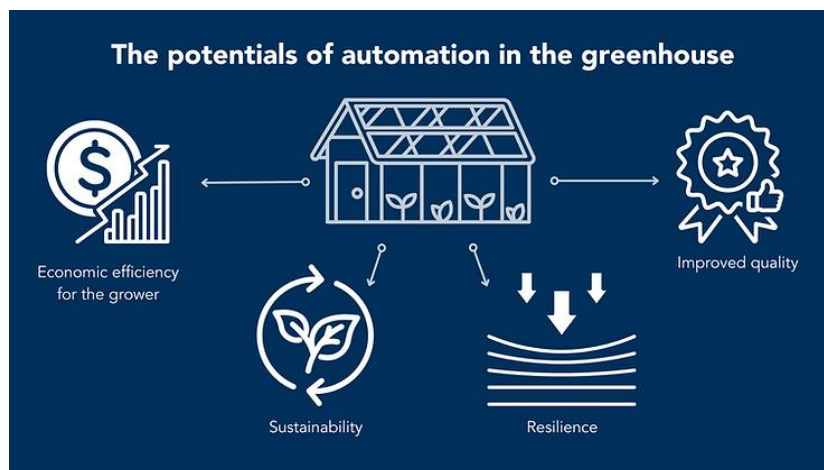


Рисунок 1.2 – Переваги автоматизованої теплиці [3]

З наведеного вище рисунку можна стверджувати, що економічне питання також не стоїть на останньому місці. Технології які використовуються при автоматизації теплиці можуть заощаджувати до 40 % енергії, наприклад при адаптації температури в день та вночі. Також це стосується зменшення відсотка використання води та пестицидів. Також при правильному та точному постачанні води та пестицидів можна уникнути більшості проблем з продуктом який вирощується. Кількість пошкоджених та запліснявілих продуктів знижується, що в свою чергу також призводить до економії.

1.2 Аналіз існуючих систем контролю навколишнього середовища у вигляді автоматизованих теплиць

Роблячи аналіз існуючих аналогів було обрано теплиці не великих масштабів, була наділена увага варіантам які можна встановити у себе в дома або на приватній ділянці наприклад на дачі, або в гаражі. Але в той же час щоб автоматична т була максимально за своїми можливостями схожа на теплиці великих масштабів які використовують для масового виробництва овочів, квітів та іншого. Такий підхід був обраний для того щоб зрозуміти, що саме потрібно буде створити у майбутньому проекті та в цей же час не впустити ті компоненти які потребують автоматизовані теплиці великих масштабів.

Першою теплицею буде Mars Hydro FC-E 6500. Також нижче буде приведено опис та фото теплиці (рис. 1.3).

Ця модель оснащена світлодіодними панелями що дають змогу максимізувати врожайність, отримати однорідні врожаї та зменшити теплові втрати. Також теплиця оснащена преміальним тентом, що запобігає витіканню світла та с зовні не дає проникнути іншому світлу, що в свою чергу дозволяє в повній мірі коригувати світло в теплиці. Ще модель має 6-дюймовий вбудований вентилятор з 10 швидкостями обертання і низьким рівнем шуму 32 дБа, видає потік повітря від 10 куб. м до 40 куб. м, достатній для охолодження і циркуляції всього комплексу намету для вирощування, в поєднанні з фільтром з

активованим вугіллям для усунення неприємних запахів і шкідливих частинок, що містяться в повітрі. Також теплиця поєднує у собі датчик температури та вологості повітря.



Рисунок 1.3 – Автоматизована теплиця Mars Hydro FC-E 6500 [4]

Наступною теплицею буде GreenYou (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Автоматизована теплиця GreenYou [4]

Модель виконана в більш стабільному стані з боку конструкції, були використанні алюмінієві стійки та виконана основа з міцного білого пластику. Ця модель була виконана у розумінні що вона буде знаходитися багато часі на сонці тому у неї немає намету який буде перекривати сонячне світло, але вона також не залишилася без додаткового освітлення яке закріплене в верхній частині, яка с свою чергу також зроблена з міцного пластику. Автоматизована модель не потребує додаткового обладнання для вентиляції. В цій моделі вже є автоматизований полив, це було зроблено із-за того що рослини ростуть прямо з теплиці, а не стоять в додаткових посудинах (відрах) як було у минулому варіанті. В цьому варіанті також можна вибирати режими освітлення, зробити його автоматичним в залежності від освітлення у кімнаті, або ручним (вмикання та вимикання по натисканню).

Наступною теплицею буде Multi-level automatic greenhouse. Приклад наведено на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Multi-level automatic greenhouse [4]

Автоматизована теплиця поєднує у собі п'ять рівнів, кожен рівень має своє налаштування вологості та світла, що дає можливість вирощувати різноманітні культури. Нажаль вона не має датчиків вологості повітря чи температури для контролю. Вбудований зверху екран дозволяє контролювати рівень вологості (грунту) та освітлення на кожному рівні. Також знизу можна бачити великий резервуар води.

Останньою в черзі буде теплиця S10 4-SEASON.

У цьому варіанті було поєднано безліч можливих функцій для автоматизованої теплиці. А саме: автоматичний полив, автоматичне підігрівання, збирання даних за допомогою датчиків та сенсорів, передавання даних через технологію Wi-Fi на ваш телефон для слідкування за параметрами, міцні полікарбонатні стінки, автоматичне провітрювання за допомогою відкидного даху, автоматичне вмикання та вимикання світла а також зменшення, або збільшення потужності світла. Теплиця розташована на невеликій платформі що дає можливість легко переставляти її з місця на місце [4]. Приклад теплиці на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Автоматизована теплиця S10 4-SEASON [4]

Після уважного порівняння різних моделей автоматизованих теплиць стає очевидним, що кожна з них має свої переваги та недоліки. Не завжди можна однозначно визначити, що є недоліком або плюсом, оскільки вибір залежить від конкретних потреб та можливостей користувача. Наприклад, деякі можуть віддати перевагу моделі з основними функціями, такими як освітлення, та самостійно вирішувати питання поливу або опалення теплиці.

Також варто відзначити помітне зростання ціни, яке часто залежить від рівня автоматизації теплиці та її можливостей. Інформація була узагальнена та систематизована за допомогою таблиці, де чітко відображені основні переваги та недоліки кожної моделі. Аналіз представлений у таблиці 1.1 дозволяє зробити об'єктивний вибір моделі теплиці, яка найкраще відповідає конкретним вимогам та очікуванням користувача.

Таблиця 1.1 – Проаналізовані данні в порівнянні один з одним

Назва теплиці	Освітлення	Підігрів	Вентиляція	Полив	Споживання струму	Ціна (Євро)
Mars Hydro	+	-	+	-	Середнє	250
GreenYou	+	-	-	+	Середнє	300
Multi-level	+	-	-	+	Низьке	325
S10 4-SEASON	+	+	+	+	Низьке	1050

Залежно від конкретних потреб, Mars Hydro або GreenYou можуть бути гарними варіантами з урахуванням їхньої цінової доступності та здатності задовольнити основні потреби для вирощування рослин. У той час як S10 4-SEASON може бути вибором для тих, хто шукає комплексну теплицю з підігрівом та іншими функціями за підвищену ціну.

1.3 Огляд технологій та методів контролю, покращення умов зрошування рослин у портативних автоматизованих теплицях

Умови в автоматизованій теплиці істотно визначають успішність вирощування рослин, відіграючи ключову роль у створенні оптимальних умов для їхнього здоров'я та врожайності. Технології контролю умов у таких теплицях виявляються невід'ємним інструментом для автоматизації та вдосконалення різноманітних параметрів середовища, що впливають на ріст та розвиток рослин.

Цей комплекс систем включає в себе високоточні методи регулювання та моніторингу, призначені для досягнення оптимальних показників клімату, вологості, температури, та інших факторів. Застосування сучасних технологій дозволяє автоматизовано керувати процесами, забезпечуючи максимальну продуктивність та забезпечуючи рослини найбільш сприятливими умовами для їхнього зростання.

Використання систем автоматизованого поливу, освітлення з регульованим спектром, та точного контролю за рівнем CO₂ у повітрі є лише декількома аспектами цього вишуканого підходу до тепличного господарювання. Спеціалізовані системи моніторингу та аналізу даних забезпечують віддалений нагляд та інтелектуальне управління, а їхнє поєднання з використанням високоефективних рішень в галузі сонячної енергії підсилює стійкість та енергоефективність цієї інноваційної системи. Такий підхід до вирощування рослин не лише збільшує врожайність, а й сприяє сталому та відповідальному використанню ресурсів, піднімаючи сільське господарство на новий рівень ефективності та екологічної чистоти.

Нижче буде розглянуто технології та методи більш детально:

– системи автоматизованого поливу, вони включають дрібнокрапельний полив, який дозволяє точно дозувати воду, сприяючи економії водних ресурсів та забезпечуючи рівномірне зрошення. Цей метод поливу є ефективним та зручним, особливо для культур з чутливим кореневим системам. Також використовуються системи управління поливом, які можуть бути програмовані

для автоматичного поливу згідно з розкладом або в залежності від вимірювань датчиків вологості ґрунту;

– системи клімат-контролю, вони включають системи регулювання вологості, які забезпечують оптимальний рівень вологості повітря для конкретних культур. Це дозволяє створювати ідеальне середовище для росту та розвитку рослин. Додатково використовуються системи контролю CO_2 , що впливає на процеси фотосинтезу та зростання рослин. Контроль рівня CO_2 в теплиці допомагає оптимізувати умови для вирощування рослин, забезпечуючи їм необхідну кількість цього газу для максимального зростання та розвитку;

– системи автоматичного регулювання світлового режиму грають ключову роль у забезпеченні оптимального освітлення для рослин протягом різних періодів дня та ночі. Ці системи забезпечують автоматичне регулювання інтенсивності та тривалості світла, необхідного для здоров'я та зростання рослин, забезпечуючи їм оптимальні умови для фотосинтезу та розвитку також використання сонячних панелей є частиною екологічної стратегії, яка включає в себе використання відновлюваних джерел енергії для освітлення теплиць. Ця зелена технологія сприяє зменшенню впливу на довкілля, забезпечуючи тим самим сталість та енергоефективність процесу вирощування рослин;

– автоматизовані системи аналізу ґрунту надають можливість в реальному часі визначати рівні рН, концентрації поживних речовин та інших параметрів. Це дозволяє фермерам точно регулювати рівень рН в ґрунті, сприяючи оптимальному росту та розвитку рослин. Системи вилучення відпрацьованих добрив відіграють важливу роль у збереженні ресурсів та запобіганні забрудненню навколишнього середовища. Ці системи відділяють залишки добрив, які не були використані рослинами, що сприяє ефективному використанню добрив та зменшенню впливу на екосистему. Такі інноваційні підходи до контролю якості ґрунту не лише підвищують врожайність, але й сприяють сталому та екологічно чистому веденню сільського господарства;

– системи моніторингу та управління в сучасному сільському господарстві представляють інноваційний підхід до ефективного контролю та оптимізації

процесів вирощування рослин. Інтеграція з мобільними додатками відкриває можливості віддаленого доступу та управління станом теплиці за допомогою смартфонів або планшетів. Це забезпечує фермерам гнучкість та зручність у керуванні агропромисловими процесами, дозволяючи відстежувати та реагувати на зміни в реальному часі. Системи аналізу даних використовують аналітичні методи для прогнозування оптимальних параметрів для кожного типу рослин. Це дозволяє автоматизовано налаштовувати умови вирощування, враховуючи потреби кожної культури, що сприяє підвищенню ефективності та зниженню витрат ресурсів. Такі системи не лише спрощують управління сільським господарством, але й сприяють оптимізації виробничих процесів, підвищуючи продуктивність та стійкість сільськогосподарських підприємств;

– безпека та надійність в сучасних технологіях вирощування рослин в теплицях є пріоритетними аспектами, які враховують інноваційні підходи. Системи аварійного вимкнення визначають аварійні ситуації та автоматично вмикають вимикачі для уникнення можливих негативних наслідків. Це забезпечує негайну реакцію на непередбачені обставини та запобігає поширенню можливих ризиків у тепличному середовищі.

Захист від кібератак стає невід'ємною частиною сучасних технологій управління теплицями. У зв'язку зі зростанням автоматизації та підключенням до мережі Інтернет усі з'єднання та системи, які відіграють ключову роль у вирощуванні рослин, повинні бути ефективно захищені від кіберзагроз. Це стає гарантією безпеки та надійності функціонування технологічних систем, які контролюють рівень вологості, температуру, освітлення та інші аспекти вирощування рослин.

Забезпечення безпеки кіберсистем важливо не лише для захисту власних даних та інформаційних потоків, але й для запобігання можливим кібератакам, які можуть спричинити серйозні матеріальні збитки та перешкодити нормальному функціонуванню агротехнічних систем. Це особливо актуально у сфері сільського господарства, де залежність від автоматизованих систем та інтернет-підключених пристроїв зростає з кожним днем.

Тому важливо розробляти та впроваджувати ефективні кіберзахисні стратегії, включаючи застосування сучасних шифрувальних технологій, систем моніторингу безпеки, а також навчання персоналу щодо виявлення та реагування на потенційні загрози. Тільки таким чином можна забезпечити надійний захист важливої інфраструктури сільського господарства та гарантувати безпеку вирощування рослин у сучасних умовах технологічного розвитку.

2 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО СТВОРЕННЯ ПРОЕКТУ

2.1 Визначення функціональних вимог в автоматизованій теплиці

Для того щоб покращувати вирощування рослин в автоматизованій теплиці повинний завжди здійснюватися збір даних. Зокрема, необхідно систематично моніторити такі ключові параметри, як температура, вологість, якість ґрунту та рівень освітленості. Це надає можливість отримувати точну інформацію про середовище, в якому ростуть рослини, і реагувати на будь-які зміни в реальному часі.

Збір даних про температуру дозволяє належним чином регулювати теплові умови у теплиці, забезпечуючи оптимальний ріст рослин. Вимірювання вологості дозволяє контролювати рівень вологи в ґрунті, що впливає на здоров'я рослин та їх розвиток. Оцінка якості ґрунту важлива для забезпечення необхідних поживних речовин для рослин.

Додатково, моніторинг рівня освітленості є важливим для забезпечення достатнього світла для фотосинтезу та оптимального фотоперіоду для росту рослин. Загальний збір цих даних та їх аналіз надає можливість створення оптимальних умов.

Звичайно лише збирання даних не принесе нам ніяких плодів, тому нам потрібно як зберігати так і передавати данні на сервер. За передавання даних може відповідати одна з трьох сучасних технологій це Wi-Fi, Bluetooth чи Zigbee. Звичайно кожна з них має свої недоліки та кращі сторони. Наприклад швидкість передачі даних, яка в Wi-Fi значно швидше ніж у Bluetooth чи Zigbee, або складність підключення Wi-Fi є складнішою ніж у конкурентів. Також дальність дії Wi-Fi ширша ніж у Bluetooth чи Zigbee. У виборі технології важливо враховувати не лише швидкість та дальність дії, але й інші аспекти. Наприклад, енергоефективність є критичним фактором для пристроїв, які працюють на батареях [5]. В цьому відношенні Zigbee може виявитися більш ефективним,

оскільки споживає менше енергії під час передачі даних. Бездротові технології (рис. 2.1).

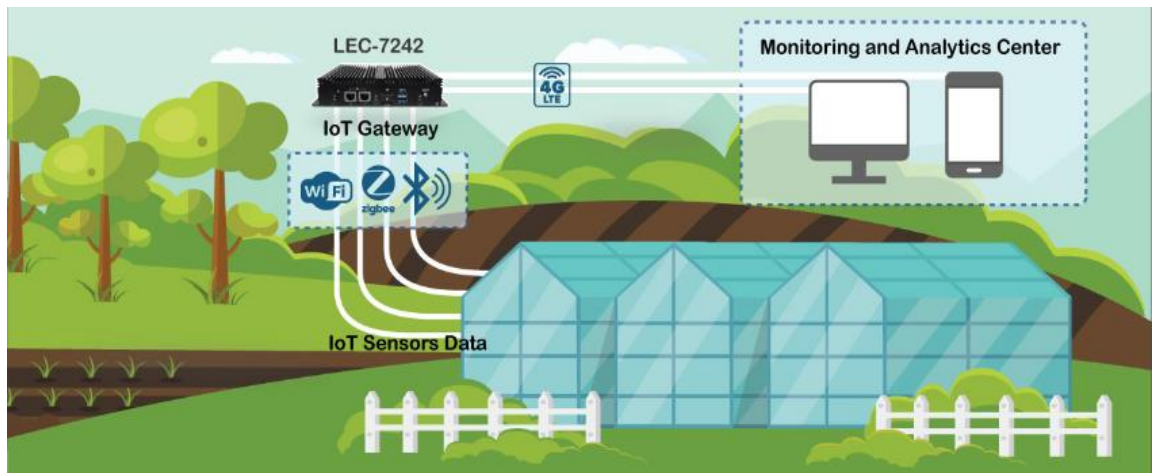


Рисунок 2.1 – Технології Wi-Fi, Bluetooth та Zigbee [5]

Також розглянемо нижче таблицю для порівняння Wi-Fi, Bluetooth та Zigbee.

