

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

освітньо-професійної програми

«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»

на тему: «Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці»

Здобувача групи СУ-01

Максимов Іван Ігорович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Іван МАКСИМОВ

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_  
Доцент кафедри КСУ, доцент, к.ф.-м.н. Андрій ПАВЛОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРИЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми – 2024

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
		ТЗ	Технічне завдання	5		
			Анотація	2		
	4	СУ-01 6.151.01 ПЗ	Пояснювальна записка	48		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
		СУ-01.6.151.01.Е1	<u>Структурна схема</u>	1		
		СУ-01.6.151.01.А2	Функціональна схема автоматизації	1		
	4	СУ-01 6.151.01 Е3	Схема принципова електрична	4		
	4	СУ-01 6.151.02 Е3	Схема принципова електрична пати керування	1		
	4	СУ-01.6.151.01.Е6	Схема трасування плати керування	1		

					<i>СУ-01.6.151.01.ПЗ СУ-01.6.151.01.ДП</i>			
Змн.З	Арк.Ар	№ докум.№	ПідписПідп	Дата				
Розроб.	Іван МАКСИМОВІван				<i>Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці Відомість</i>	Лім.Лім.	Арк.Арк.	АркушівАркушів
Перевір.	Андрій					1		1
Реценз.						<i>СумДУ, СУ-01СумДУ, СУ-01</i>		
Н. Контр. Н.								
Затверд.	Петро							

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувачу вищої освіти

Максимову Івану Ігоровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці.

затверджена наказом ректора СумДУ № 0312-VI від " 29 " березня 2024 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 22 " червня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалом про подібні системи.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз існуючих подібних систем керування, загальний опис системи, розробка структурної схеми системи, постановка задач, які потребують вирішення, опис контурів керування, розробка функціональної схеми автоматизації, підбір технічних засобів автоматизації, розробка програмного забезпечення, впровадження та налаштування регулятора, створення електричної принципової схеми

5. Перелік графічних матеріалів: 30 рисунків, 14 таблиць, 4 додатки .

6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Ознайомлення із завданням. Аналіз існуючих подібних систем	21.02.2023 – 01.03.2023
2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	02.03.2023- 16.04.2023
3	Розробка функціональної схеми	16.04.2023- 19.04.2023
4	Вибір засобів автоматизації	20.04.2023- 25.04.2023
5	Розробка та проектування електричної схеми з'єднань та плати керування.	25.04.2023- 05.05.2023
6	Технічне оформлення проекту	06.05.2023- 28.05.2023

7. Дата видачі завдання " 19 " лютого 2024 р.

Керівник проекту:

Доцент кафедри КСУ, доцент, к.ф.-м.н.

(науковий ступінь, вчене звання, посада)

Андрій Павлов

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Здобувач:

студент гр. СУ-01

(шифр групи)

Іван Максимов

(підпис)

(ім'я та прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці

Розробник:

студент групи СУ-хх

Іван МАКСИМОВ

Погоджено:

Доцент кафедри КСУ, доцент,

к.ф.-м.н

Андрій ПАВЛОВ

- 1. Назва і галузь застосування:** Автоматична система керування прототипом міні теплиці. Застосування в сільському господарстві, домашньому садівництві та дослідження в агрономії та ботаніці.
- 2. Підстави для проектування:** Наказ ректора Сумського державного університету № 0312-VI від 29 березня 2024 р.
- 3. Мета і призначення проекту:** Підвищити ефективність вирощування рослин в тепличних умовах, підвищити ресурсозбереження під час вирощування.

Призначення прототипу полягає в створенні системи автоматичного керування мікрокліматом з використанням алгоритму моніторингу станів росту рослин, для подальшого вдосконалення системи та впровадження в сільське господарство, для оптимізації процесу вирощування. Також не виключене використання системи для проведення досліджень в сфері агрономії, та ботаніки.

- 4. Загальний опис об'єкта автоматизації:** Об'єктом автоматизації є прототип системи гроубокс (міні теплиця). Прототип представляє собою закриту камеру вирощування, оснащену виконавчими пристроями і датчиками, робота котрих реалізується з допомогою блоків керування системи.

- 5. Основні частини системи та структурна схема:** Прототип поділений на наступні основні частини:

- Контур живлення;
- Блок верхнього рівня керування;
- Блок нижнього рівня керування;
- Камера вирощування.

Структурна схема системи (див. Додаток А)

- 6. Опис блоків системи керування:**

- Контур живлення. Функції: забезпечення живлення напругою 220 В; забезпечення постійної напруги 12 В за допомогою імпульсного блоку

живлення; забезпечення постійної напруги 5 В за допомогою понижуючого перетворювача постійної напруги; захист від коротких замикань, перевантажень за допомогою автоматичних вимикачів.

- Камера вирощування. Функції: забезпечення оптимальних кліматичних умов.
- Блок нижнього рівня керування. Функції: опитування датчиків (температура, освітлення, концентрація CO<sub>2</sub>); генерація керуючих сигналів до виконавчих/комуючих пристроїв; прийом пакетів даних від блоку верхнього рівня керування, перевірка на цілісність цих пакетів; передача поточних значень параметрів мікроклімату до блоку верхнього рівня керування.
- Блок верхнього рівня керування. Функції: Забезпечення зв'язку з WEB-сервером для реалізації віддаленого керування та відображення стану роботи системи; збирання даних, ведення журналу подій для подальшого аналізу і підвищення якості управління за допомогою WEB-сервера; Обробка зображення з камери відео спостереження, з вирахуванням площі листка рослини, для генерації керуючих впливів для забезпечення автоматичного режиму роботи; обмін пакетами даних між блоками рівнів керування.

**7. Режими роботи об'єкту:** В системі передбачається два режими роботи. Автоматичний - призначений для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в залежності від стадій росту рослини та її виду, без участі оператора. Ручний - призначений для дослідження роботи контурів керування, проведення досліджень реакції рослини на певні зміни параметрів клімату, за участю оператора.

**8. Умови експлуатації:** Для коректної роботи прототипу необхідно забезпечити наступні умови експлуатації:



- Температура: Приміщення повинно підтримувати стабільну температуру в діапазоні від 10°C до 40°C, щоб забезпечити оптимальну роботу системи та уникнути перегріву або переохолодження.
- Вологість: Відносна вологість повітря в приміщенні повинна бути в межах до 60%, щоб уникнути конденсації на внутрішніх компонентах блоків керування гроубокса.
- Вентиляція: В приміщенні необхідна наявність вентиляції, щоб забезпечити достатній обмін повітря. Це допоможе уникнути накопичення надмірної вологи та тепла.
- Електропостачання: Приміщення повинно бути оснащене надійним джерелом електроживлення з напругою 220V.
- Ізоляція: Приміщення повинно мати належну ізоляцію від зовнішніх кліматичних умов, таких як сильний вітер, дощ або екстремальні температури, щоб підтримувати стабільний внутрішній мікроклімат.
- Безпека: Приміщення повинно відповідати нормам пожежної безпеки, а також бути оснащеним засобами протипожежного захисту.
- Розміщення: Гроубокс повинен бути встановлений на рівній поверхні, щоб уникнути нахилу або коливань, які можуть вплинути на його роботу та стійкість, мати достатньо місця для легкого доступу до системи в разі необхідності обслуговування або ремонту, мати доступ до бездротової мережі Wi-Fi.