Таблиця 2.1 – Порівняння Wi-Fi, Bluetooth та Zigbee

Технологія	Zigbee	Wi-Fi	Bluetooth
Частотний діапазон (ГГц)	від 2,4 до 2,483	від 2,4 до 2,483	від 2,4 до 2,483
Пропуска здатність (кбит/с)	250	11000	723
Час роботи від батарейки (дні)	від 100 до 1000	від 0,5 до 2	від 1 до 10
Максимальна кількість вузлів	65536	10	7
Діапазон дії (м)	від 10 до 100	від 20 до 300	від 1 до 100

Порівнявши це та інші параметри було визначено, що технологія Bluetooth є домінуючою і вона буде використовуватися у проекті. Що стосується Wi-Fi чи Zigbee то для них потрібно додатково докупати модулі.

Переходячи до теми зберігання даних, то воно включає в себе різні стратегії та методи, що визначають, де і як зберігати інформацію для подальшої обробки та використання. Три основні підходи до зберігання даних включають локальне зберігання, зберігання даних по мережі та використання хмарних сховищ.

Локальне зберігання даних передбачає зберігання інформації безпосередньо на пристрої чи в локальній мережі. У контексті автоматизованої теплиці, це може бути мікроконтролер або сервер, розташований безпосередньо біля теплиці. До переваг можна віднести, такий параметр, як швидкість доступу. Дані доступні локально, що забезпечує швидкий доступ для місцевих пристроїв. Також великим плюсом є робота в режимі офлайн, що надає незалежність від інтернет-з'єднання та дозволяє працювати в режимі офлайн. Звичайно є такі обмеження як наприклад обмежений доступ на самому приладі зберігання, що може також зіграти погану гру і спровокувати ризик втрати даних. Також втрати даних при поломці зустрічаються нерідко.

Зберігання даних по мережі передбачає передачу даних з локальних пристроїв до іншого місця в мережі, такого як центральний сервер або база даних. З переваг такого способу можна назвати доступ з різних пристроїв, це дає можливість відслідковувати дані з будь-якого пристрою починаючи від персонального комп'ютера закінчуючи невеликим смартфоном. Також забезпечується безпека даних краще ніж в локальному зберіганні, вона може зашифруватися та передаватися на сервер в великій кількості. З обмежень передавання по мережі звичайно є постійна наявність мережевого підключення, що не завжди може буди, чи давати іноді збої, також з цього маємо затримки в передаванні інформації.

Хмарні сховища грають ключову роль в автоматизованих теплицях, забезпечуючи ефективно зберігання та обробку великого обсягу даних, що збираються в ході функціонування системи. Завдяки можливості інтеграції з обліковими записами хмарних сервісів, такими як Amazon AWS або Microsoft Azure, дані, зібрані в автоматизованій теплиці, можуть бути легко зберігати та

управляти через Інтернет. Переваги хмарні сховища у контексті автоматизованих теплиць включають високу масштабованість, що особливо важливо для великої кількості сенсорів та даних про рослини. Регулярне резервне копіювання дозволяє забезпечити безпеку та відновлення даних в разі виникнення непередбачених ситуацій. З урахуванням обмежень, таких як залежність від доступу до Інтернету та можливі витрати при великому обсязі даних, важливо забезпечити стійку та ефективну інфраструктуру для передачі та зберігання інформації з автоматизованої теплиці в хмару.

У нашому випадку було обрано технологію зберігання даних по мережі. Так як це дозволяє нам отримувати доступ до інформації з різних пристроїв, таких як комп'ютери, смартфони чи планшети. Зберігання даних в централізованій базі даних чи сервері дозволяє впроваджувати ефективні стратегії безпеки. Також дані які будуть надходити на сервер будуть автоматично копіюватися та зберігатися. Централізоване зберігання дозволяє ефективніше управляти базою даних, вносити зміни в структуру і вести моніторинг за станом системи. Це полегшує підтримку та розвиток системи.

У підсумку, обрання зберігання даних по мережі робить систему більш гнучкою, доступною та сучасною, що відповідає вимогам сучасних інформаційних технологій та забезпечує зручність у використанні та управлінні даними.

Також система повинна надавати зручний інтерфейс для користування. Завдяки якісному інтерфейсу можна не лише спостерігати, але й взаємодіяти з телицею більш тісно.

Веб-інтерфейс системи відкриває перед користувачами мозаїку даних, включаючи температуру, рівень вологості, інтенсивність освітлення та інші параметри, які визначають екологічні умови теплиці. Графіки та діаграми надають можливість аналізувати ці дані в режимі реального часу, допомагаючи виробникам (це можемо буди ми чи фермери чи інша людина яка займається зрощуванням рослин) робити обдумані рішення щодо оптимізації умов для культур, які вирощуються.

Проактивний характер системи дозволяє користувачам не лише відстежувати поточний стан теплиці, а й взаємодіяти з автоматизованими системами управління. Вони можуть встановлювати режими роботи для систем поливу, регулювання температури та інші параметри, а також віддалено керувати цими системами.

Така інтегрована платформа сприяє не лише підвищенню продуктивності вирощування рослин, але і забезпечує фермерам ефективний та зручний інструмент для ведення сільськогосподарської діяльності, а також дає можливість економії часу якщо треба просто прослідкувати за даними.

Повертаючись до питання візуалізації даних, на мою думку це можна зробити такими методами як: графіки в реальному часі, теплові карти, карти росту рослин, графіки які базуються на даних за довгий час. Також є корисним мати невеликий екран біля теплиці для того щоб не завжди дивитися у монітор за робочим місцем, а зразу переглянути показники. Але звичайно людина не зможе на невеликому екрані зобразити велику кількість графіків для повного розуміння картини зрошування.

Пропонується налаштувати на моніторі виведення різноманітних графіків для ефективного контролю та управління умовами в теплиці.

Серед них: графік температури, допомагає вчасно зреагувати на будь які зміни температури. Це допомагає уникнути стресів для рослин, ефективно використовувати системи охолодження чи опалення якщо вони будуть встановлені в майбутньому. Є одним з основних графіків.

Графік вологості, дозволяє вимірювати вологість повітря та ґрунту, це дає можливість запобігання пересушуванню чи перезволоження ґрунту, що непосредньо впливає на якість продукту вирощування. Також за допомогою цих графіків є можливість досить чітко налаштувати полив ґрунту для економії води.

Графік освітлення, допомагає розрахувати в який час потрібно вмикати чи вимикати освітлення, базуючись на цей графік також можна розрахувати витрати електроенергії та якщо це можливо знизити витрати на електроенергію.

Графік рівня рідких добрив, трекінг рівня рідких добрив у системі поливу для забезпечення належного живлення рослин. Такі графіки є дуже ефективними для слідкування за рідкими добривами.

Комплексний моніторинг, заснований на графіках, не лише допомагає в досягненні оптимального врожаю та збереженні здоров'я рослин, але також відкриває шлях до постійного вдосконалення та оптимізації управління теплицею. Аналіз отриманих даних може виявити тенденції, які сприяють удосконаленню процесів вирощування та ефективному використанню ресурсів.

Підходячи до управління теплицею як до системи, можна реагувати на зміни в реальному часі, уникати проблем та максимізувати результати. Такий підхід дозволяє забезпечити стійкий виріст урожаю, зниження витрат ресурсів і, врешті-решт, зробити теплицю більш стійкою та сталим джерелом високоякісних продуктів.

Графіки можуть мати різноманітні види відображення інформації, що також є плюсом. Розглянемо різноманітні виведення інформації нижче рис. 2.2 – 2.4. Графіки були зроблені за допомогою коду в wolfram mathematica, та код буде додано у додатку.

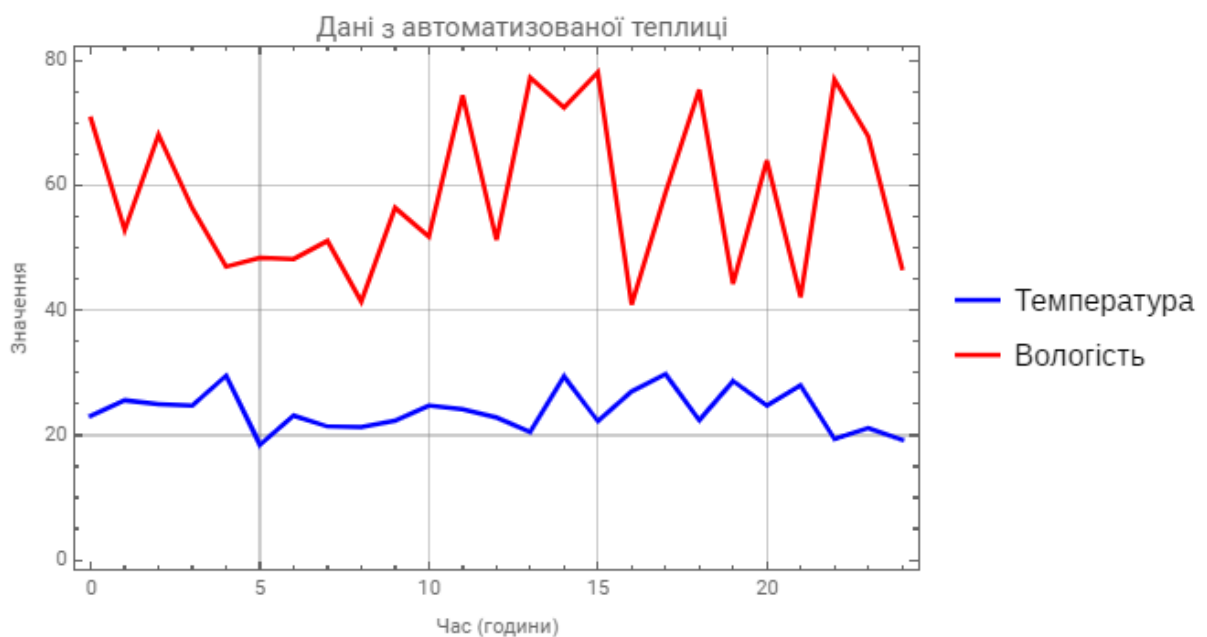


Рисунок 2.2 – Лінійний графік

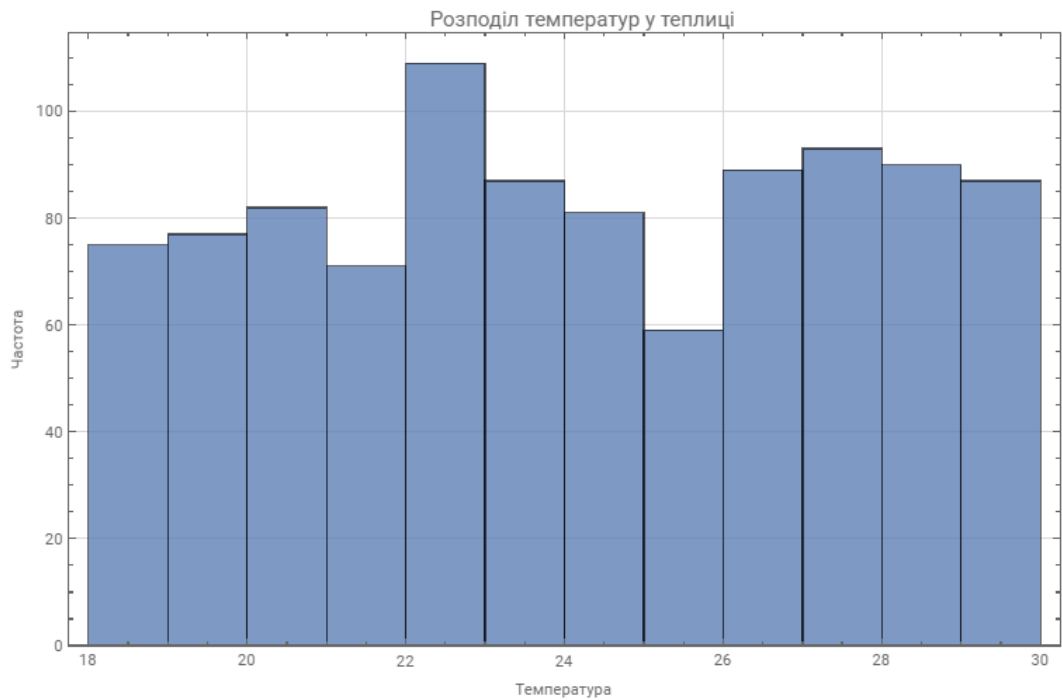


Рисунок 2.3 – Гістограма

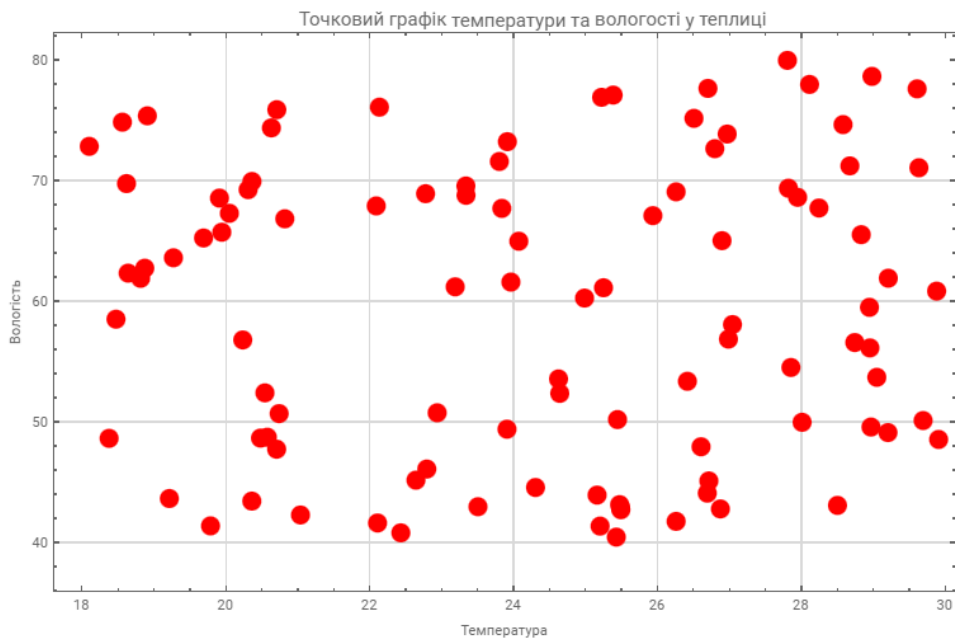


Рисунок 2.4 – Точковий графік

Перший варіант та другий є найзрозумілішими та дають змогу зразу зрозуміти картинку. Обидва типи графіків є потужними інструментами в аналізі даних. Данні з графіків дають змогу контролювати данні нашої теплиці.

Наприклад контролювати витрати води чи витрати струму. Також дають змогу відстежити неочікувані зміни температури чи вологості повітря.

Графіки важливі не тільки для виявлення проблем, але і для визначення їхнього джерела та ефективного планування заходів з виправлення. Вони дозволяють здійснювати візуальний моніторинг та аналіз різних аспектів автоматизованої теплиці, забезпечуючи операторам можливість швидко реагувати на проблеми та оптимізувати управління.

2.2 Вибір сенсорів та інших компонентів управління та контролю

Нижче буде визначено оптимальні та найбільш відповідні по нашим критеріям сенсори та інші компоненти для досягнення поставлених цілей проекту. Аналіз та вибір відповідних елементів враховує не лише технічні аспекти, такі як точність вимірювань та робочі параметри, але і практичність в їхньому використанні та інтеграцію в систему. Важливо щоб усі компоненти не конфліктували між собою, а також щоб у нас була змога у майбутньому додавати нові компоненти та розширювати можливості нашої автоматизованої теплиці, це надає нам можливості гнучкості у майбутньому.

Починаючи з теми світла то на ринку існує дуже багато датчиків для його контролю. Такі як: BH1750, APDS-9301, APDS-9960, MLX75305, TSL2561 та звичайно усі вони мають як плюси так і мінуси і кожен з них буде кращим в тому чи іншому проекті [6]. Розглянемо їх вигляд та параметри нижче у вигляді фото та таблиці, рис 2.5 – 2.9, табл. 2.1.