## **9. Технічні вимоги:**

- Температурний режим: Регульований діапазон температур: 10°C - 40°C.
- Освітлення: Регульована інтенсивність освітлення: 100 - 2000 люкс.
- Рівень CO<sub>2</sub>: Регульований діапазон концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>): 400 - 1200 ppm.
- Моніторинг: Визначення і моніторинг ключових фаз росту рослин за допомогою камер спостереження.
- Живлення: 220V, 50Hz (або відповідно до регіональних стандартів).
- Керування: Підтримка Wi-Fi для віддаленого контролю та управління.

- Матеріали та конструкція: Корпус із матеріалів, стійких до корозії та впливу вологи; Теплоізоляційні матеріали для мінімізації тепловтрат; Герметичні ущільнювачі для запобігання витоку повітря і вологи.

### **10. Стадії та етапи проектування:**

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Ознайомлення із завданням. Аналіз існуючих подібних систем	24.02.2023 – 01.03.2023
2	Розробка технічного завдання. Визначення основних елементів системи та побудова структурної схеми.	02.03.2023-16.04.2023
3	Розробка функціональної схеми	16.04.2024 - 19.04.2024
4	Вибір засобів автоматизації	20.04.2024-25.04.2024
5	Розробка принципової схеми та плати керування.	25.04.2023-05.05.2023
6	Технічне оформлення проекту	06.05.2024 - 22.06.2024

### **11. Додатки:**

#### ***Додаток А.***

СУ-01.6.151.01.E1 – Структурна схема системи керування прототипом міні теплиці.

#### ***Додаток Б.***

СУ-01.6.151.01.A2 – Функціональна схема автоматизації.

#### ***Додаток В.***

СУ-01.6.151.01.E3 – Принципова електрична схема системи.

СУ-01.6.151.02.E3 – Принципова електрична схема плати керування.

#### ***Додаток Д.***

СУ-01.6.151.01.Е6 – Трасування плати керування.

## АНОТАЦІЯ

Тема роботи: Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці.

Автор: Максимов Іван Ігорович; Сумський державний університет; 4 курс; Суми.

Керівник: Павлов Андрій Володимирович; доцент кафедри КСУ, кандидат фізико-математичних наук, спеціальність 01.04.07 - "Фізика твердого тіла", доцент.

Робота містить вступ, шість розділів та висновки, загальним обсягом основного тексту 45 сторінок, 30 рисунків, 30 джерел інформації.

Мета дипломного проекту полягає в створенні прототипу автоматичної системи керування з використанням методів віддаленого керування та моніторингу, а також розробка алгоритму автоматичного розрахунку параметрів клімату за допомогою камер відео спостереження, для подальшого тестування системи, її вдосконалення та впровадження в повноцінні тепличні системи.

Актуальність обраної теми обумовлена наступними аспектами.

1) Науковий аспект: - інтеграція постійного моніторингу параметрів середовища в режимі реального часу;

- впровадження алгоритму аналізу стадій росту рослини, та автоматичного розрахунку параметрів середовища;

2) Соціальний аспект: - підвищення якості продукції, за рахунок стабільної підтримки оптимальних умов вирощування;

- зменшення необхідності в ручній праці, тим самим зменшуючи навантаження на робітників теплиці.

3) Економічний аспект: - підвищення продуктивності вирощування, за рахунок виключення людського фактору на вплив підбору умов середовища вирощування;

- оптимізація ресурсів за рахунок точного розрахунку параметрів середовища вирощування, за допомогою системи моніторингу стадій росту.

В результаті виконання роботи були розроблені наступні документи: структурна схема системи керування; принципова електрична схема системи

керування; принципова електрична схема друкованої плати блоку нижнього рівня керування та її схема трасування.

Перший розділ присвячений ознайомленню з загальними поняттям, завданням та принципом роботи систем автоматичних теплиць. Також в цьому розділі був проведений огляд існуючих автоматичних систем Grow box. В другому розділі розглядається значення та вплив кліматичних умов на стадії росту рослин. Третій розділ присвячений опису функціональних завдань системи, та алгоритмів роботи контурів керування. В четвертому розділі проводиться підбір засобів автоматизації, для бакалаврського проекту. П'ятий розділ присвячено опису пристроїв керування та протоколів обміну пакетами даних між блоками керування. В шостому розділі описуються призначення та функції WEB-інтерфейсу.

Був проведений аналіз автоматизації тепличного вирощування рослин, проведене проектування прототипу систем керування міні - теплиці grow box.

Був запропонований алгоритм роботи системи.

Ключові слова: Теплиці, grow box, розумна теплиця, клімат-контроль, оптимізація вирощування, ресурсозбереження.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ Петро ЛЕОНТЬЄВ

\_\_\_\_\_ 2024 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломного проекту

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему:

«Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці»

Керівник проекту:

Доцент кафедри КСУ, доцент, к.ф.-м.н.

Андрій Павлов

Здобувач:

Студент групи СУ-01

Іван Максимов

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ .....	18
ВСТУП .....	19
РОЗДІЛ 1. Основні поняття про автоматичні системи теплиць. Аналіз існуючих систем Grow box.....	20
1.1 Аналіз існуючих аналогів.....	20
1.1.1 Гроубокс mini.Grow box стелс Quantum Board 120w .....	20
1.1.2. Гроубокс big ben Grow box стелс Quantum Board 240w.....	21
1.1.3. Esobloom розумний набір для вирощування.....	22
1.1.4. Міні-теплиця з підігрівом з термостатом .....	23
1.2 Висновок .....	24
1.3 Постановка задачі .....	24
РОЗДІЛ 2. Дослідження впливу факторів навколишнього середовища на ріст рослин .....	25
2.1 Температура.....	25
2.2 Освітлення .....	26
2.3 Вуглекислий газ.....	27
РОЗДІЛ 3. Функціональні завдання системи .....	30
3.1 Переклік основних завдань .....	30
3.2 Опис контурів керування .....	30
3.2.1 Контур Керування температурою .....	30
3.2.2 Контур Керування освітленням.....	31
3.2.3 Контур Керування концентрацією CO2.....	31

<i>СУ-01.6.151.01.ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Іван МАКСИМОВ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Андрій ПАВЛОВ</i>		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затверд.</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>		
<b>Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці</b> <i>Відомість проекту</i>				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		1		2
<i>СумДУ, СУ-01</i>				