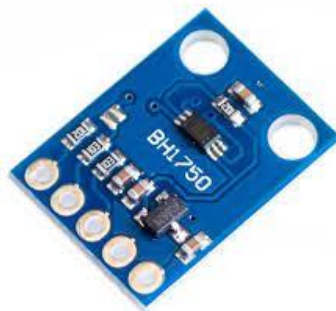


Рисунок 2.5 – Датчик BH1750 [6]



Рисунок 2.6 – Датчик APDS-9301 [6]

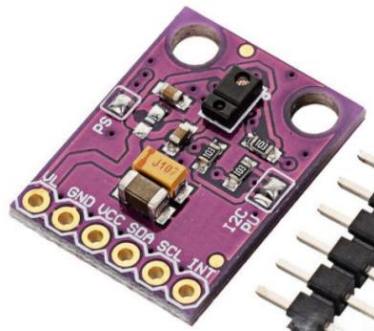


Рисунок 2.7 – Датчик APDS-9960 [6]

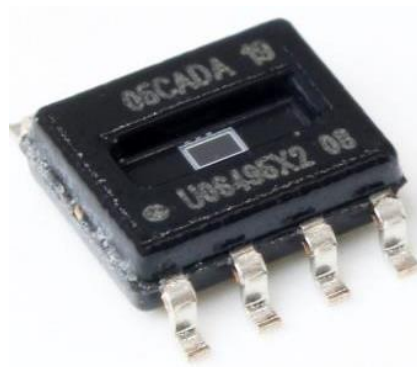


Рисунок 2.8 – Датчик MLX75305 [6]

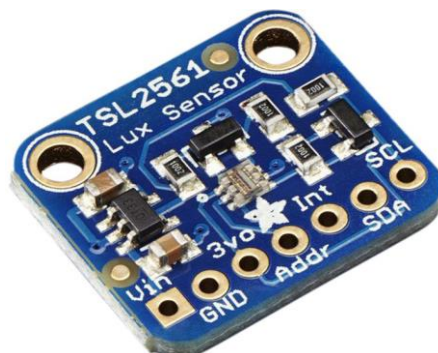


Рисунок 2.9 – Датчик TSL2561 [6]

Розглянемо таблицю для порівняння датчиків світла (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Порівняння датчиків світла [6]

Назва	Діапазон вимірювань (ЛК)	Точність (%)	Інтерфейс зв'язку	Споживання енергії (мА)
BH1750	від 0 до 65535	± 10	I2C	0,5
APDS-9301	від 0 до 4095	± 20	I2C	0,6
TSL2561	від 0 до 65535	± 10	I2C	0,65
APDS-9960	від 0 до 65535	± 20	I2C	1,0
MLX75305	від 0 до 1048	± 20	Аналог.	0,1

Після порівняння цих датчиків було обрано BH1750. Він має широкий діапазон вимірювання, Це дозволяє пристосовувати його до різних умов в теплиці, забезпечуючи гнучкість в контролі освітленості для різних типів рослин. Також він має високу точність, що особливо важливо для точного контролю умов для росту рослин. Має також легкість використання (I2C-шина). Ще один з його плюсів, це те що він має не високу ціну та є дуже доступним на ринку.

Також у проєкті важливими параметрами є температура та вологість повітря. Для вимірювання цих двох компонентів було вирішено використовувати один датчик, мається на увазі що на одній платі буде розташовано два вимірюючі елементи [6]. Було знайдено декілька моделей датчиків які дозволяють виконувати нашу ціль, а саме: АНТ20, DHT-22 (AM2302), SHT30, BME280.

Розглянемо та порівняємо їх рис. 2.10 – 2.13.

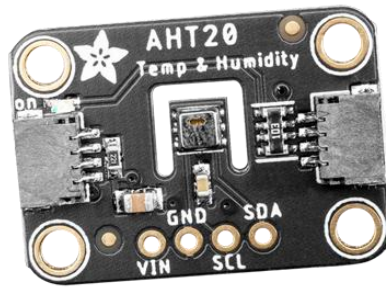


Рисунок 2.10 – Датчик АНТ20

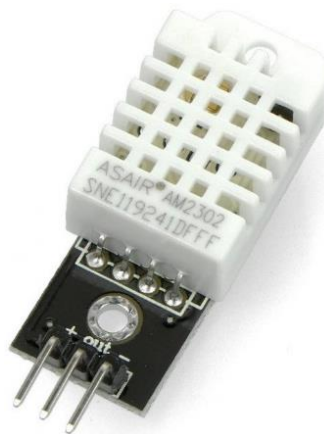


Рисунок 2.11 – Датчик DHT-22 (AM2302) [6]

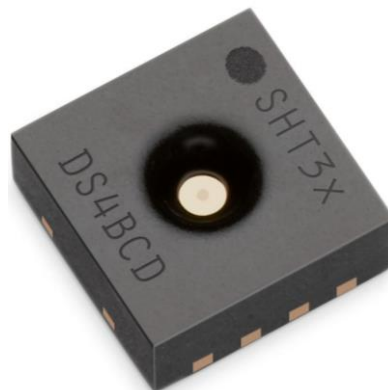


Рисунок 2.12 – Датчик SHT30 [6]

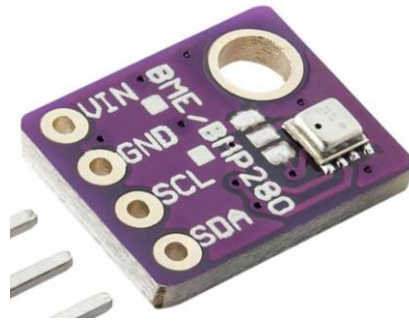


Рисунок 2.13 – Датчик BME280 [6]

Розглянемо порівняння датчиків вологості та температури табл. 2.3. Таблиця буде продемонстрована на наступні сторінці для того щоб не розривати її, це також покращить читання таблиці.

Таблиця 2.3 – Порівняння датчиків вологості та температури [6]

Назва	Діапазон вим. темпер. (°C)	Діапазон вим. вологості (%)	Зв'язок	Точність (°C)	Спожив. енергії (мА)
АНТ20	від - 40 до + 85	від 0 до 100	I2C	± 0,3	2,5
DHT-22	від - 40 до + 80	від 0 до 100	I2C	± 0,5	2,2
SHT30	від - 40 до + 125	від 0 до 100	I2C, UART	± 0,3	2,6
BME280	від - 40 до + 85	від 0 до 100	I2C, SPI	± 1,0	2,7

Було обрано датчик АНТ20 для використання в проекті, через свій широкий діапазон вимірювань температури та, високу точність вимірювань, низьке споживання енергії (приблизно 2.5 мА), популярний інтерфейс зв'язку I2C, компактний розмір і доступну ціну. Його ефективність та зручність використання роблять його ідеальним для контролю та оптимізації умов для

росту рослин в теплиці. Також він є дуже популярним і його можна швидко придбати за замінити якщо станеться аварійна ситуація.

Наступними будуть датчики вологості ґрунту, призначені для вимірювання вологості ґрунтів. Вони усі є майже аналогічні, тобто схожі між собою. Вони мають аналоговий вихід, який забезпечує простоту зчитування даних за допомогою аналогового входу мікроконтролера. Датчики повинні бути закопані у ґрунтів на певну глибину, для зчитування параметрів.

Датчики вологості працюють на принципі зміни електричного опору ґрунту в залежності від його вологості. Зі зростанням вологості ґрунту опір зменшується, і на основі цього датчик видає аналоговий сигнал, який можна інтерпретувати як вимірювання вологості. Датчики вологості по більшій частині діляться на два типи, перший тип з відкритими металевими пластинами, а другий тип датчиків має вдосконалену технологію в якій вже металеві пластини закриті та не так сильно піддаються дії зовнішніх факторів. Під дією зовнішніх факторів мається на увазі корозія металу, звичайно що оголений метал у воді та землі швидко піддається корозії, при корозії у металі з'являються тріщини і метал руйнується, що у майбутньому призведе до того що ми будемо отримувати не точні данні.

Це також показав експеримент у рамках цього проекту. Датчик вологості (з відкритим металом) був занурений у вологу землю на два тижні при постійному скануванні параметрів. І вже через 14 днів датчик вийшов з ладу. Паралельно з цим тестувався покращений датчик з закритими металевими пластинами. Він працює вже більше місяця і все добре, тому для проекту було обрано саме його. Нижче на рис. 2.14 та 2.15 розглянемо датчики з закритими пластинками металу та відкритими.



Рисунок 2.14 – Датчик вологості з відкритим металом [6]

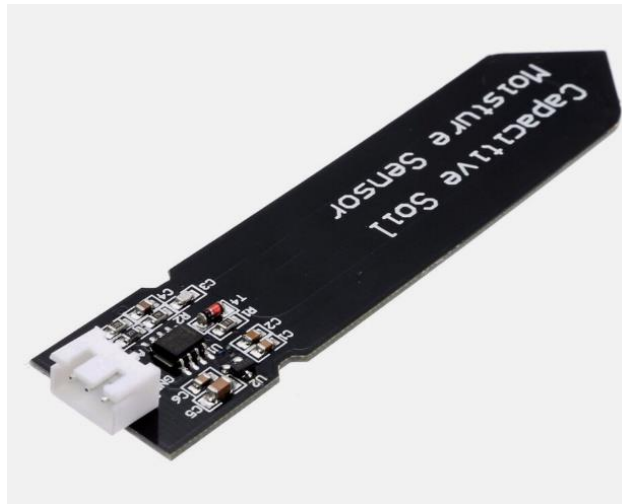


Рисунок 2.15 – Датчик вологості з закритим металом [6]

Також для відображення базових параметрів, таких як вологість, температура, вологість ґрунту, та те скільки світла падає на рослини встановимо невеликий екран біля теплиці (рис. 3.16).

Також данні які будуть відображатися на екрані будуть передаватися на сервер та заноситися то таблиці для того щоб у майбутньому будувати з цих даних графіки для аналізу зрошування рослин.

Для відображення параметрів встановимо LCD1602 з I2C інтерфейсом – це рідкокристалічний дисплей, що використовує технологію з роз’ємом I2C для спрощення взаємодії з мікроконтролерами чи іншими пристроями. Він є текстовим дисплеєм 16×2 виконаний на рідкокристалічній матриці LCD (Liquid Crystal Display), яка відображає 2 рядки по 16 символів чорним текстом на зеленому підсвічуванні.

Матриця екрану підключена до контролера Hitachi HD44780, який дозволяє виводити цифри, латиницю та набір зашитих типографських символів [6].

Для економії пінів мікроконтролера на платі дисплейного модуля розпаяно LCD конвертор Flash-I²C, який перетворює штатний 8-бітний паралельний інтерфейс індикатора в шину I²C. У результаті підключаємо дисплей до контролера всього по двох дротах.

Таблиця 2.4 – Опис пінів дисплею [6]

Контакт	Опис	Підключення
GND	Живлення дисплею (-)	Підключення до землі
VCC	Живлення дисплею (+)	Підключення до 5 В
SDA	Лінія даних I ² C	Пін SDA
SCL	Лінія тактування I ² C	Пін SCL

Розглянемо також вигляд LCD1602 рис. 2.16.



Рисунок 2.16 – Дисплей LCD1602 [6]

Наступний елементом буде реле-керування [7]. Реле є електромеханічним пристроєм, призначеним для керування електричними колами, вмикаючи або вмикаючи їх залежно від стану керуючого контуру. Основними компонентами реле є котушка, контакти, ядро та корпус. Коли струм протікає через котушку, вона генерує магнітне поле, яке впливає на контакти, змушуючи їх перемикатися. Цей процес дозволяє нам контролювати електричні пристрої чи лінії за допомогою електричного сигналу.

Використання реле дозволить нам керувати в проєкті такими елементами як лампа для освітлення, насосом для поливу рослин, а також сервоприводом для керуванням даху теплиці.

Реле також може використовуватися для захисту електричних пристроїв від перенапруги.

Конструкція реле є простою. Розглянемо її нижче на рис. 2.17. Цей рисунок дає змогу дуже наглядно та просто зрозуміти роботу реле у вимкненому та у ввімкненому режимі роботи.

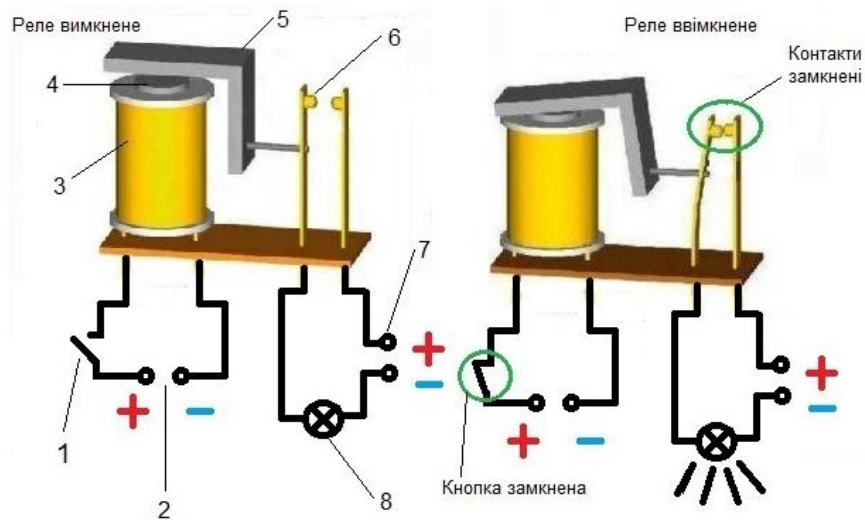


Рисунок 2.17 – Побудова реле [7]

На рис. 2.17 присутні наступні елементи: 1 – кнопка, 2 – подача живлення на котушку, 3 – котушка, 4 – феромагнетний стержень, 5 – яркір, 6 – контакти, 7 – подача живлення на виконувчий прилад, 8 – лампочка.

Також для автоматизованої теплиці було придбано два види реле. Два реле на одній платі та одне реле на одній платі. Яке реле буде використатися буде залежати від кінцевого корпусу теплиці. Розглянемо на рис. 2.18 – 2.19.

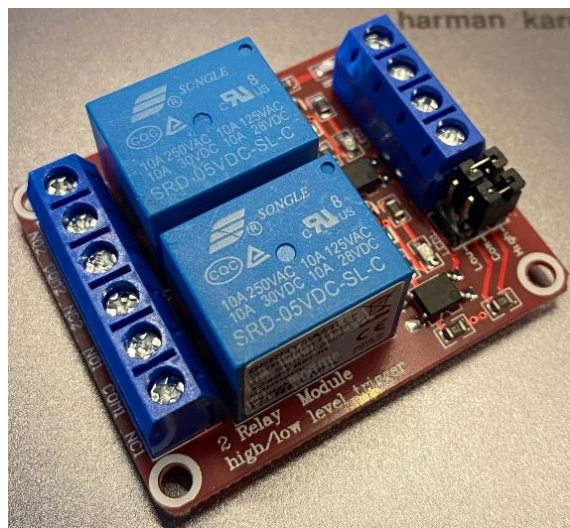


Рисунок 2.18 – Два реле на одній платі



Рисунок 2.19 – Одне реле на одній платі

Для поливу буде використовуватися міні-насос який працює в діапазоні від 3 до 5 вольт. Такі міні-насоси є дуже поширеними в таких проектах, мають також не великий розмір та невелику вагу. Насос має лише два дроби це + та -. Він буде підключений не на пряму до мікроконтролера а через реле та також буде під'єднаний до додаткового джерела струму. Насос буде занурений у воді. Також такі насоси мають низький рівень шуму, що також є плюсом. Розглянемо вигляд міні-мотора рис. 2.20.



Рисунок 2.20 – Міні-насос для води [7]

Останнім компонентом управління буде світлодіодне (LED) освітлення. Воно стало популярним і ефективним вибором для освітлення теплиць та рослин взагалі.

Розглянемо основні характеристики та переваги світлодіодного освітлення:

- енергоефективність, світлодіоди споживають менше енергії порівняно з іншими типами ламп, такими як галогенові або натрієві лампи. Це робить їх екологічно чистим та вигідним для експлуатації;

Видно, що така технологія дозволяє вкривати наші рослини повністю світлом. Це забезпечує повноцінне зростання рослин на повній поверхності теплиці.

Також для того щоб більш точніше керувати вологою у теплиці, будуть використані кулери, вони дозволять видути вологу до необхідного параметру. Для зрошування рослин волога повинна бути в межах 60 % та 75 %. Якщо вона буде перевищувати ці параметри то листя рослин можуть почати руйнуватися і сама рослина почне помирати.

Розглянемо які саме кулери було встановлено на рис. 2.22.



Рисунок 2.22 – Кулери, що використовуються

Також як вже розглядалося у розділі 2.1 буде використано модуль Bluetooth, а саме Bluetooth модуль HC-05. Він буде представлений на рисунку нижче (рис. 2.22). Так як протокол передачі який використовує Bluetooth UART, то за допомогою модуля будуть як передаватися данні так і прийматися, усе це буде працювати паралельно так як UART дає нам змогу працювати в асинхронному режимі.

Bluetooth допоможе налаштувати більш гнучке керування цілою системою, так як є можливість керувати з ноутбука чи з телефона. Також Bluetooth дає

можливість швидкого підключення до ноутбуку і не потребує довготривалого налаштування. Розглянемо модуль на рисинку 2.23.