3.2.4 Контури забезпечення зв'язку .....	31
<b>РОЗДІЛ 4. Опис апаратної частини системи.....</b>	<b>32</b>
4.1 Компоненти енергозабезпечення .....	32
4.1.1 Блок живлення.....	32
4.1.2 Перетворювачі напруги.....	33
4.1.3 Автоматичний вимикач .....	35
4.2 Сенсорні пристрої (давачі).....	37
4.2.1 Камера моніторингу стадій росту рослини .....	37
4.2.2 Давач температури.....	38
4.2.3 Давач освітлення .....	39
4.2.4 Давач концентрації вуглекислого газу .....	39
4.3 Виконавчі пристрої .....	40
4.3.1 Нагрівач.....	40
4.3.2 Освітлення .....	42
4.3.3 Подача газу .....	43
<b>РОЗДІЛ 5. Керуючі пристрої системи .....</b>	<b>45</b>
5.1 Опис пристрою керування блоку НРК.....	46
5.1.1 Операційна система реального часу .....	47
5.2 Опис пристрою керування блоку ВРК.....	48
5.3 Опис протоколу зв'язку блоків керування .....	49
5.3.1 Послідовність передачі даних між блоками керування .....	49
5.3.2 Приклади повідомлень .....	51

					<i>СУ-01.6.151.01.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іван МАКСИМОВ</i>			<i>Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці Відомість проекту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Андрій ПАВЛОВ</i>					1	2
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>						



РОЗДІЛ 6. Людино-машинного інтерфейс.....	52
6.1 Завдання WEB-сервера.....	52
6.2 Опис структури роботи WEB – сервера .....	54
Висновки .....	55
Список використаних джерел.....	57

					<i>СУ-01.6.151.01.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Іван МАКСИМОВ</i>			<i>Автоматизація процесу вирощування рослин в теплиці Відомість проекту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Андрій ПАВЛОВ</i>					1	2
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петро ЛЕОНТЬЄВ</i>						

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ТЗ – технічне завдання

АЦП – аналогово – цифровий перетворювач

НРК – нижній рівень керування

ВРК – верхній рівень керування

ВП – виконавчий пристрій(ої)

ОС – операційна система

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						18
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасне сільське господарство перебуває у фазі активної трансформації, що спричинена необхідністю підвищення ефективності виробництва, забезпечення стабільності врожаїв та зменшення впливу навколишнього середовища. У цьому контексті автоматизація процесу вирощування рослин в тепличних умовах стає одним з ключових напрямків розвитку аграрної галузі.

Автоматизація тепличного господарства включає впровадження передових технологій, що дозволяють контролювати і оптимізувати всі аспекти вирощування рослин. Це стосується таких параметрів, як температура, вологість, освітлення, рівень CO<sub>2</sub>, полив, живлення та захист рослин від шкідників і хвороб. Використання датчиків, систем управління та програмного забезпечення дозволяє створювати найбільш сприятливі умови для росту і розвитку рослин, зменшуючи залежність від погодних умов та людського фактору.

Важливість автоматизації процесу вирощування рослин в тепличних умовах обумовлена кількома факторами:

1. Підвищення врожайності: Автоматизовані системи контролю температури, вологості, освітлення та поливу дозволяють оптимізувати умови для росту рослин, що призводить до збільшення врожайності.
2. Ефективне використання ресурсів: Автоматизовані системи дозволяють ефективно використовувати воду, добрива та енергію, зменшуючи втрати та забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин.
3. Зменшення витрат на працю: Автоматизація дозволяє зменшити необхідну кількість ручної праці, зокрема, моніторингу та керування умовами в теплицях, що може знизити витрати на оплату праці.
4. Покращення якості продукції: Стабільні умови росту, забезпечені автоматизованими системами, можуть призвести до покращення якості та однорідності продукції.
5. Споживчий попит: Зростання інтересу споживачів до свіжих, екологічно чистих продуктів може стимулювати попит на продукцію, вирощену в автоматизованих теплицях.

Отже, автоматизація тепличного господарства має великий потенціал у поліпшенні ефективності та стабільності виробництва, а також у відповіді на зростаючий попит на якісну та стійку до змін клімату продукцію.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ТЕПЛИЦЬ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ GROW BOX

Тепличні системи в наш час стають все більш популярними. Урожайність залежить від багатьох факторів, у тому числі від умов навколишнього середовища. Автоматизована система управління теплицею може збільшити врожайність сільськогосподарських культур і скоротити робочу силу.

Основним завданням системи управління є моніторинг життєво важливих параметрів всередині теплиці: рівня освітленості, температури і вологості. Це дозволяє підібрати оптимальний варіант контролю для створення сприятливих умов вирощування. Ці параметри можна регулювати для отримання найбільшого врожаю сільськогосподарської продукції.

Системи забезпечують дистанційний моніторинг і керування різними приводами водопостачання або освітлення. Робочі параметри оновлюються та зберігаються в архіві. Інформація використовується для аналізу, прийняття рішень та уникнення нестандартних ситуацій. Система SCADA та контролер фіксують усі зміни параметрів та несправності одночасно. [1]

### 1.1 Аналіз існуючих аналогів

#### 1.1.1 Гроубокс mini.Grow box стелс Quantum Board 120w

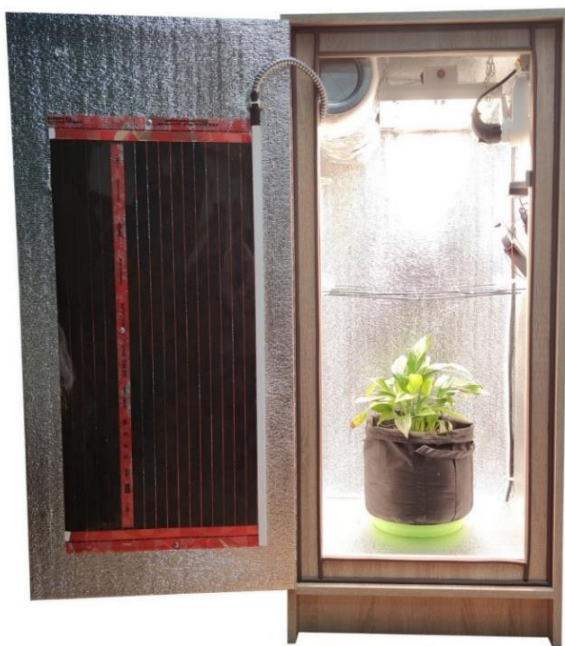


Рисунок 1.1 - Гроубокс mini.Grow box стелс Quantum Board 120w

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						20
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гроубокс mini.Grow box стелс Quantum Board 120w з автообігрівом.

Опис: Гроубокс має світлонепроникний корпус і рівень шуму не перевищує 27 дБ. Вентиляційна система повністю усуває запахи рослин під час їх росту та цвітіння. Quantum Board світлодіодна лампа повного фіто спектру з високоякісними світлодіодами від Samsung, Seul Semiconductor та Osram з пасивним охолодженням і регулюванням потужності гарантує чудові результати. Автоматична система обігріву забезпечить вашим рослинам тепло і комфорт, навіть якщо в квартирі відключать опалення.

Ціна: 13250 грн. [2]

Недоліки: ціна, відсутність моніторингу росту, відсутність віддаленого керування, відсутність керування концентрацією CO<sub>2</sub>.

### 1.1.2. Гроубокс big ben Grow box стелс Quantum Board 240w



*Рисунок 1.2 - Гроубокс big ben Grow box стелс Quantum Board 240w*

Опис: Гроубокс високої якості для вирощування рослин. Виготовлений з екологічного, вологостійкого меблевого ЛДСП, він ідеально підходить як для початківців, так і для досвідчених гроверів. Гроубокс повністю захищений від витоку світла, а рівень шуму не перевищує 27 дБ. Вентиляційна система ефективно усуває запахи ростучих або квітучих рослин. Активна вентиляція

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує якісний повітрообмін і охолодження боксу. Світлодіодна лампа Quantum Board з повним фітоспектром, обладнана світлодіодами найвищої якості від Samsung, Seul Semiconductor та Osram, має пасивне охолодження і регулятор потужності, що гарантує відмінні результати.

Ціна: 24700 грн. [3]

Недоліки: ціна, відсутність моніторингу росту, відсутність віддаленого керування, відсутність керування концентрацією CO<sub>2</sub>.

### 1.1.3. Ecobloom розумний набір для вирощування



Рисунок 1.3 - Ecobloom розумний набір для вирощування

Опис: "Ecobloom" - це сучасний та екологічний набір для вирощування рослин, який привертає увагу любителів природи. Набір можна використовувати багаторазово, що дозволяє вирощувати кілька поколінь рослин в одному контейнері. До комплекту входить усе необхідне для успішного вирощування здорових та красивих рослин:

Дерев'яний кошик

Фітолампа UV повного спектру

Датчик вологості

Контейнер для ґрунту

Садівничий набір: дві лопатки та граблі

Ґрунт і насіння

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						22
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей набір забезпечує всі умови для вирощування рослин у домашніх умовах, пропонуючи інструменти та матеріали для зручного та ефективного садівництва.

Ціна: 2990 грн. [4]

Недоліки: відсутність моніторингу росту, відсутність віддаленого керування, відкрита конструкція, відсутність системи автоматизації.

#### **1.1.4. Міні-теплиця з підігрівом з термостатом**



*Рисунок 1.4 - Міні-теплиця з підігрівом з термостатом*

Опис: Тут представлена міні теплиця від відомого бренду Nortene, яка є надзвичайно зручним рішенням для будь-якого домашнього саду. Цей продукт спеціально розроблений для вирощування розсади, що дозволяє прискорити ріст і цвітіння рослин до початку весняного періоду.

Міні теплиця має вбудовану систему нагріву і вентиляції, що значно спрощує створення необхідного мікроклімату всередині. Вона ідеально підходить для пророщування насіння та приживлення розсади різних рослин. Теплиця складається з піддону і прозорого покриття, яке дозволяє легко спостерігати за розвитком рослин. Крім того, вона обладнана термостатом, який дозволяє підтримувати сталу температуру на рівні 18°C, що стимулює проростання морозостійких рослин.

Ціна: 4866,91 грн. [5]

Недоліки: відсутність моніторингу росту, відсутність системи автоматизації.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Висновок

Проаналізувавши існуючі автоматичні системи типу Grow box, було виявлено ряд недоліків, найбільш розповсюджені це: відсутність керування концентрацією CO<sub>2</sub>; відсутність моніторингу росту рослин; відсутність віддаленого керування; завищена ціна системи.

Розроблювана, до бакалаврської роботи, система має за завдання вирішити перелічені недоліки з урахуванням прийнятної ціни.

## 1.3 Постановка задачі

Розробити прототип системи керування мікрокліматом, а саме такими параметрами: температура, освітлення та концентрація CO<sub>2</sub>.

Впровадити керування за допомогою WEB-серверу, моніторинг стадій росту рослин.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА РІСТ РОСЛИН

### 2.1 Температура

Здатність кореневої системи поглинати поживні речовини, а також інтенсивність фотосинтезу, дихання, транспірації та інших фізіологічних процесів у рослин залежить від температури ґрунту та повітря. Найбільш інтенсивний ріст і розвиток рослин відбувається при оптимальній температурі. Відхилення від цієї оптимальної температури можуть уповільнювати або навіть зупиняти ріст рослин. Температура, нижче якої ріст і розвиток рослин зупиняються, називається мінімальною, а та, вище якої ці процеси припиняються, — максимальною.

Оптимальна температура сприяє активному фотосинтезу. Коливання температури можуть негативно впливати на ріст і розвиток рослин, часто призводячи до захворювань. Підвищення температури збільшує інтенсивність асиміляції та синтезу органічних речовин, але також підвищує інтенсивність дихання. Якщо температура стає надмірно високою, процеси синтезу речовин та їх витрати на дихання можуть зрівнятися, що називається компенсаційною точкою. Різке зниження температури порушує обмінні процеси в рослинах, що може призвести до їх загибелі.

Для визначення оптимальної температури повітря для овочевих культур можна скористатися рекомендаціями В. М. Маркова. Він пропонує визначати оптимальну температуру за формулою:  $T_{\text{опт}} = T_{\text{похм}} \pm 7 \text{ } ^\circ\text{C}$ , де  $T_{\text{опт}}$  — оптимальна температура, яка може відрізнятись від оптимальної в похмуру погоду ( $T_{\text{похм}}$ ) не більше ніж на  $\pm 7^\circ$ . За межами цього діапазону ріст рослин сповільнюється, а при подвійному відхиленні ( $T_{\text{похм}} \pm 14 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) — повністю припиняється. [6]

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 - Оптимальна температура повітря для розвитку овочевих культур (за В. М. Марковим), °С

Культури	Температура в період вегетативного і продуктивного росту *			Для проростання насіння (Т <sub>похм</sub> + 7 °С)	На 3-8-й день після появи сходів (Т <sub>похм</sub> - 7 °С)
	вдень у похмуру погоду (Т <sub>похм</sub> )	вночі (Т <sub>похм</sub> - 7 °С)	вдень (Т <sub>похм</sub> + 7 °С)		
Капуста, редька, редиска, гірчиця салатна, крес-салат	10—13	3—6	17—20	17—20	3—6
Салат, горох, боби, морква, петрушка, пастернак, шпинат, кріп, щавель, цибуля-батун, шніт, ревінь	13—16	6—9	20—23	20—23	6—9
Бурчки, часник, цибуля-ріпка, цибуля-порей, селера, спаржа	16—19	9—12	23—26	23—26	9—12
Помідори, квасоля, гарбузи (великоплідні), кукурудза цукрова	19—22	12—15	26—29	26—29	12—15
Огірки, диня, кавуни, гарбузи мускатні, перець, баклажани	22 *— 25 **	— 15—18	29 *— 32 **	— 29—32	— 15—18

\* Перша цифра — для розсади, яку висаджують у відкритий ґрунт.

\*\* Друга цифра — для довгоплідних сортів огірків.