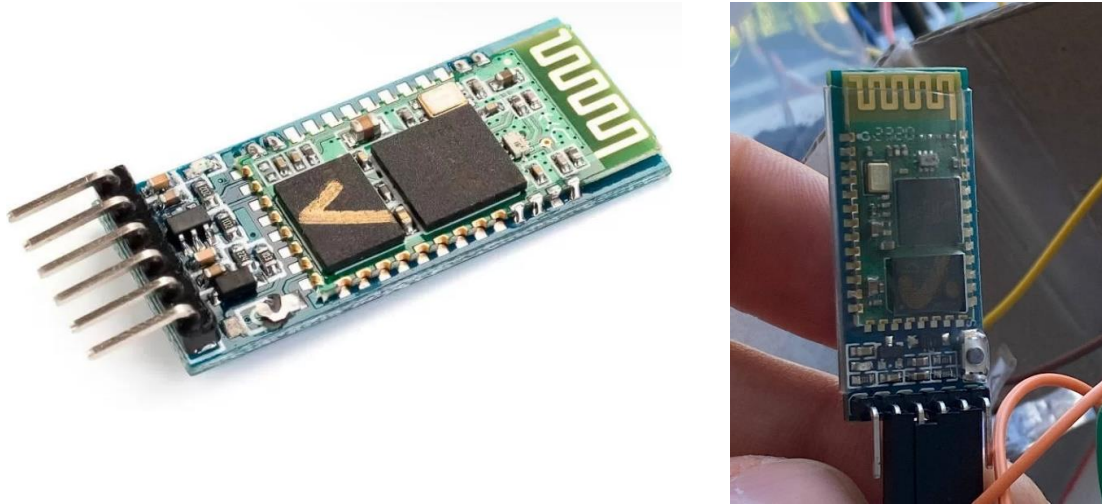


Рисунок 2.23 – Bluetooth модуль HC-05

Керування усім пристроєм є мабуть найголовнішим. Тобто мозок усієї системи, саме невеликий мікроконтролер є однією з найголовніших елементів усього пристрою. На ринку представлено багато варіантів плат з вбудованими мікроконтроллерами, які дозволяють виконувати безліч різних запитів і безліч проектів різної важкості. Розглянемо три основні та цікаві платформи для розробки у випадку автоматизованої портативної теплиці.

Першим варіантом є Arduino, розглянемо на рис. 2.24. Arduino використовує мікроконтролери AVR (наприклад, ATmega328P для Arduino Uno) [8]. Ці мікроконтролери мають обмежену кількість пам'яті та обчислювальну потужність. Пам'яті на борту лише 32 КБ флеш-пам'яті та 2 КБ SRAM.

Мають також ні Wi-Fi ні Bluetooth. Але вже з четвертого покоління тобто Arduino Uno 4 вже має Wi-Fi. Також піни Arduino не підтримують так багато протоколів зв'язку як наприклад ESP32. Arduino має чудовий інтерфейс програмування, що не потребує вивчення самого МК ATmega328P та програмується легко за допомогою мови C++. Робоча напруга плати також становить 5 V, що у цьому проекті є позитивним.

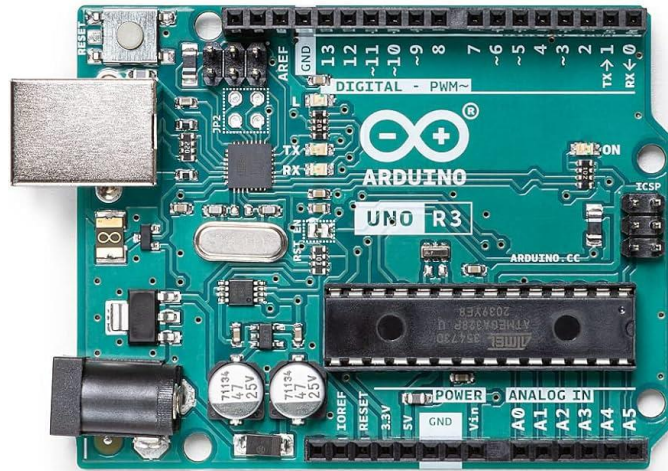


Рисунок 2.24 – Arduino Uno [8]

Наступним дуже схожим варіантом є ESP32 (рис. 2.25). Ця платформа використовує мікроконтролери Xtensa LX6 (32-бітні) з подвійним ядром. Це дає більше можливостей для розробки. Центральний процесор, двоядерний, працює на частоті до 240 МГц. Пам'ять МК складає 520 КБ SRAM та 4 МБ флеш-пам'яті, що є вразі більше ніж на Arduino. Також цифрові входи та виходи підтримують більше протоколів, а саме PWM, I2C, SPI, UART. Для розробки коду можна також використовувати Arduino IDE або PlatformIO [8].

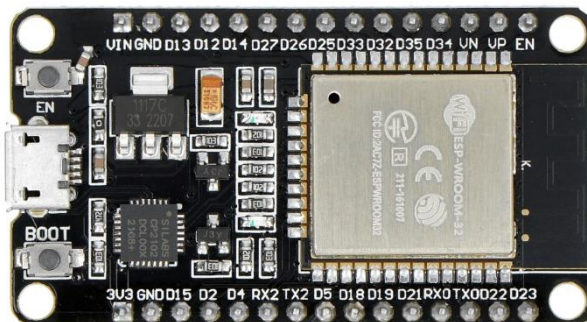


Рисунок 2.25 – ESP32 [8]

Загалом ці дві платформи є схожими та можуть обидві використовуватися у схожих проектах. Доречним є брати ESP32 коли проект є великим і програма яка буде записана у контролер буде великою, якщо програма велика то вона просто не знайде достатньо пам'яті в МК ATmega328P. Також ESP32 є гарним

варіантом для використання у низьковольтових зв'язках наприклад тільки з якимось датчиками які потребують 3.3 V саме стільки потрібно ESP32 для коректної роботи. У випадку автоматизованої теплиці була все ж таки використана Arduino так як вона працює від 5 V і не потребувала би якогось перетворювача напруги з 5 V до 3 V. Також була обрана Arduino просто із-за того що проект не великий і пам'яті також Arduino має удосталь. Arduino підтримує усі необхідні протоколи які були використані (I2C, UART). Має також практичне підключення по живленню, що також не потребує додаткового обладнання.

2.3 Визначення технічних вимог до системи

Для розробки автоматичної теплиці також треба враховувати ключові аспекти які будуть розписані в цьому розділі.

Одним з перших аспектів – це взаємодія між датчиками. Вони повинні контактувати між собою та обмінюватися інформацією між головним МК. Це можна зробити за допомогою деяких протоколів зв'язку такими як SPI (Serial Peripheral Interface), UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), CAN Bus (Controller Area Network), 1-Wire, I2C.

Для передачі даних між МК та датчиками було обрано I2C шину, так як дуже багато датчиків працюють саме з таким протоколом передачі даних [13]. I2C використовує дві лінії такі як SDA (для даних) та SCL (для такту), працює в режимі мастер-слейв, де мастер ініціює передачу даних. Розглянемо блок схему роботи протоколу I2C на рис. 2.26.

Наступний протокол який був використаний це UART. Також дуже використований протокол зв'язку між пристроями. Його використано у проекті для підключення МК до ноутбука, тобто через цей протокол йде розмова з МК. Передача даних проходить по двом каналам RX та TX, також передача даних проходить асинхронно, що дозволяє одночасно передавати данні на МК та паралельно отримувати параметри наприклад з датчиків (параметри

температури, вологості, освітлення). Розглянемо також принцип роботи UART на додатковій блок-схемі на рис. 2.27.

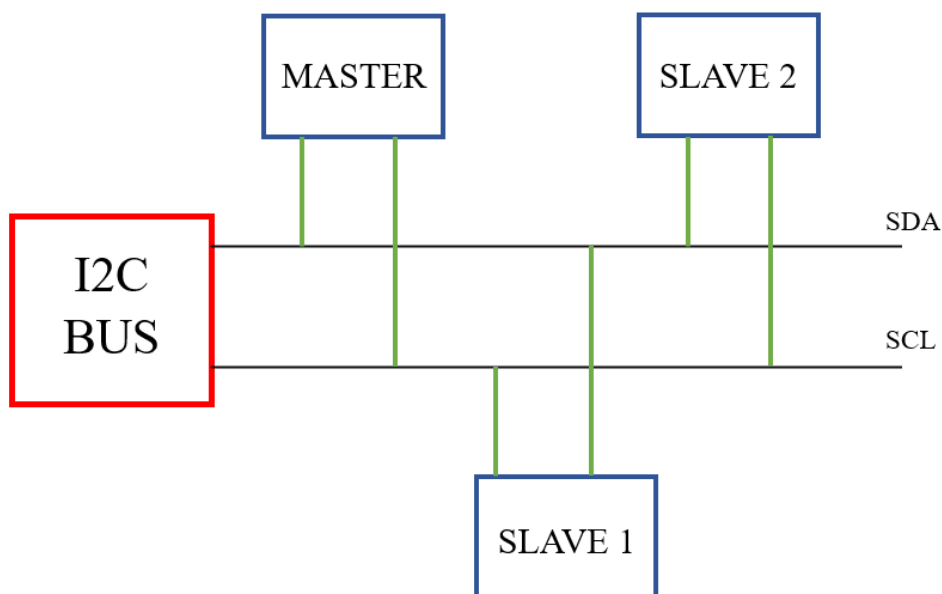


Рисунок 2.26 – Блок-схема роботи I2C протоколу

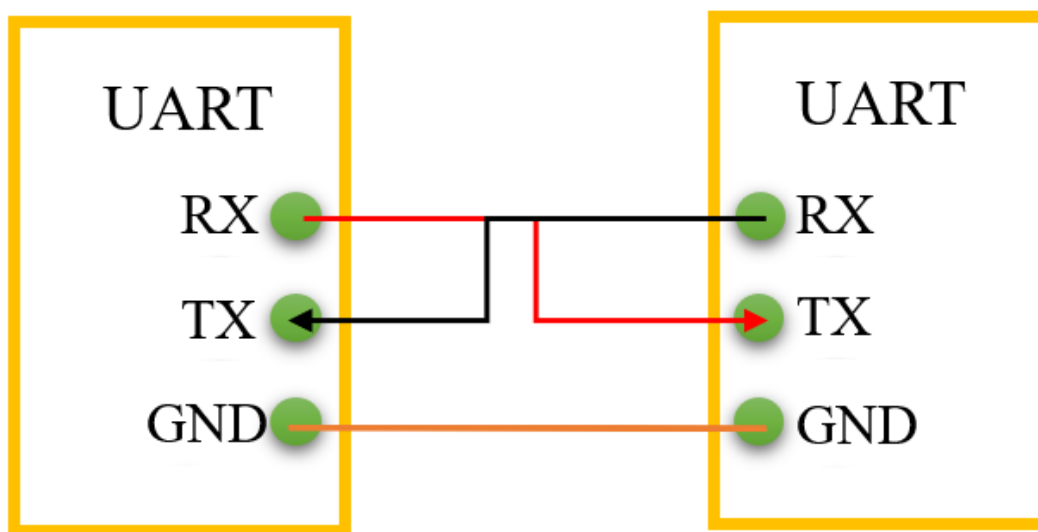


Рисунок 2.27 – Блок-схема роботи UART протоколу

Тобто за допомогою протоколу I2C можливо дуже просто та швидко отримувати інформацію з багатьох датчиків, що є на ринку, що також дозволяє нам дуже швидко замінити якийсь датчик чи додати датчики для розширень можливості теплиці [14]. А UART дозволяє розмовляти з МК через кабель або за допомогою Bluetooth.

Також як вже згадувалося у теплиці є керування за допомогою Bluetooth, який є також одним із ключових аспектів, це дає змогу керувати теплицею як у автоматичному режимі так і у ручному при цьому це не потребує підключення кабелю. А також так як протокол UART є асинхронним то технологія Bluetooth дозволяє нам також паралельно отримувати данні з датчиків. Із варіантів бездротового зв'язку є також Zigbee, Wi-Fi але було обрано Bluetooth із-за його доступності на ринку.

Також одним із важливих аспектів є запам'ятовування даних та передача на сервер. А саме даних про температуру, вологість землі, вологість повітря та освітлення теплиці. Це дозволить розуміти як поводитися себе параметри на протязі довгого часу.

Якщо передача даних на сервер не завжди можлива (наприклад, через відсутність зв'язку), система повинна мати можливість зберігати дані локально. Пам'ять для запам'ятовування даних дозволить зберігати інформацію про події, які відбулися, поки з'єднання відновиться.

Також потрібно взяти до уваги то це логічна мова програмування та чіткий код. Важливо використовувати логічні мови програмування, які спрощують розробку та зрозумілі для розробників, про мову програмування та середовище програмування буде описано у наступному розділі більш детально і конкретно, яка мова програмування була використана та чому саме ця мова.

Код повинен бути написаний чітко, з коментарями та документацією, щоб інші розробники могли легко розібратися в його функціональності.

Також увагу треба приділяти живленню усієї системи у цілому. Тобто треба підбирати правильний блок живлення. У цьому випадку було обрано блок живлення на 5 V, 2,1 A (блок живлення початково призначався для телефону).

Тобто блок живлення може віддати максимально 2,1 A. Так як до цього блока живлення будуть підключені лише виконавчі елементи, тобто два вентилятори, одна помпа для води, три реле та LED-освітлення. Два вентилятори потребують 400 мА, помпа для води потребує 300 мА, три реле 210 мА та LED-освітлення потребує 500 мА. Разом це 1410 мА. Тобто залишається ще 690 мА.

Сама Arduino, датчик АНТ20, ВН1750, датчик вологості та модуль Bluetooth отримують енергію від повербанка.

Щоб забезпечити ефективну роботу автоматизованої теплиці, необхідно враховувати кілька ключових аспектів. По-перше, правильне розташування теплиці має величезне значення для її продуктивності. Вона повинна бути розміщена на рівній поверхні, щоб уникнути проблем зі стіканням води та забезпечити рівномірний доступ до світла для всіх рослин.

Додатково, важливо, щоб теплиця була розміщена неподалік розетки, щоб забезпечити постійне живлення для всіх автоматизованих компонентів, таких як системи поливу, освітлення та вентиляції. Це допоможе уникнути перерв у роботі теплиці через відсутність електропостачання.

Крім того, оптимальне розташування теплиці в зоні з великою кількістю сонячного світла є ключовим для забезпечення здорового росту рослин. Якщо теплиця знаходиться в області з недостатнім освітленням, це може призвести до нестачі енергії для фотосинтезу та зниження урожайності. Тому розміщення теплиці поруч з місцем, де отримується найбільше сонячного світла, допоможе знизити залежність від штучного освітлення та витрат енергії.

Узагальнюючи, правильне розташування автоматизованої теплиці відіграє ключову роль у її ефективній роботі та врожайності. Враховуючи ці аспекти, можна забезпечити оптимальні умови для вирощування рослин та максимізувати їх потенціал.

2.4 Моделювання процесу фотосинтезу в теплиці для реалізації контролю навколишнього середовища в портативній теплиці

Система керування освітленістю в розумній теплиці має на меті забезпечити ефективне використання світла для фотосинтезу рослин, з мінімальним споживанням ресурсів. Основним завданням є збалансування концентрації вуглецевого газу (CO_2) та потужності освітлення ($I_{\text{світло}}$), необхідних для оптимального фотосинтезу рослин.

Одним зі способів керування потужністю випромінення лампи є використання виразу Ван Хентена [15], який враховує співвідношення між концентрацією CO_2 та потужністю світла, необхідних для максимального фотосинтезу.

$$f_{\text{фотосинтезу, max}} = \{g_{\text{CO}_2} \times p_{\text{CO}_2} (\text{CO}_2 - \Gamma)\} / \left\{1 + g_{\text{CO}_2} \times p_{\text{CO}_2} \times \frac{(\text{CO}_2 - \Gamma)}{(c_{\text{rad,phot}} \times I_{\text{світло}})}\right\},$$

де $c_{\text{rad,phot}}$ – ефективність використання світла, частка випромінення, яке бере участь у процесі фотосинтезу, $[\text{кг} \times \text{Дж}^{-1}]$;

$I_{\text{світло}}$ – потужність фотосинтетично активного світлового випромінення на одиницю площі поверхні теплиці, $[\text{Вт} \times \text{м}^{-2}]$;

g_{CO_2} – провідність листів для дифузії вуглецевого газу крізь їх поверхню, $[\text{м}/\text{с}]$;

p_{CO_2} – густина вуглецевого газу (стала), $[\text{кг} \times \text{м}^3]$;

CO_2 – концентрація вуглецевого газу в повітрі, $[\text{ppm}]$;

Γ – точка компенсації вуглецевого газу, яка відповідає фотосинтезу при високому рівні освітленості, $[\text{ppm}]$.

Застосовуючи вираз зверху та проводячи моделювання в середовищі Simulink, є можливість досліджувати цей процес та отримати важливі висновки щодо оптимальних значень концентрації вуглецевого газу та потужності світла для досягнення максимальної швидкості фотосинтезу рослин.

Тож було побудовано схему у Simulink та під час моделювання було досліджено залежність швидкості фотосинтезу від потужності світлового випромінення при різних значеннях концентрації вуглецевого газу.

Розглянемо нижче на рис. 2.28 схему у середовищі моделювання та розробки Simulink, також результати цього моделювання були занесені до таблиці 2.5, а також представлено висновок за таблицею.