## 2.2 Освітлення

Світло є головним джерелом енергії для фотосинтезу рослин і ключовим фактором їхнього розвитку. Поняття "довжина дня" включає не лише кількість годин світла, але й його якість та інтенсивність. Різні види овочевих культур реагують по-різному на тривалість світлового дня (фотоперіодизм), його інтенсивність та спектральний склад. Низька інтенсивність сонячного світла під час онтогенезу сповільнює фотосинтез і накопичення органічної речовини, що може призвести до подовження періоду формування продуктивних органів.

Сонячна енергія досягає рослин у формі прямої та розсіяної радіації. Пряма радіація переважно падає на верхні частини рослин, тоді як розсіяна радіація, більш розподілена, досягає навіть нижніх ярусів листків. Загальна сонячна радіація складається з прямої та розсіяної радіації, що доходить до поверхні землі. Інтенсивність сонячного світла для рослин у помірному кліматі змінюється впродовж року і дня. Найменша освітленість спостерігається з другої половини листопада до першої половини січня, коли вона зазвичай не перевищує 3-4 тисяч луксів. У грудні, під час хмарної погоди, у парниках та теплицях це значення може зменшуватися до 500-1000 луксів. Мінімальна освітленість для росту і

						Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

СУ-01.6.151.01.ПЗ

розвитку рослин визначається наступним чином: для огірків — 2400 луксів, для помідорів і перців — 4000 луксів, для петрушки, селери та інших вигінкових культур — 1000-1500 луксів.

Улітку, для зменшення надмірного освітлення рослин, можна використовувати різні методи, такі як загущення посадок, куліси, надламування або зв'язування листя над плодовим органом (наприклад, у цвітній капусті), а також підгортання (для спаржі, цибулі-порею) та інші.

У закритому ґрунті, світловий режим залежить від різних аспектів, таких як конструкція теплиць і парників, площа світлопроникної поверхні, матеріали покриття, розміщення труб для обігріву і т. д. Для забезпечення оптимального світлового режиму важливо дотримуватися чистоти прозорих покриттів теплиць і парників, фарбувати обладнання, труби та каркас у світлі кольори, застосовувати штучне освітлення та раціонально розміщувати розсаду. [8]



Рисунок 2.1 - Залежність росту і розвитку рослин від тривалості світлового дня: 17-годинний світловий день — а — кріп, б — салат, в — шпинат; 10-годинний світловий день — е — кріп, д — салат, е — шпинат.

### 2.3 Вуглекислий газ

Для нормального функціонування рослин необхідні кисень і вуглекислий газ. Кисень важливий для дихання і повинен надходити до всіх частин рослини —

					СЧ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

листя, стебел і коренів. Вуглекислий газ необхідний для фотосинтезу, і його концентрація в атмосфері становить приблизно 0,03%. Рослини поглинають вуглекислий газ з повітря через листя для синтезу органічних речовин. Підвищення концентрації вуглекислого газу до 0,3-0,6% за умов інтенсивного сонячного освітлення і оптимальної температури значно збільшує продуктивність фотосинтезу. Наприклад, при концентрації 0,03% листя огірків і помідорів поглинає 1,9 г вуглекислого газу на 1 м<sup>2</sup> за годину, а при 0,2-0,3% — 6-9 г. Це стимулює ріст рослин і підвищує їхню продуктивність. Підвищене забезпечення вуглекислим газом прискорює врожай салату на 12-20 днів, збільшує ранній врожай помідорів на 15-20%, а огірків у закритому ґрунті — на 3-4 кг/м<sup>2</sup>. При зниженні концентрації вуглекислого газу до 0,01% асиміляція у рослин припиняється. Оптимальні концентрації вуглекислого газу для різних рослин є такими: редиска і помідори — 0,1-0,2%, морква і капуста — 0,2-0,3%, огірки — 0,3-0,6%.

У закритому ґрунті для поліпшення аерації кореневої системи використовують легкі ґрунтові суміші та пористі субстрати, а також вносять великі кількості органічних добрив (200-300 т/га) і регулярно розпушують ґрунт. Значні дози органічних добрив у теплицях, разом із біологічним обігрівом, забезпечують виділення значної кількості вуглекислого газу (до 75 г/м<sup>2</sup>), що сприяє фотосинтезу та формуванню високих урожаїв. У теплицях, де використовуються мінеральні субстрати (гідропоніка), повітря постійно збагачують вуглекислим газом. Рослини підживлюють у сонячну погоду при закритій вентиляції (здебільшого з 7 до 16 години), причому температура повітря повинна бути на 2 °С вищою за рекомендовану. За сприятливих умов дорослі рослини огірків і помідорів здатні поглинати до 30-50 г вуглекислого газу з 1 м<sup>2</sup> на добу.

Однак підвищений вміст вуглекислого газу в ґрунтовому повітрі може мати негативні наслідки. Наприклад, концентрація 1-2% може погіршувати проростання насіння і ріст кореневої системи, особливо при низьких температурах і утворенні ґрунтової кірки. Ця кірка утруднює газообмін, що

					СЧ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призводить до задихання проростків, що особливо шкідливо для дрібнонасінних культур (морква, петрушка, селера, цибуля тощо). Щоб уникнути цього, необхідно руйнувати ґрунтову кірку на посівах. Підвищений вміст CO<sub>2</sub> у повітрі також негативно впливає на капусту, моркву, кріп та інші рослини. [10]

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ ЗАВДАННЯ СИСТЕМИ

### 3.1 Переклік основних завдань

Згідно умов технічного завдання в прототипі мають бути реалізовані верхній та нижній рівні керування. Для зменшення навантаження на центральні керуючі органи системи, та оптимізації їх роботи було прийняте рішення розділити рівні керування на два блоки керування відповідно.

Перелік основних завдань системи буде проводитись відповідно розподілу по блокам керування.

Блок нижнього рівня керування (НРК):

- Прийом керуючих сигналів з блоку ВРК;
- Моніторинг параметрів клімату в реальному часі;
- Підтримка заданих параметрів клімату в реальному часі;
- Відправка поточних значень параметрів клімату до блоку ВРК.

Блок верхнього рівня керування (ВРК):

- Забезпечення віддаленого зв'язку сервера керування з оператором;
- Обробка зображення з камери спостереження, розрахунок оптимальних параметрів клімату;
- Відправка керуючих сигналів до блоку НРК;
- Прийом поточних значень параметрів клімату від блоку НРК.

### 3.2 Опис контурів керування

Для опису контурів керування була створена функціональна схема автоматизації (див. Додаток Б).

#### 3.2.1 Контур Керування температурою

Призначення: підтримка температурного режиму в камері вирощування.

Контролером блоку НРК проводиться опитування датчика температури повітря. На основі отриманих даних відбувається перемикання стану роботи обігрівача за допомогою релейного регулятора.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **3.2.2 Контур Керування освітленням**

Призначення: підтримка світлового режиму в камері вирощування.

Контролером блоку НРК проводиться опитування датчика освітлення, після відбувається фільтрація шумів сигналу. На основі отриманих даних відбувається регулювання подачею напруги на LED стрічки за допомогою польового транзистора.

### **3.2.3 Контур Керування концентрацією CO<sub>2</sub>**

Призначення: підтримка газо-повітряного режиму в камері вирощування.

Контролером блоку НРК проводиться опитування датчика концентрації вуглекислого газу, через велику інерційність розповсюдження газу по камері, відбувається перевірка стабілізацію рівня CO<sub>2</sub> в камері.

Оскільки подача газу відбувається з балона в якому газ знаходиться під великим тиском, що унеможливорює стабільне мікродозування газу. Тому, перед подачею газу до камери, обов'язковим етапом є зниження тиску газу за допомогою газового редуктора.

Після усіх пройдених етапів відбувається перемикання станів роботи форсунки та клапана, для мікродозування CO<sub>2</sub>.

### **3.2.4 Контури забезпечення зв'язку**

Призначення: забезпечення обміну даними між блоками керування та забезпечення зв'язку серверу з користувачем.

Зв'язок між блоками відбувається завдяки дротовим інтерфейсам та протоколам передачі пакетів даних.

Зв'язок з сервером відбувається по протоколам безпроводного інтернет зв'язку WI-FI.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4. ОПИС АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

### 4.1 Компоненти енергозабезпечення

#### 4.1.1 Блок живлення

В системі використовується імпульсний блок живлення з вихідною стабілізованою напругою 12В і потужністю 60 Вт. Його призначення полягає в стабільному забезпеченні певних виконавчих механізмів необхідним рівнем напруги для їх стабільної роботи.



Рисунок 4.1 - Блок живлення імпульсний Prolum™ 12В 60Вт 5А IP20

Таблиця 4.1 - Характеристики

Тип джерела живлення	імпульсний
Тип охолодження	пасивне
Виробник	PROLUM
Клас якості	Standart
Потужність	Вт
Вхідна напруга	220В
Вихідна напруга	12В
м	IP20 (негерметичний)
Вихідний струм	5А
Матеріал корпусу	метал
Робоча температура	-25 до + 70 °С
Захист	Захист від короткого замикання, захист від перевантаження





Ефективність перетворення	95%
Частота перетворення	180 кГц
Вихідні пульсації	50 мВ (макс.)
Регулювання навантаження	$\pm 0.5\%$
Точність підтримки вихідної напруги	$\pm 2.5\%$
Робоча температура	-40 °С до +85 °С
Розміри	52x26.5x17 мм (Д x Ш x В)

В блоці НРК використовується мініатюрний модуль імпульсного понижуючого перетворювача на мікросхемі MP1584



Рисунок 4.3 - Понижуючий перетворювач 5А на XL4015

Таблиця 4.3 - Характеристики

Тип	понижуючий перетворювач напруги з обмеженням вихідного струму і напруги без гальванічної розв'язки
вхідний діапазон напруги	4.5–28 В
вихідний діапазон напруги	0.8–20 В
макс. тривалий струм (без охолодження)	1.8 А
максимальний вихідний струм	3 А
ККД	до 90%

пульсації на виході	до 50 мВ
частота перемикання	1 МГц
робочий діапазон температур	-45 ~ +85 °С
розміри	22 x 17 x 4 мм

#### 4.1.3 Автоматичний вимикач

Автоматичний вимикач ВА47-29 (ВА47-29М) - пристрій, призначений для захисту електричних мереж від перевантаження за струмом, а також струмів короткого замикання. Захист від струмового перевантаження забезпечується вбудованим тепловим розчеплювачем (біметалічна пластина), від струмів КЗ - електромагнітним розчеплювачем. Обидва розчеплювачі відключають автоматичний вимикач (розривають коло) в разі появи надструмів. Автомат ВА47-29 володіє граничною відключаючою здатністю в 4500 А - цього цілком достатньо для більшості випадків, коли необхідний струмовий захист. Номінальний струм в 10 А говорить про те, що максимальне навантаження мережі (або ділянки кола), що захищається, становить 2200 Вт (розраховується за перетином проводу).

Характеристика відключення В означає, що спрацьовування електромагнітного розчеплювача автоматичного вимикача відбудеться в разі 3-5-кратного перевищення струму від номінального значення. Це найбільш чутливий до струмового перевантаження варіант і застосовний в тих випадках, коли в мережі немає короткочасних пускових струмів.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.4 - Автоматичний вимикач ВА47-29

Таблиця 4.4 - Характеристики

Виробник	ІЕК
Кількість полюсів	1P
Номінальний робочий струм, А	10
Характеристика спрацьовування – крива струму	C
Номінальна робоча напруга,	230/400
Серія	ВА47-29
Вимикаюча здатність, А	4500
Тип монтажу	На DIN-рейку
Ступінь захисту (IP)	20
Сфера використання	Промислове та побутове
Тип розчіплювача	Тепловий, електромагнітний
Макс перетин вхідного кабелю (провідника), мм <sup>2</sup>	25
Номін. імпульсна напруга, що витримується, кВ	4

## 4.2 Сенсорні пристрої (давачі)

### 4.2.1 Камера моніторингу стадій росту рослини

Для реалізації функції моніторингу та аналізу стадій росту рослини був обраний модуль камери Raspberry Pi Camera Module 3.



*Рисунок 4.5 - Raspberry Pi Camera Module 3*

Камера Raspberry Pi Camera Module 3 – це компактна камера від Raspberry Pi, що має 12-мегапіксельний сенсор IMX708 із HDR і фазовий автофокус зі стандартним об'єктивом та з інфрачервоним фільтром.

Модуль камери 3 можна використовувати для зйомки відео у форматі Full HD, а також фотографій і підтримує режим HDR до 3 мегапікселів.

Робота камери реалізована через послідовний інтерфейс камери (CSI). CSI — це апаратний протокол передачі даних, який забезпечує передачу даних у реальному часі між датчиком зображення та процесором.

Ось деякі з важливих технічних характеристик формату CSI:

**Фізичний інтерфейс :** CSI зазвичай використовує стрічковий кабель і роз'єм для передачі даних і сигналів керування між камерою та головним процесором.

**Передача даних :** CSI є послідовним інтерфейсом і, отже, передає дані у вигляді серії пакетів даних.

**Формат даних :** інтерфейси CSI підтримують різні формати даних, включаючи RAW Bayer, YUV.

**Контроль даних :** окрім передачі даних, CSI також передає сигнали керування камерою для налаштування параметрів і налаштувань камери.

**Версії CSI :** є три доступні варіанти CSI, а саме CSI-1, CSI-2 і CSI-3.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						37
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Час опитування	750ms
Призначення провідників	Червоний – VCC, Чорний – GND, Жовтий – DATA

### 4.2.3 Давач освітлення

Для моніторингу рівня освітлення використовується фоторезистор – аналоговий сенсорний пристрій, який змінює свій внутрішній опір під дією світла. Номінальне значення опору резистора 10 кОм. Підключення до контролера відбувається через дільник напруги.