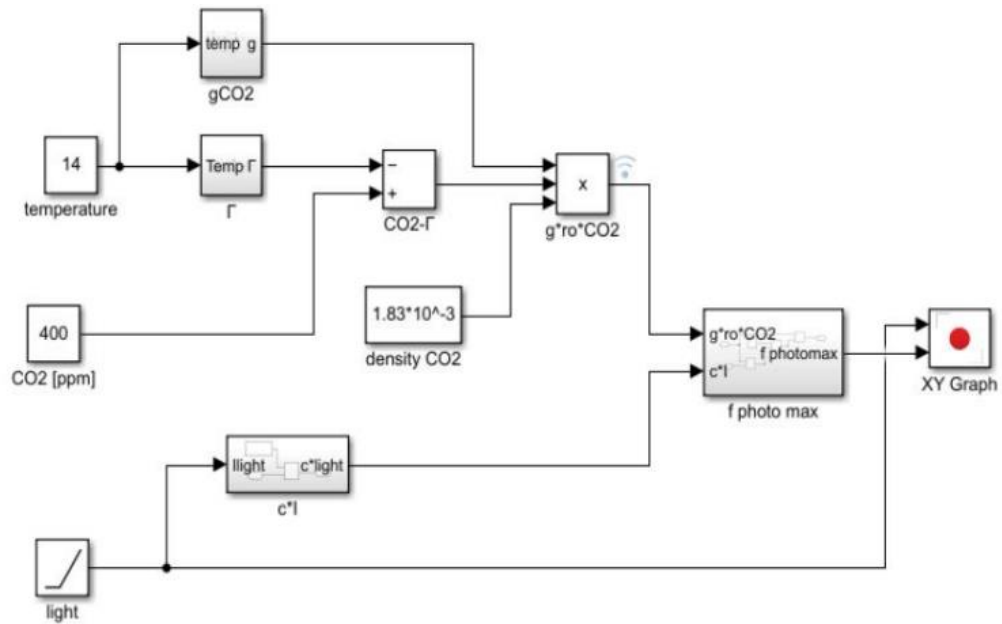


Рисунок 2.28 – Модель у Matlab Simulink, що реалізує вираз Ван Хентена

Під час моделювання було проведено дослідження для різних значень концентрації вуглецевого газу, що варіювалися від 400 ppm до 1200 ppm з кроком у 200 ppm. Для кожної з цих значень було визначено потужність світла, при якій відбувалося насичення, тобто швидкість фотосинтезу майже не змінювалася при подальшому збільшенні потужності світла. Це свідчить про те, що додаткове збільшення потужності світла було недоцільним, оскільки це не мало значного впливу на швидкість фотосинтезу.

Результати досліджень, зібрані під час моделювання, були представлені в таблиці 2.5. У таблиці вказані значення концентрації CO_2 та відповідні потужності світла, при яких відбувалося насичення [15].

Таблиця 2.5 – Результати моделювання у Matlab Simulink

Концентрація CO_2	400	600	800	1000	1200
Потужність світла	700	1000	1400	1700	2100
Співвідношення	0,57	0,6	0,57	0,59	0,57

З аналізу таблиці 2.5 можна зробити висновок, що співвідношення між концентрацією вуглецевого газу і потужністю світла, що використовується для

фотосинтезу, знаходиться в діапазоні від 0,57 до 0,6. Це означає, що для регулювання потужності світла на одиницю площі теплиці можна використовувати коефіцієнт 0,6, який залежить від концентрації CO_2 . Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальні умови фотосинтезу з урахуванням потреби рослин у світлі і концентрації CO_2 .

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ПОРТАТИВНІЙ ТЕПЛИЦІ

3.1 Розробка алгоритмів та програмного коду для Arduino на базі мікроконтролера Atmega 328P

Програма була написана в середовищі Arduino IDE – це спеціальне середовище яке налаштоване на роботу з Arduino різних форматів. Arduino IDE використовує мову програмування, яка базується на C/C++. Ця мова має кілька особливостей, орієнтованих на легкість використання для початківців і швидкість розробки прототипі.

Структура програми в Arduino не складна та складається з двох основних функцій – `setup()` і `loop()`. `setup()` – викликається один раз при початку роботи мікроконтролера, тоді як `loop()` – виконується безперервно. Arduino підтримує стандартні типи даних, такі як цілі числа (`int`), дійсні числа (`float`), символи (`char`) та інші типи даних які існують в C. Також користувач може визначати свої власні функції поза `setup()` і `loop()`, а також використовувати вбудовані функції для взаємодії з пінами, затримкою та іншим. Що також є великим плюсом то це бібліотек для різноманітних завдань, а саме те що їх дуже багато, таких як керування світлодіодами, робота з сенсорами, робота з моторами, різні бібліотеки для датчиків, різні бібліотеки для роботи з зовнішньою камерою та інше. Також є можливість створювати власні бібліотеки, що є також зручним інструментом.

Загалом, мова програмування в Arduino IDE є легкою для вивчення і використання, зосереджуючись на простоті і швидкості розробки прототипів. Це дає змогу дуже швидко переробити програму та швидко підлаштувати її.

Також Arduino IDE дає змогу дуже швидко через COM Port завантажити програму на саму Arduino, що також є дуже зручним. Не потрібно ніяких додаткових модулів для прошивання.

Розглянемо нижче головне вікно програми (рис. 3.1), та впевнимся, що воно є дуже легким для розуміння і не вимагає довгого ознайомлення з самим інтерфейсом програми, що дає змогу дуже швидко почати писати код та тестувати його.

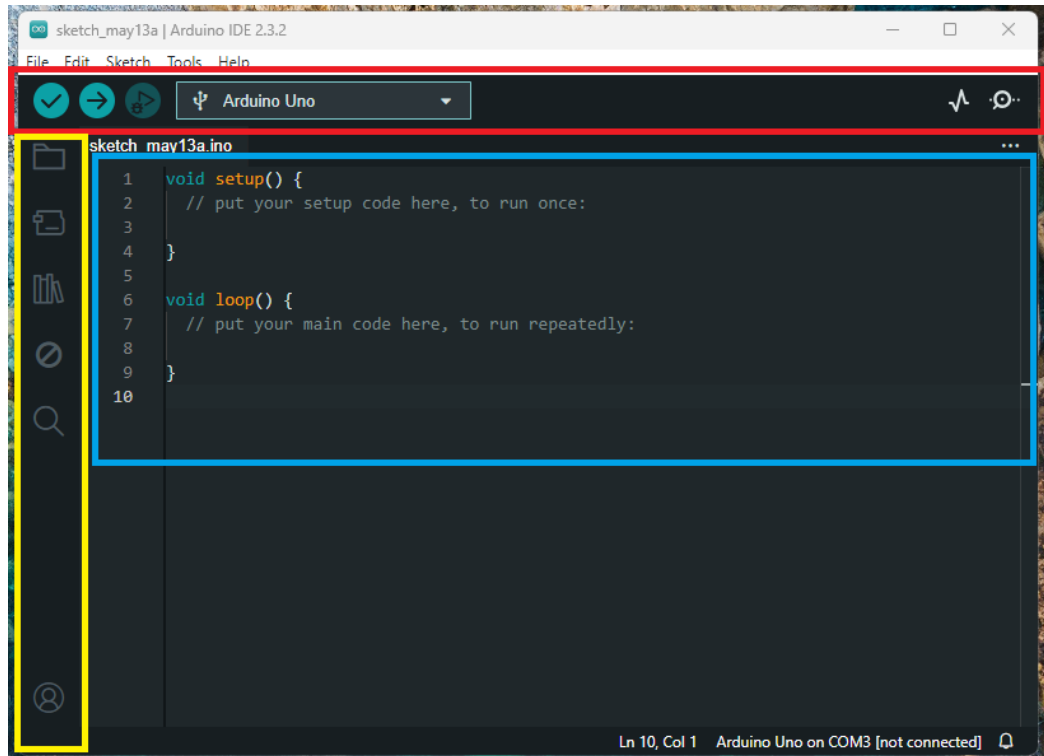


Рисунок 3.1 – Головне вікно Arduino IDE

Умовно є змога розділити програму на три розділи та відобразити розділи певним кольором для кращого розуміння.

Розділ перший який був виділений жовтим кольором, дає можливість додати нові файли до проекту, підключити різні бібліотеки для роботи з додатковими компонентами наприклад датчиками чи спеціальну бібліотеку для керування світовою LED стрічкою.

Другий розділ який виділений червоним кольором дає можливість обрати певний COM Port через який буде прошиватися Arduino. Також можна за допомогою розділу прокомпілювати програму не заносючи її до МК. Також з права в виділеному розділі можна відкрити монітор COM та відслідковувати деякі команди.

Синім виділено середовище для написання коду, що містить дві функції.

Розглянемо алгоритм на рис. 3.2, до коду (код знаходиться у додаток А) програми в середовищі Arduino IDE. Алгоритм починається з підключення бібліотек, а саме таких як Wire.h, АНТ20.h, ВН1750.h ці бібліотеки були написані іншими розробниками спеціально для тих датчиків які використовуються у проєкті. Далі був використаний #define, та через #define прописані піни підключення реле-керування, ця команда покращує розробку, наприклад при переході на інші піни треба змінити цифру лише зверху коду у полі з #define, а не у всьому коді. Далі були проаналізовані датчики за допомогою персональних команд з бібліотек та задано декілька змінних int, bool та string.

Далі відображено роботу головного циклу void loop(). void loop() в Arduino IDE – це обов’язкова функція, яка виконується безперервно після ініціалізації у функції setup().

Сама ідея полягає у тому, що за допомогою команди if(Serial.available()) перевіряється чи надходить на порт читання якась інформація, якщо так то буде виконуватися певні команди, але якщо ні то будуть виводитися лише данні на екран монітора. Під словами певні команди, мається на увазі робота в автоматичному режимі, робота якого буде побудована на даних та параметрах з датчиків чи робота в ручному режимі, коли людина за допомогою застосунка на ПК зможе віддавати команди на пристрій для наприклад вмикання світла, чи вмикання насосу для подачі води.

Алгоритм розроблено з точки зору розуміння програми. І її загальної роботи. Тут не має мітки кінця. Також у даній програмі ніколи і не буде кінця так як коли програма входить в безкінечний цикл loop. Вона в ньому і залишиться і не буде з нього виходити чи повертати якусь команду яка буде індефікувати про закінчення якоїсь роботи.

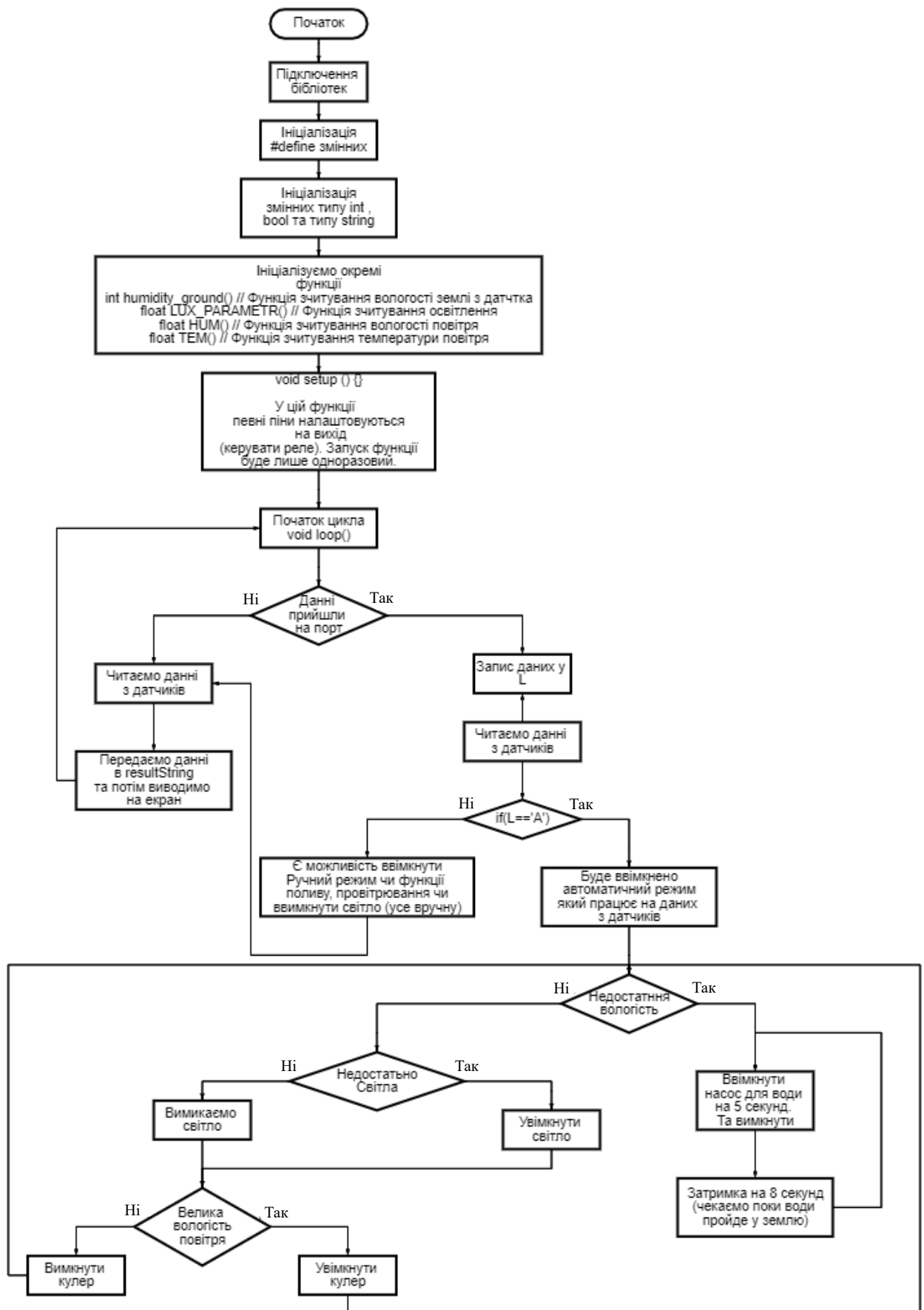


Рисунок 3.2 – Алгоритм роботи програми для портативного пристрою зрошування рослин

3.2 Розробка схеми підключення компонентів

Перед тим як повністю зібрати усі компоненти, спочатку було розроблено схему підключення на аркуші паперу, цей перший варіант представлено на рис. 3.3.

Збірка електричної схеми на папері перед практичним виконанням має кілька важливих переваг наприклад це планування та організація. Електрична схема на папері допомагає візуально уявити, як будуть з'єднані компоненти. Це дозволяє спланувати розташування елементів і проводів, що спрощує процес монтажу.

Другою перевагою можна виділити змогу добре виявити помилки. Заздалегідь перевіривши схему, можна уникнути неправильних з'єднань, які можуть призвести до короткого замикання або інших проблем.

Що також є корисним то це можливість наглядно провести розрахунки. На папері можна легко виконати необхідні розрахунки для визначення параметрів компонентів, таких як резистори, конденсатори тощо, що допомагає запобігти використанню невідповідних елементів.

Також важливим критерієм є оптимізація. Можливість випробувати різні варіанти розміщення компонентів і трасування проводів на папері дозволяє вибрати найбільш оптимальний варіант, що спрощує подальшу збірку та обслуговування пристрою.

Загалом, проектування електричної схеми на папері став важливим етапом, який забезпечив ефективність, безпеку та якість кінцевого електричного приладу. Схема на папері не є кінцевою, а лише першою схемою. Звичайно у сучасному світі важливу роль грають схеми які вже представлені в електронному вигляді і які легко передавати від одного розробника до іншого. Така схема також буде представлена на рис. 3.5. Також ця схема стала остаточною та саме за нею було проведено зборку кінцевого макету, але спочатку і за першою схемою було складено реальний макет, та за допомогою цього було знайдено один недолік.