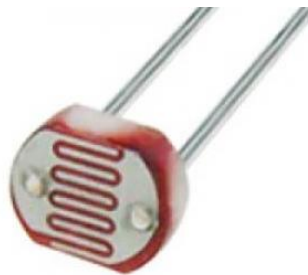


Рисунок 4.8 – Фоторезистор 10 кОм

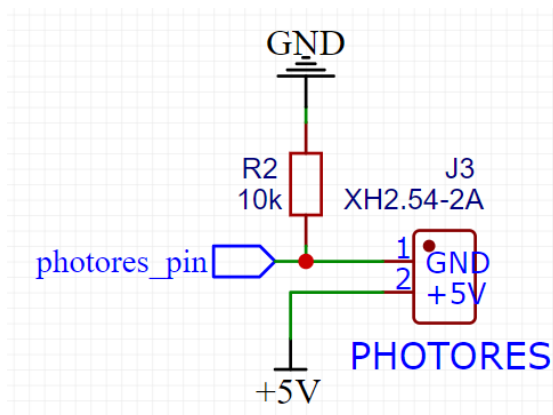


Рисунок 4.9 – Приклад підключення датчика до контролера photores\_pin – аналоговий пін контролера до якого під'єднаний датчик.

### 4.2.4 Датчик концентрації вуглекислого газу

Інфрачервоний датчик MH-Z19B призначений для вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у повітрі. Він характеризується наявністю двох вихідних інтерфейсів, функцією температурної компенсації, високою лінійністю та низьким енергоспоживанням.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

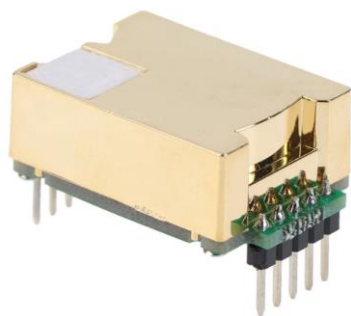


Рисунок 4.10 – MH-Z19

Особливість цього сучасного і популярного датчика MH-Z19 від застарілих CO<sub>2</sub> датчиків в тому, що для його роботи абсолютно не потрібно додаткового потужного підключення або специфічного підключення, він відмінно працює і передає дані через UART або PWM.

Таблиця 4.5 - Характеристики

Робоча напруга	4,5~5,5 В постійного струму
Середній струм	<20 мА (при 5 В)
Піковий струм	150 мА (при 5 В)
Діапазон вимірювання	0~5000ppm
Час розігріву	3 хв
Час відгуку	T90<120s
Робоча температура	0 ~ 50 градусів С
Робоча вологість	від 0 до 95% RH (без конденсації)

### 4.3 Виконавчі пристрої

Додатково до опису виконавчих пристроїв будуть наведені пристрої комутації для реалізації керування.

#### 4.3.1 Нагрівач

Для підтримки температурного режиму, був обраний плівковий інфрачервоний нагрівач, з живленням від мережі 220 В.





Рисунок 4.11 - Плівковий інфрачервоний нагрівач

Таблиця 4.6 - Характеристики

Напруга живлення	4,5~5,5 В постійного струму
Тип	<20 мА (при 5 В)
Потужність	150 мА (при 5 В)
Ширина	0~5000ppm
Довжина	3 хв
Температура поверхні нагрівального елемента	T90<120s
Робоча температура з урахуванням тепловтрат	0 ~ 50 градусів С
Коефіцієнт корисної дії	від 0 до 95% RH (без конденсації)

Комутуючим пристроєм для нагрівача було обране твердотільне реле ННГ1D-1/032F-38-4А.

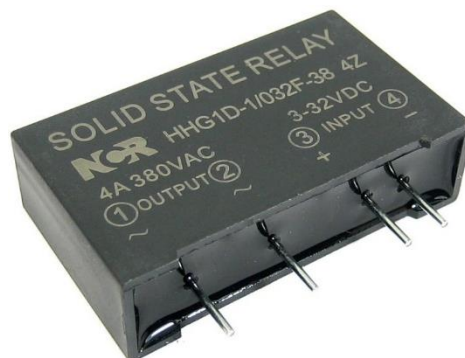


Рисунок 4.12 - твердотільне реле ННГ1D-1/032F-38-4А

Таблиця 4.7 - Характеристики

Тип реле	Твердотинне
----------	-------------

Ном. керуюча напруга	3 - 32 DC
Ном. напруга навантаження	40...440 AC
Напруга увімкнення/вимкнення	вкл. 3 В/викл. 1 В
Ном. струм навантаження	4 А
Робоча температура	-30 ... 80 С
Розміри	43x25, 5x12 мм

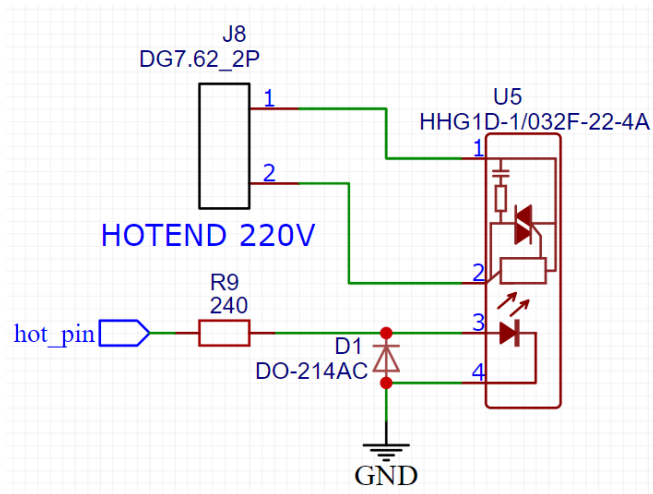


Рисунок 4.13 - Приклад підключення

### 4.3.2 Освітлення

Для прототипу системи керування були обрані світлодіодні модулі 2835-3smd.



Рисунок 4.14 - Світлодіодний модуль 2835-3smd

Таблиця 4.8 - Характеристики

Розміри	72×17×8 мм
Потужність, Вт	1,05

Напруга живлення, В	12
Сила світлового потоку, Лм	150
Кут розсіювання, град	170
Світлорозсіювальна лінза	так
Колір	Білий
Колірні характеристики (нм/Кельвіни)	7000-7500К

Керування відбувається через N-канальний польовий транзистор IRF3205.

### 4.3.3 Подача газу

Реалізація мікродозування газу забезпечена використанням газо-паливної форсунки релейного типу, назва моделі - LpgTech Yeti Solo.



Рисунок 4.15 - Форсунки LpgTech Yeti Solo

Таблиця 4.9 - Характеристики

Час відкриття	2 мс
Час закриття	1 мс
Максимальна витрата палива	115 л/м
Діапазон робочих температур	-40 - +140 °C
Граничний тиск	4,5 Бар

Через вірогідність зносу штоку форсунки і відповідно подальшого протікання газу в неробочому стані форсунки, було прийнято рішення додавання додаткового (захисного) органу керування в вигляді релейного клапана.

Електричний соленоїдний клапан кутовий 1/2 ", DC 12В.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.16 - Електричний соленоїдний клапан кутовий 1/2 ", DC 12В.