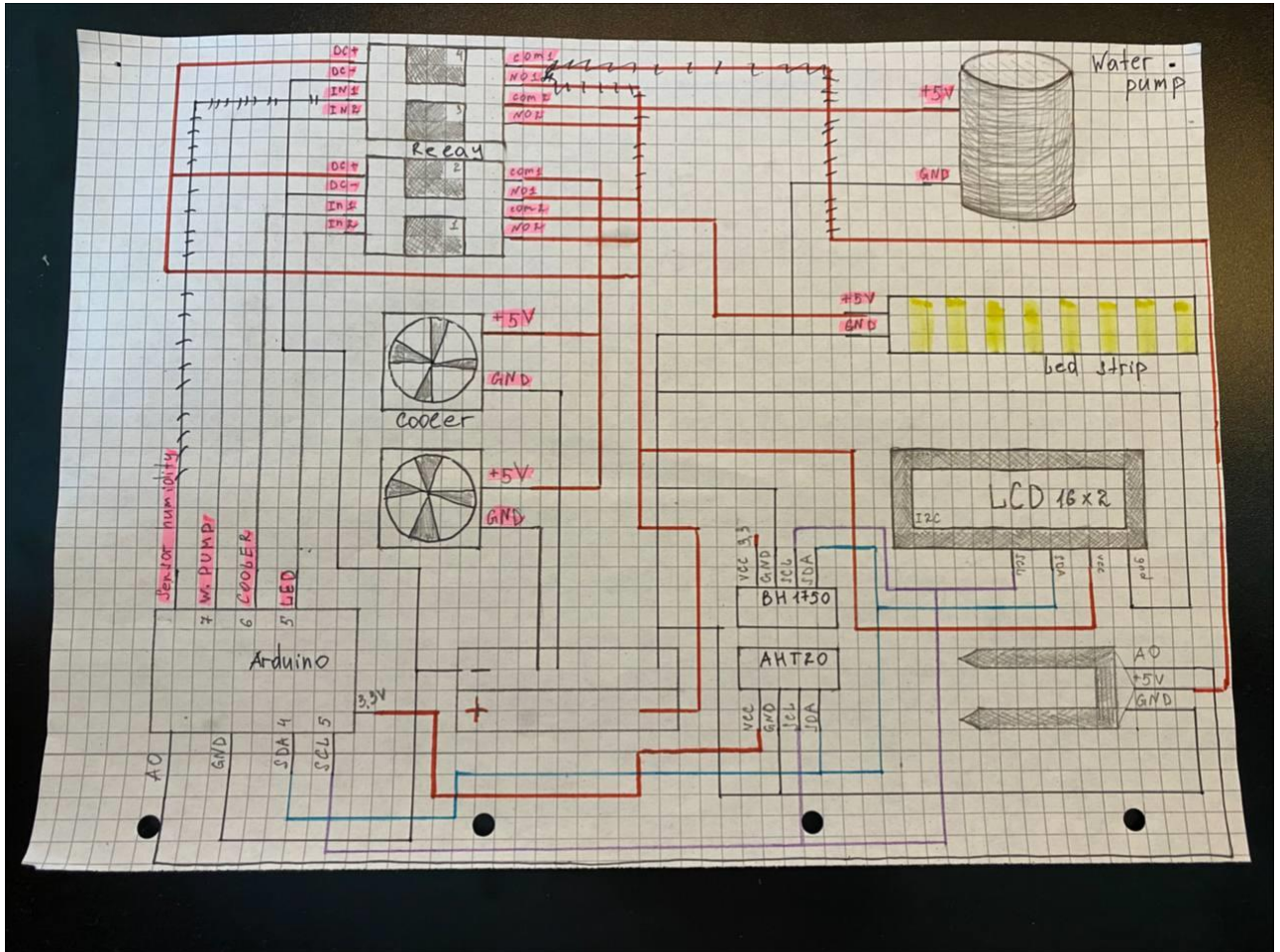


Рисунок 3.3 – Першочергова схема підключення компонентів

За схемою на рис. 3.3 видно, що підключено LCD екран, який початково призначався для виведення інформації для користувача, але після тесту виявилось, що екран може працювати стабільно лише при напрузі у 5 вольт. А у цьому ланцюгу підключаються такі компоненти як насос, світова стрічка, які хитають напругу в діапазоні від 4,4 до 4,9 вольт, також спротив у блоку живлення не дає можливості отримати ті самі 5 вольт (які вказані на його корпусі), а лише 4,9 вольт при підключенні напруги тієї ж самої світової стрічки чи іншого електричного компоненту.

Також стало зрозуміло, що потрібно додати модуль передачі даних, а саме Bluetooth модуль HC-05. Розглянемо нижче на рис. 3.4 також експеримент підключення екрану, а саме коли екран один в електричному ланцюгу чи наприклад з світовою стрічкою.

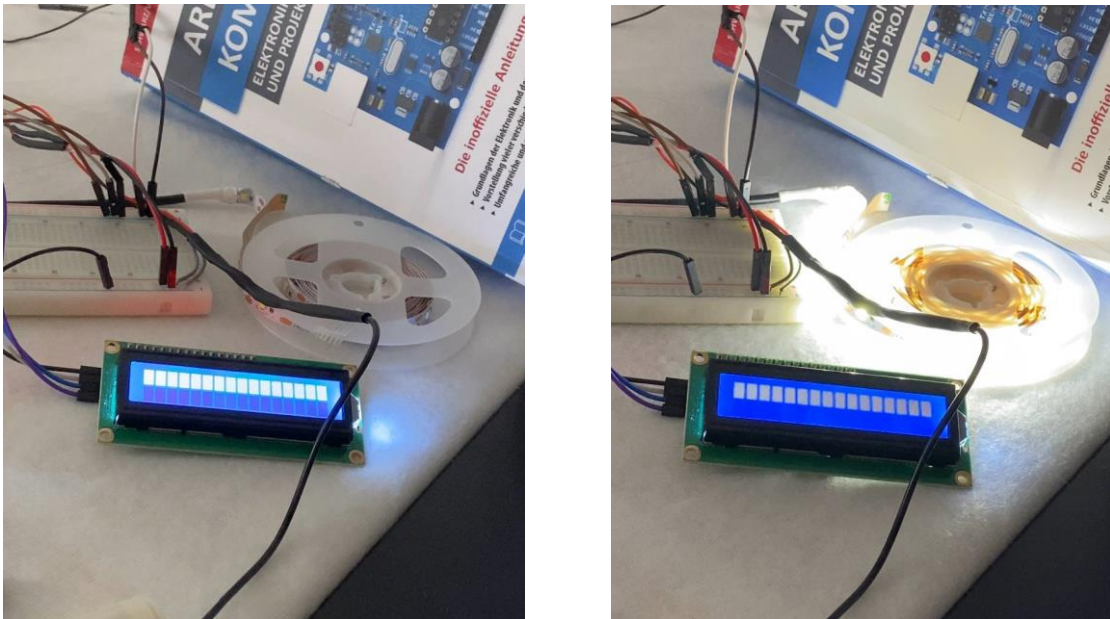


Рисунок 3.4 – Експеримент з екраном

Видно що зліва у екрана ще є чорні квадрати це свідчить про те що він коректно зможе виводити дані, але коли напруга знижується, як наприклад при підключенні світової стрічки з права, видно, що ці квадрати знизу зникають, що свідчить про те що інформацію вже просто не можна побачити. Тож навіть при спаданні напруги на 0,2 вольти цей екран вже не буде виводити дані, також вимірювання проводилися за допомогою мультиметра з точністю у 5 %, що є досить точним для такого проекту.

Остаточна схема підключення представлена на рис. 3.5. Вона вже не має екрану та має модуль Bluetooth для передачі та прийому даних. Такі компоненти як насос, кулери та стрічка LED підключені через реле для керування напругою через реле. Живлення Arduino проходить через павер банк. Також від Arduino живляться датчики та модуль Bluetooth (3.3 V). Основне живлення йде від блоку живлення у 5 вольт (значення що зазначено на корпусі). Через 5 вольт отримують напругу реле, а також компоненти які до них підключені. Все також було підключене без великої пайки, деякі елементи все ж таки були припаяні, але більшість компонентів підключена через спеціальні дроти які не потребують пайки та можуть приєднуватися просто так. Така технологія дає змогу дуже швидко вносити правки до проекту.

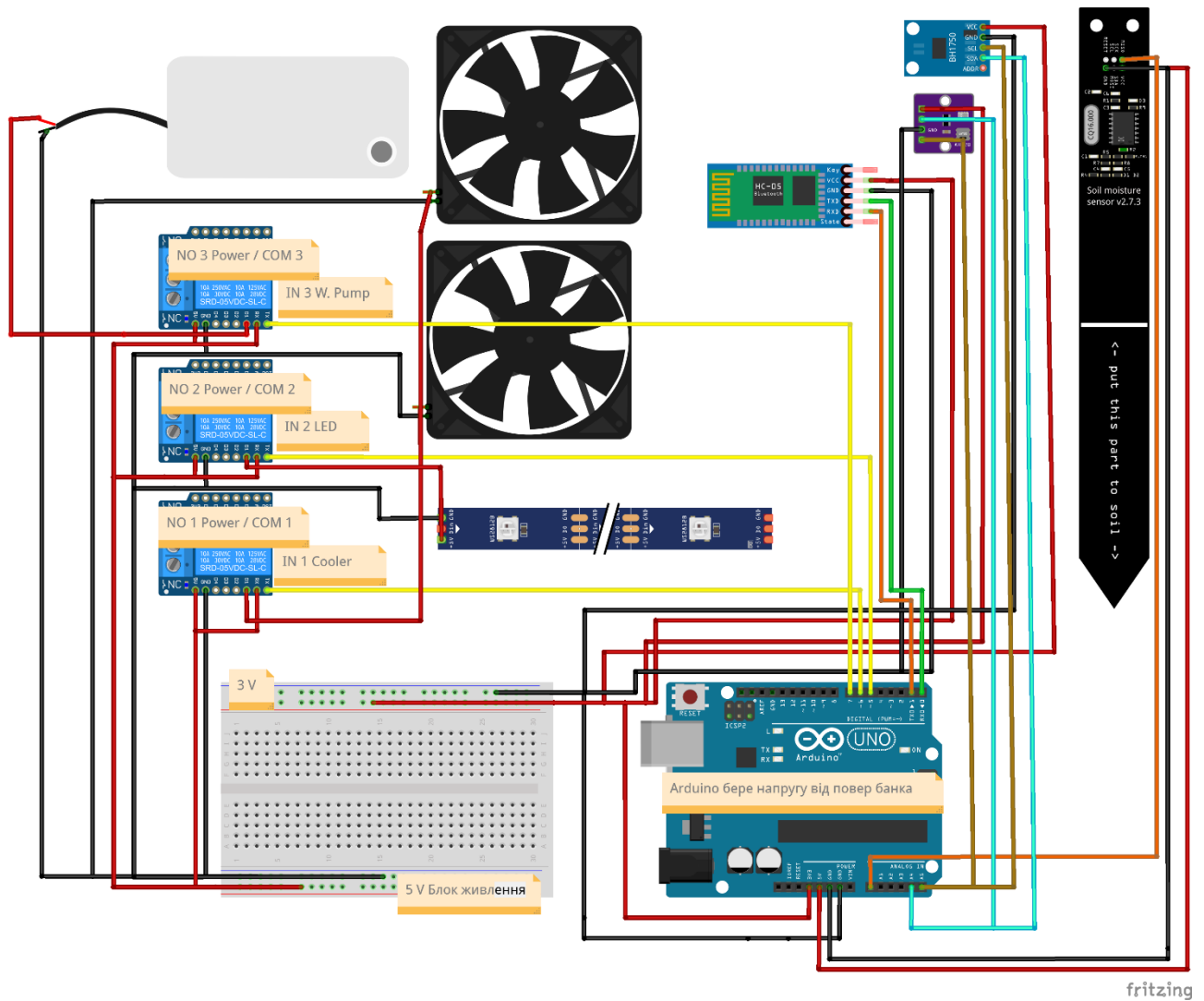


Рисунок 3.5 – Схема підключення усіх компонентів до мікроконтролера

Проектування кінцевої схеми було зроблено за допомогою програмного забезпечення Fritzing.

Fritzing — це програмне забезпечення для документування та поширення електронних схем. Воно дозволяє користувачам створювати схеми, плати, та макети для електронних проектів.

Дуже зручно, що програма вже має велику кількість компонентів усередені, що також є дуже гарним, то це те що деякі розробники роблять спеціальні файли, тобто компоненти які можна дозавантажити до Fritzing і графічно відобразити в проекті. За допомогою такої різноманітності вдається створювати схеми на яких дуже чітко видно які компоненти використовуються та як вони виглядають. Це надає краще зрозуміти роботу, того чи іншого проекту.

3.3 Розробка користувача інтерфейсу у Microsoft Visual Studio

Для керування пристроєм було розроблено додаток на ПК за допомогою Microsoft Visual Studio. Використовувалась технологія .NET розробки разом з мовою програмування C#.

Visual Studio надає інструменти для розробки, налагодження і розгортання додатків .NET. Це середовище розробки має розширені можливості для роботи з кодом, інтеграцію з системами контролю версій, інструменти для автоматизованого тестування та багато інших функцій. Тому саме воно і було обрано для проекту. Нижче на рис. 3.6 буде представлено вікно застосунку. А також на рис. 3.7 показано підключення по Bluetooth. Також у додатку Б буде повний код роботи на C#.



Рисунок 3.6 – Головне вікно керування пристроєм

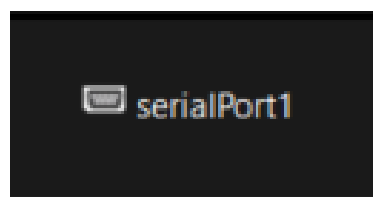


Рисунок 3.7 – Підключення по Bluetooth до застосунку

З рис. 3.6 видно, що теплиця має два режими роботи, перший це автоматичний та другий це ручний режим керування. Автоматичний режим вирішує що робити на основі даних з датчиків, а у ручному режимі вирішує оператор, що потрібно зробити чи включити воду чи вимкнути світло у теплиці та інше. Також який режим зараз використовується буде відображати червона чи зелена лампа яка знаходиться з лівої сторони від надпису.

Потім нижче у прямокутнику з надписом Налаштування ручного керування з лівої сторони написані пристрої які будуть вмикатися чи вимикатися, а також з правої сторони є клавіші якими можна чи вмикати чи вимикати елементи.

Наступний рядок з написом // Освітлення // Вологість повітря // Температура // буде відображати параметри теплиці, тобто дані з датчиків які були отримані.

3.4 Розробка каркасу та встановлення усіх елементів

Для основного каркасу було обрано короб (рис. 3.9) з прозорого пластику. Розміри коробу також відображені на рис. 3.8. Та замість верхньої частини коробу було зроблено дах з картону, який можна відчиняти чи зачиняти за потреби користувача.

Пластик з якого зроблено короб це полівінілхлорид (PVC). Полівінілхлорид (ПВХ) є безбарвним, прозорим термопластичним полімером, отримуваним з вінілхлориду. Цей матеріал має важливі властивості, які роблять його корисним при розробці автоматизованих теплиць. До цих властивостей можна віднести: стійкість до кислот к лугів, стійкість до нафти та олії та термопластичність та легкість роботи з ним.

Також було взято ще одну додаткову ємність для води (рис 3.10) її розміри є невеликими, а саме 20 см. у довжину 15 см. у висоту та 7 см. у ширину. Вона має зручний отвір зверху для додавання води. У ємності було закріплено невеликий насос який відповідає за полив землі у теплиці. Насос було використано невеликої потужності, його потужність становить 4 вати. Це є

оптимальна потужність яка за час у 5 секунд може повністю зволожити усю землю. Також додатково було оброблені дроти спеціальним засобом щоб не було короткого замикання.

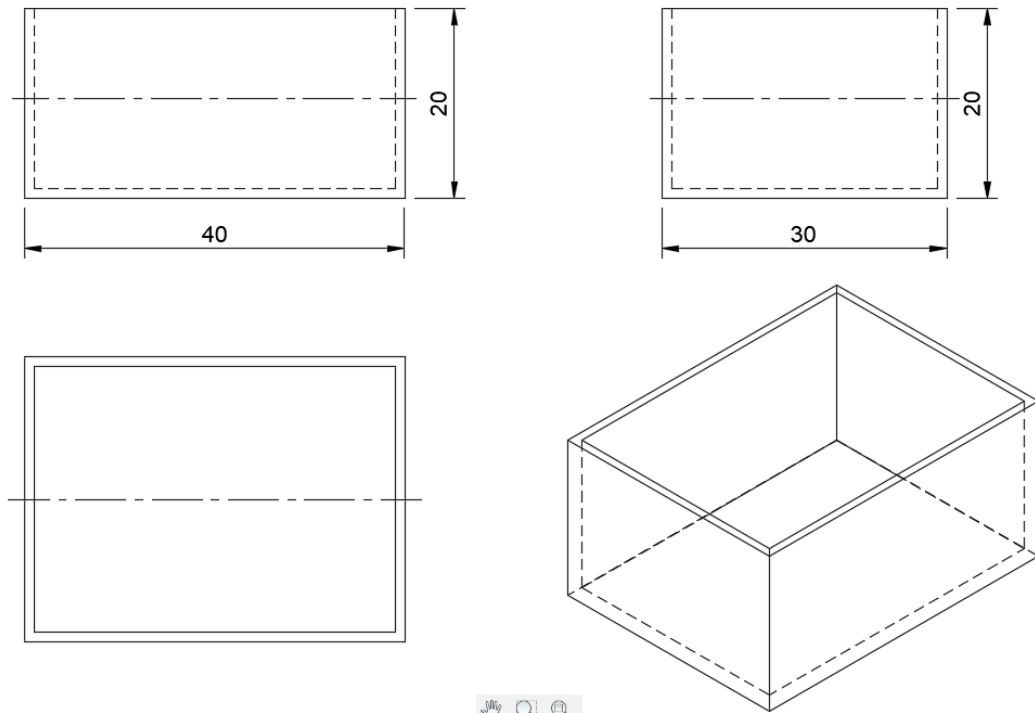


Рисунок 3.8 – Розміри коробу автоматизованої теплиці



Рисунок 3.9 – Вид коробу автоматизованої теплиці



Рисунок 3.10– Додаткова ємність для води

Потім усі компоненти були зібрані у повноцінний автоматизований пристрій. Основою для цього пристрою служила міцна каркасна конструкція, яка забезпечує стійкість і надійність. Була додана особлива LED-стрічка, призначена для зрошування рослин, яка закріплена на внутрішніх стінках. Ця стрічка має довжину 2 метри і була обрана спеціально через її здатність випромінювати світло в спектрі, оптимальному для фотосинтезу, що забезпечує необхідну кількість світла для рослин, сприяючи їх здоровому росту і розвитку.

Крім того, для забезпечення належного мікроклімату, були встановлені кулери з двох сторін конструкції. Ці кулери працювали безшумно і ефективно, забезпечуючи постійне провітрювання всередині пристрою. Система вентиляції була критично важливою для підтримання оптимальної температури та вологості, що особливо важливо для різних фаз росту рослин. Кожен кулер має потужність лише у 1 ват, але це є ідеальним до проекту, 1 ват потужності потребує мало електричного струму та чудово виконує свою основну задачу, тобто знижує вологу у теплиці до потрібного значення.

По периметру короба було проведено невелику трубку, в якій були зроблені отвори. Ця трубка є частиною автоматизованої системи поливу, яка забезпечує рівномірний розподіл води на всій ділянці. За допомогою точних налаштувань можна контролювати частоту та обсяг поливу, що дозволяє уникнути пересихання або, навпаки, надмірного зволоження ґрунту.

Для моніторингу та контролю параметрів мікроклімату, були встановлені різні датчики. Ці датчики включали в себе температурні сенсори, гігрометри для вимірювання вологості, датчики освітленості та вологоміри для ґрунту. Вони забезпечують безперервний збір даних, які можуть бути проаналізовані для подальшого налаштування системи. Також місце датчиків було детально підібрано, наприклад датчик освітлення встановлений у сторону сонця, щоб при малому освітленні зразу увімкнути штучне освітлення, датчик температури та вологості встановлений по центру теплиці, що дозволяє брати середній параметр датчика та датчик вологості землі стоїть так щоб його не заливала вода з трубки для поливу. На рис. 3.11 – 3.14 були детально показані місця розташування цих датчиків та їх підключення до центрального контролера.

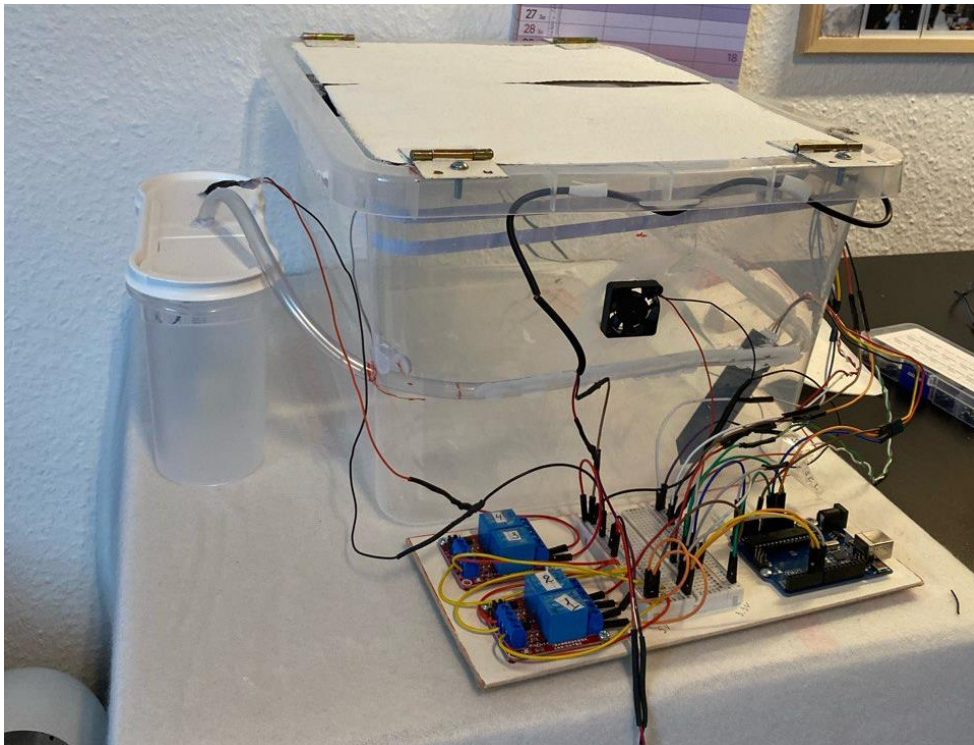


Рисунок 3.11 – Перша тестова збірка автоматизованого пристрою

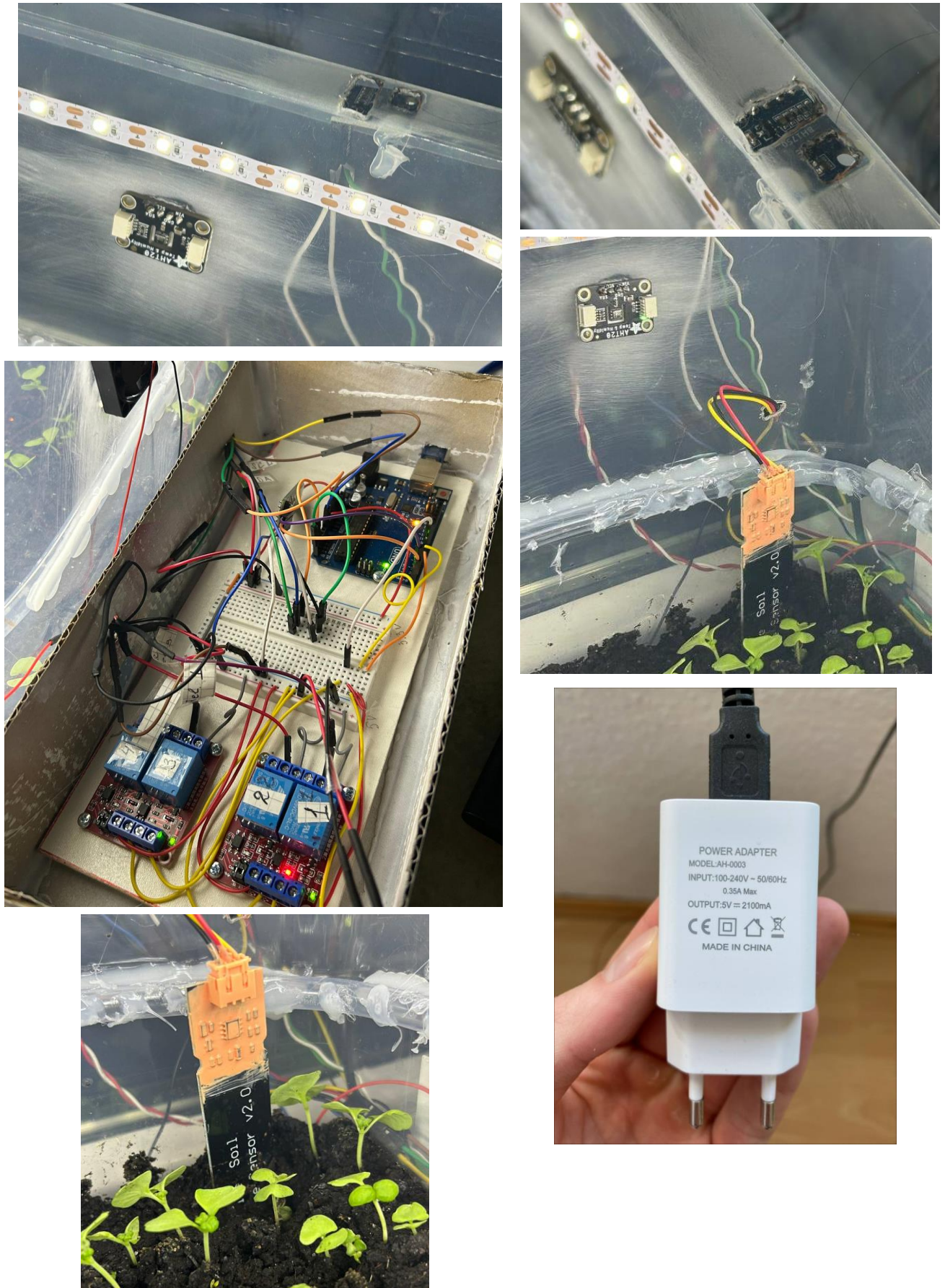


Рисунок 3.12 – Місце знаходження датчиків, підключення Arduino та живлення пристрою

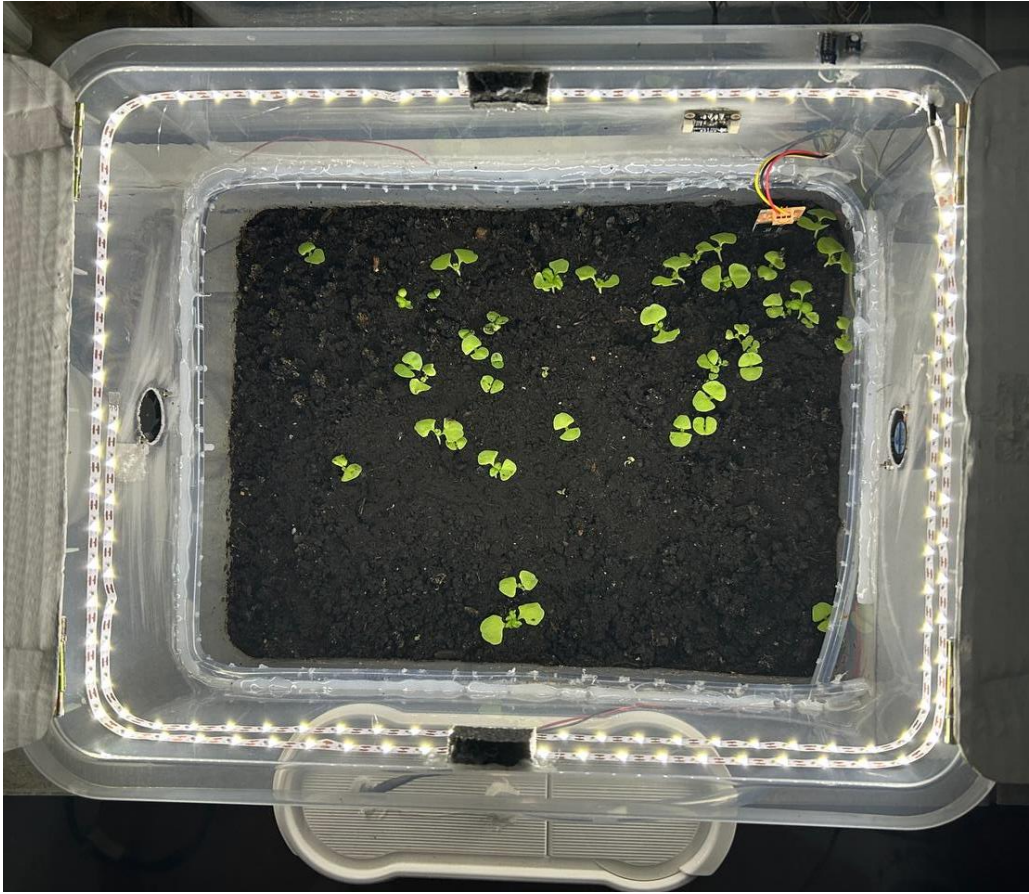


Рисунок 3.13 – Вид зверху та робота LED-стрічки



Рисунок 3.14 – Готовий вигляд автоматизованої теплиці

3.5 Тестування роботи датчиків у різних умовах експлуатації

Для проведення експерименту та тесту треба відкрити вікно керування на комп'ютері для того щоб підключитися к пристрою через Bluetooth та відслідковувати параметри датчиків у додатку.

Перший параметр який буде змінюватися це вологість повітря. Першим, що було зроблено це відкрито додаток та розглянуто початкові дані (рис. 3.15).

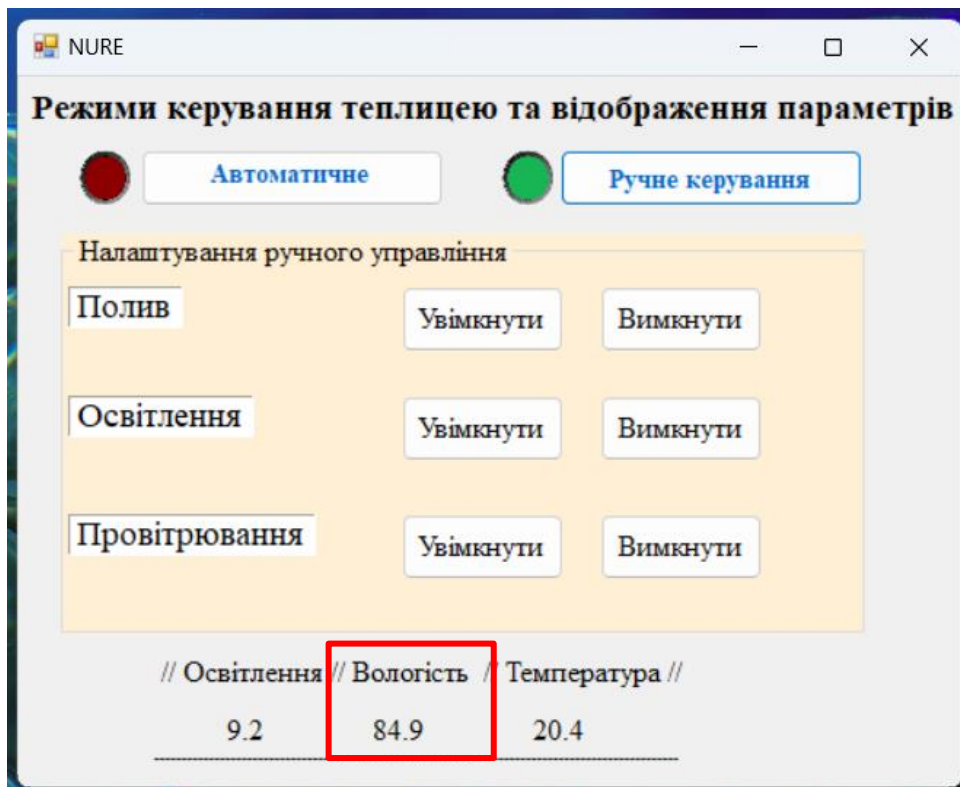


Рисунок 3.15 – Першочергові дані теплиці

Пристрій від початку був переведений у ручний режим, для точного вмикання та вимикання компонентів. Те що зараз теплиця знаходиться в ручному режимі свідчить зелена лампочка біля кнопки Ручне керування.

З першочергових даних видно, що вологість дорівнює числу 84,9 відсотків це є дуже велика волога повітря, оптимальна вологість повітря становить 65–70 відсотків. Тепер можна ввімкнути кулери та подивитися як вологість впаде до потрібного значення. Зробимо це за допомогою кнопки Увімкнути у розділі Налаштування ручного режиму.

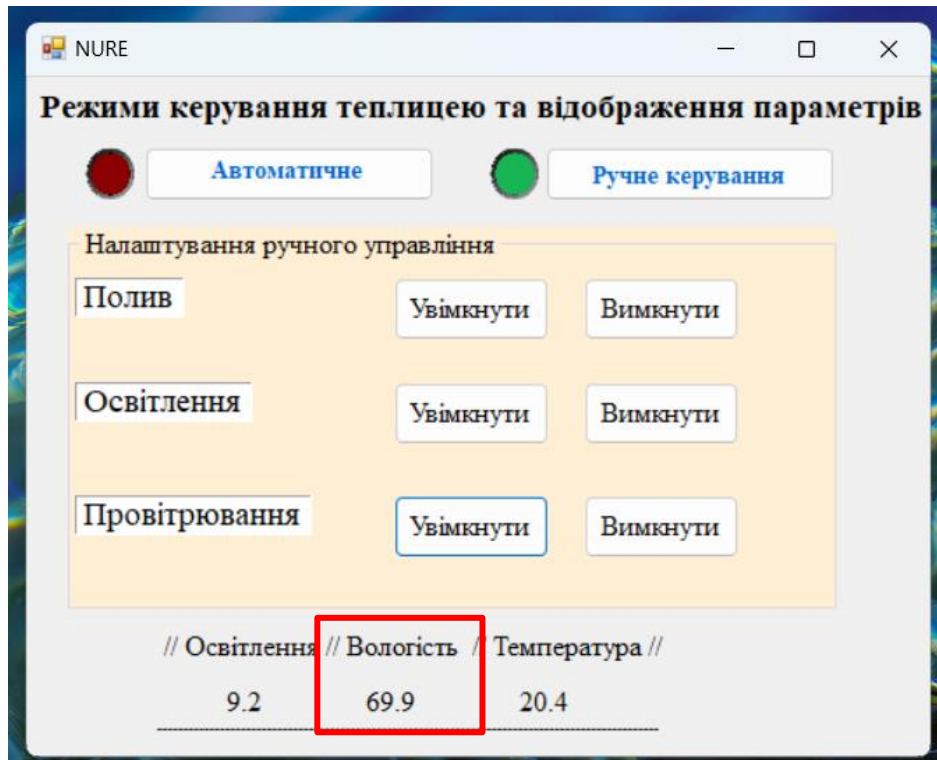


Рисунок 3.16 – Дані вологості повітря після роботи кулерів

Як видно на рис. 3.16 після однієї хвилини роботи кулерів вологість є в межах своєї норми, тобто 69.9 відсотків. Тепер куллери можна відключити.

Також з рис. 3.16 видно що параметр Освітлення дуже малий, це свідчить про те що на дворі темно, так і є, вже 22:00, і треба вже вмикати світло.

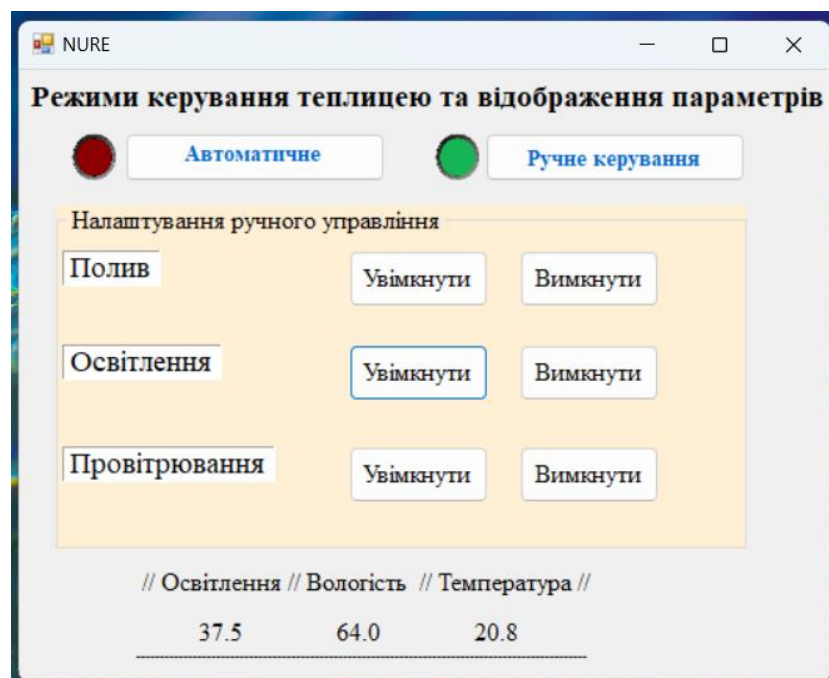


Рисунок 3.17 – Покази параметрів після вмикання освітлення

Після вмикання освітлення (рис. 3.17) бачимо, що параметр Освітлення змінився не сильно, це стається із-за того що датчик має певне місце, а саме таке щоб він сканував параметри внутрішнього освітлення і вже на основі цієї інформації вмикалося чи вимикалося світло в телиці. Але питання, чому тоді змінився взагалі цей параметр на інше значення якщо на вулиці так і залишається темно, все із-за того що світло від вікна віддзеркалює і датчик змінює своє значення. Датчик показує параметр в люксах і при автоматичну режимі роботи світло буде вмикатися автоматично коли цей параметр нижче ніж 700 люксів.

На рис. 3.18 розглянемо місце знаходження датчика освітлення та роботу LED-стрічки.



Рисунок 3.18 – Місце знаходження датчика освітлення

Видно що теплиця розташована так, що при вмиканні світла буде віддзеркалення світла від вікна. Але це не як ні погіршує чи не покращує роботу пристрою

Далі змодельюємо зміну температури за допомоги штучного нагрівання датчика температури (рис. 3.19).

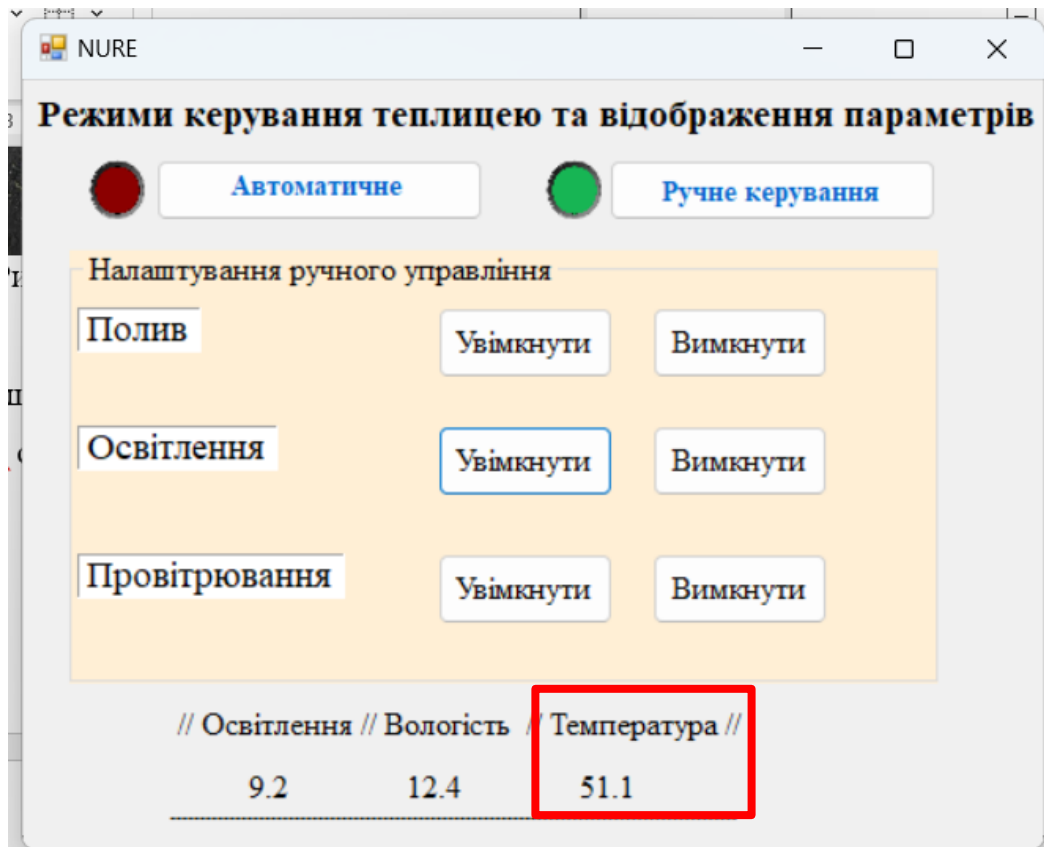


Рисунок 3.19 – Результат датчиків після штучного нагрівання

Як видно при нагріванні температура дуже швидко зростає. Це свідчить про те, що датчик функціонує, та функціонує дуже швидко. Передача параметрів відбувається дуже швидко та без затримки.

Також від самого початку планувалося встановити невеликі обігрівачі по периметру теплиці для автоматичного підігріву контуру та для підтримання сталої температури у холодні часи, але ця ідея не була реалізована. Але розглянемо один модуль який був придбаний як тестувальний та тільки в одному екземплярі (рис. 3.20).

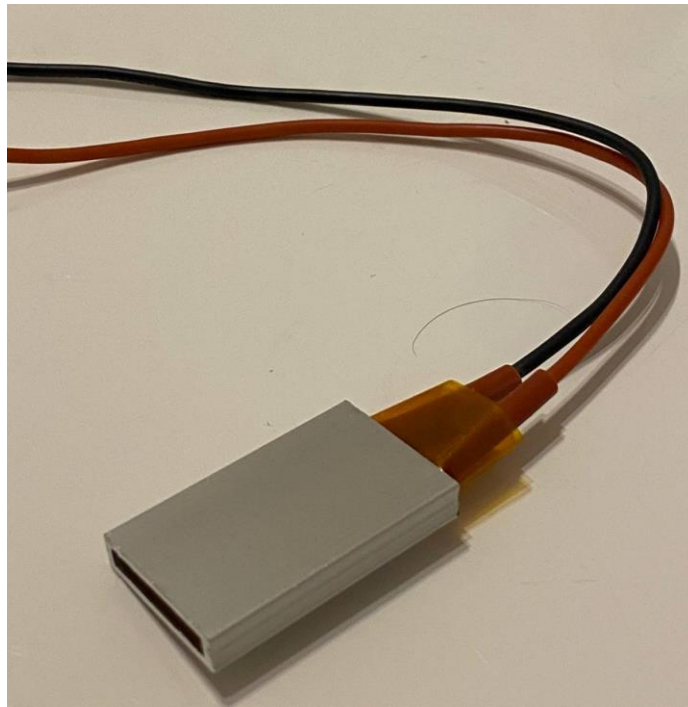


Рисунок 3.20– Елемент підігрівального контуру теплиці

3.6 Охорона праці

Приміщення, у якому проведено роботи має наступні характеристики:

- площа приміщення 20 м^2 ($4 \text{ м} \times 5 \text{ м}$);
- висота $3,5 \text{ м}$;
- кількість робочих місць з ПК – 2 шт.

Приміщення, відповідно до ДНАОП 0.00-1.31-99, повинно забезпечувати 6 м^2 площі і 20 м^3 на одне робоче місце з ПК. Площа приміщення 20 м^2 і об'ємом 70 м^3 , на кожне місце припадає 6 м^2 площі та 25 м^3 об'єму. Отже, вимога виконана.

Приміщення з ПК повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.25-28-2006 Природне і штучне освітлення. Природне світло повинно проникати через бокові світло отвори, зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче $1,5 \%$.

Рівень загального штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності.

Розрахункова формула методу:

$$W = \frac{W_{\Sigma}}{S},$$

де W – питома потужність;

S – площа приміщення;

W_{Σ} – загальна потужність освітлювальної установки.

W_{Σ} розраховується за формулою:

$$W_{\Sigma} = W_{\text{св}} \cdot n_{\text{св}},$$

де $W_{\text{св}}$ – потужність одного світильника;

$n_{\text{св}}$ – кількість світильників в приміщенні.

$$W_{\Sigma} = 100 \cdot 1 = 100 \text{ Вт},$$

$$W = \frac{100}{20} = 5 \text{ Вт/м}^2.$$

Питомій потужності 5 Вт/м^2 відповідає освітленість в $341,5 \text{ Лк.}$ при мінімальній допустимій освітленості 300 Лк.

Отже, в кімнаті створені сприятливі умови за освітленням.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи було проведено аналіз існуючих сучасних автоматизованих систем контролю навколишнього середовища. До аналізу відносилося порівняння розмірів автоматизованих теплиць, їх характеристики, те для яких видів рослин найкраще застосовувати ту чи іншу автоматизовану теплицю а також було порівняно ціну на ці автоматизовані пристрої. Також було розглянуто сфери в яких застосовуються автоматизовані теплиці, найцікавіша сфера з усіх це використання у космосі для покращення харчування космонавтів.

У другому розділі було проведено аналіз між видами комунікації, між мікроконтролером та комп'ютером, як пріоритетний спосіб, була обрана технологія Bluetooth. У порівнянні брали участь найвикористованіші технології як ZigBee та Wi-Fi. Було також обрано спосіб відображення даних з датчиків, цей спосіб представляє собою графічне відображення у вигляді ліній та стовпців, що дозволяє дуже наглядно відслідковувати параметри на протязі тривалого часу. У цьому розділі також було обрано датчики для автоматизованої системи, а саме пріоритет був наданий ВН1750, АНТ20 а також датчику вологості землі з закритими металевими елементами. Ці датчики також було порівняно з схожими за функціоналом моделями. Далі було обрано один з головних елементів як Arduino Uno. Яка ідеально підходить для швидкого програмування та завантаження коду на неї. У розділі було проведено аналіз та технічний опис компонентів які використовувалися при розробці проекту. Було розглянуто два протоколи передачі даних та взаємодії між датчиками, а саме I2C та UART.

У третьому розділі було розроблено алгоритм до програми керування, а потім був написаний код за алгоритмом для автоматизованого а також ручного управління автоматизованим комплексом. Програма була написана на мові програмування C/C++ в Arduino IDE. Далі для підключення усіх компонентів було спроектовано дві схеми підключення, саме дві було зроблено із-за того, що

у першій було виявлено помилки та недоліки. Друга схема як ключова була зроблена у електронному вигляді у додатку Fizing. Також було розроблено додаток для комп'ютера для віддаленого керування у VS за допомогою .NET.

У третьому розділі також були приведені фото, де і як закріплені датчики та усі інші компоненти. Було проведено тестування роботи датчиків та застосунку для оператора.

Унікальність роботи полягає у розташуванні автоматичного поливу який дає змогу завдяки невеликим отворах які розташовані щільно проводити рівномірний полив який не буде шкодити рослинам при їх рості, також світло яке використовується є спеціальним для зрошування рослин, провітрювання також є цікавим та потрібним елементом, як впливає з першого розділу, то систему регулювання вологості повітря немає майже жодна автоматизована система на ринку.

Знання які були накоплені за виконання цього проекту є фундаментом для розробки більш складних, багатофункціональних та масштабних проектів у сфері розробки автоматизованих систем контролю навколишнього середовища портативних теплиць.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.
3. Невлюдов І. Ш. Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва технічних засобів автоматизації. – 2021. – 604 с.
4. Невлюдов І.Ш. Механізми технічних засобів автоматизації (довідкові матеріали з курсового і дипломного проектування): навчальний посібник. / І.Ш. Невлюдов, В.І. Роменський, І.О. Яшков. – Харків: ХНУРЕ, 2021. – 292 с.
5. Невлюдов І. Ш. Технічні засоби автоматизації: Підручник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.І. Филипенко, Н.П. Демська, С.П. Новоселов. – Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019. – 366 с.
6. Кирпота Ф.В. Роль автоматизованої системи контролю навколишнього середовища теплиці / Ф.В. Кирпота // Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс]: збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків: ХНУРЕ, 2024. – Вип. 1. – С. 80-84.
7. Driving a motor using SPST relay [Електронний ресурс] Режим доступу: [www / URL: https://electronics.stackexchange.com/questions/605286/driving-a-motor-using-spst-relay](https://electronics.stackexchange.com/questions/605286/driving-a-motor-using-spst-relay).
8. Сотник С.В. Огляд базових елементів автоматизованої системи контролю навколишнього середовища портативної ділянки зеленого побуту / Сотник С.В.,

Кирпота Ф.В. // Automation, electronics and robotics (AERT-2023). – 2023. – С. 28 – 31.

9. Sensors [Електроний ресурс] Режим доступу: [www / URL: https://store.arduino.cc/collections/sensors](http://www.arduino.cc/collections/sensors).

10. Кирпота Ф. В. Технології у виробництві пристроїв для зеленого обіходу / Ф. В. Кирпота // Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки 2024 : тези доповідей I-ої Всеукраїнської конференції, 16-17 травня 2024. -Харків, 2024. – С. 53-56.

11. Arduino [Електроний ресурс] Режим доступу: [www / URL: https://www.arduino.cc/](http://www.arduino.cc/).

12. Харківський національний університет радіоелектроніки [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: https://nure.ua/department/kafedra-komputerno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam](https://nure.ua/department/kafedra-komputerno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam).

13. Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ) [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: https://tapr.nure.ua](https://tapr.nure.ua).

14. Кирпота Ф. В. Екологічні загрози – основні виклики національній безпеці / Ф. В. Кирпота, науковий керівник– зав.кафедрою Стиценко Т. Є. // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 25-го Міжнар. молодіжн. форуму, 20-22 квітня 2021 р. – Харків : ХНУРЕ, 2021. – Т. 2. – С. 188–189.

15. Sotnik S.V. Modeling of potting greenhouse design / Sotnik S.V., Kyrpota F.V. // Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій. – 2024. – С. 483 - 484.

16. Sotnyk S. V., and Khalimonov, Y. I. "Analysis of automation systems for determining conditions in residential and working premises using computer-integrated solutions" // Automation, Electronics and Robotics (AERT-2023). – 2023. – P. 32-35.

17. Khalimonov, Y. I. "Perspectives: Automation of Measurement of Conditions in Residential and Working Premises with the Use of Computer-Integrated Solutions" // Automation and development of electronic devices ADED-2023. – 2023. – Part 2. – P. 9-11.

18. Eldert Van Henten A methodology for model-based greenhouse design: Part 5, greenhouse design optimisation for southern-Spanish and Dutch conditions // Eldert Van Henten – 2014.

19. Основи охорони праці: Підручник./ К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В.Зеркалов, Р.В.Сабарно, О.І.Полукаров, В.С.Коз'яков, Л.О.Митюк; За ред. К.Н.Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2003 – 180-285 с.

20. Токарева О.В. Теорія автоматичного управління : Харків : ФОП Панов А.М., 2020. – 346 с.