Таблиця 4.10 - Характеристики

матеріал	метал + пластик
напруга	DC 12 В
тиск	0.02 - 0.8 Мра
макс. температура	100 ° С
режим роботи	нормально закритий
вхід і вихід	різьблення 1/2 "(зовнішній діаметр)
використання	вода і рідин з низькою уязкістю
тип клапана	діафрагма (управляється сервоприводом)
розмір виробу	близько 78 x 60 мм
внутрішній діаметр	13.5 мм

Керування обома пристроями відбувається через N-канальні польові транзистори IRF3205.

## РОЗДІЛ 5. КЕРУЮЧІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМИ

Проектування та розробка керуючого пристрою забезпечує відповідність системи технічним вимогам і її функціональність для виконання заданих завдань. Це включає обробку даних від сенсорів, прийняття рішень на основі цих даних і відправлення команд виконавчим механізмам. Також проектування забезпечує надійність, ефективність і оптимальну взаємодію всіх компонентів системи.

Згідно ТЗ і описаних функціональних завдань (див. розділ 3) Було прийняте рішення розподілу рівнів керування по відповідним окремим блокам. Дане рішення має значний позитивний вплив на якість процесу керування, зменшенням навантаження на керуючі пристрої. Також це полегшує вибір пристроїв для забезпечення відповідності до ТЗ.

Нижче наведена схема взаємодії керуючих пристроїв відносно інтерфейсів передачі даних і інформаційних сигналів.

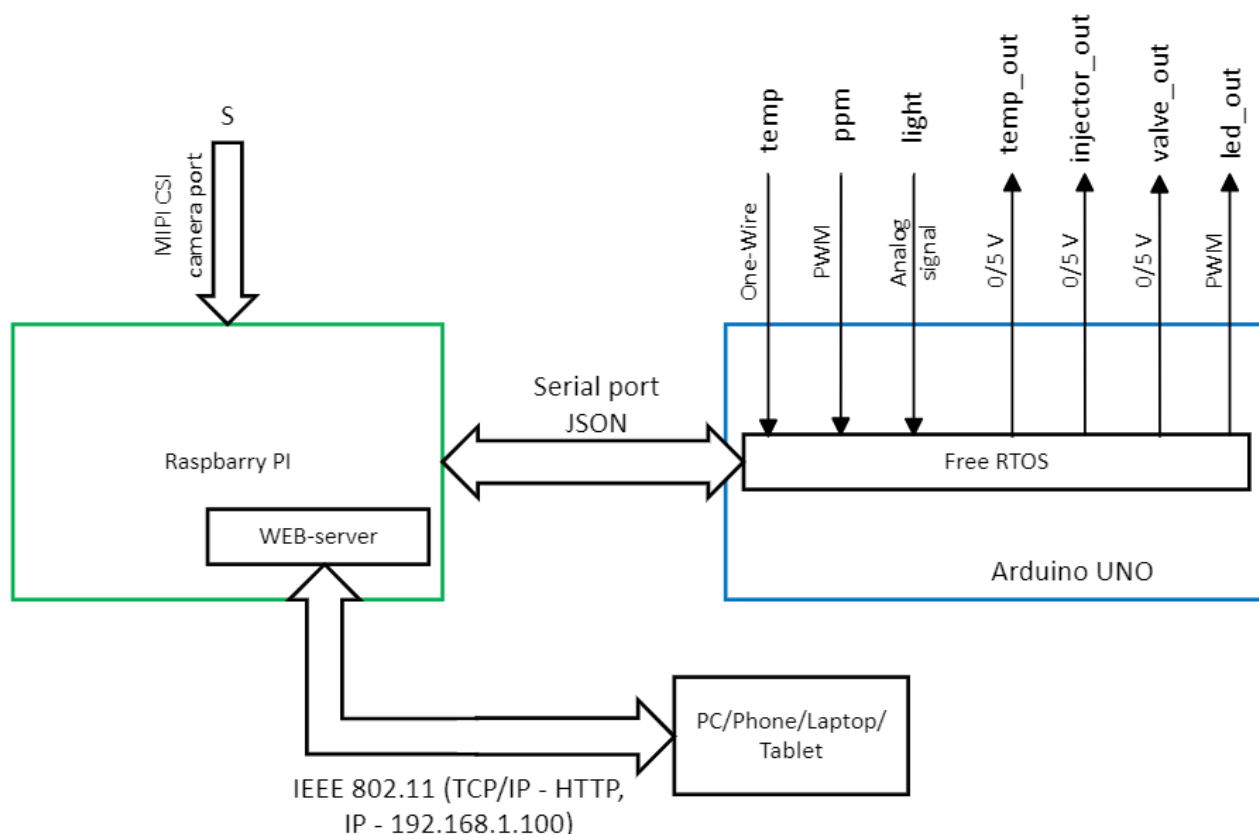


Рисунок 5.1 – Схема інформаційних сигналів

## 5.1 Опис пристрою керування блоку НРК

Вибір контролера для реалізації нижнього рівня керування ґрунтується на наступних факторах:

- **Обчислювальна потужність:** Необхідна для виконання всіх потрібних завдань і алгоритмів;
- **Кількість входів/виходів:** Відповідність кількості сенсорів, виконавчих механізмів та інших підключених пристроїв;
- **Сумісність:** підтримка підключення обраних засобів автоматизації;
- **Інтерфейси:** Наявність необхідних комунікаційних інтерфейсів (I2C, SPI, UART, Ethernet, CAN і т.д.);
- **Підтримка протоколів:** Підтримка необхідних протоколів зв'язку для інтеграції в систему.

Також важливим фактором вибору контролера, для прототипу, є невелика ці на пристрою.

Зважаючи на описані вище фактори в якості пристрою керування була обрана налагоджувальна плата Arduino UNO R3 – китайська репліка оригінальної плати Arduino UNO. Пристрій побудований а базі мікроконтролера Atmega328p. Плата має 14 цифрових входів/висновків (6 з них можуть бути використані як ШІМ виходи), 6 аналогових входів. Обраний пристрій підтримує інтерфейси зв'язку: UART, I2C, SPI.

Опис відповідних сигналів керування наведений в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Таблиця сигналів керування блоку НРК

Порт	Пін	Тип сигналу	Назва	Призначення
PC0	A0	Аналоговий сигнал	light	Показник рівня освітлення в камері
PD2	D4	ШІМ	ppm	Показник концентрації CO2 в камері
PD3	D5	Двійковий код 9 біт	temp	Показник рівня температури повітря

PD4	D6	Дискретний 0/5 В	temp_out	Керуючий сигнал вмикання/вимикання нагрівача
PB6	D9	Дискретний 0/5 В	injector_out	Керуючий сигнал вмикання/вимикання форсунки
PB7	D10	Дискретний 0/5 В	valve_out	Керуючий сигнал вмикання/вимикання клапану
PD5	D11	ШИМ	led_out	Керуючий сигнал регулювання освітлення

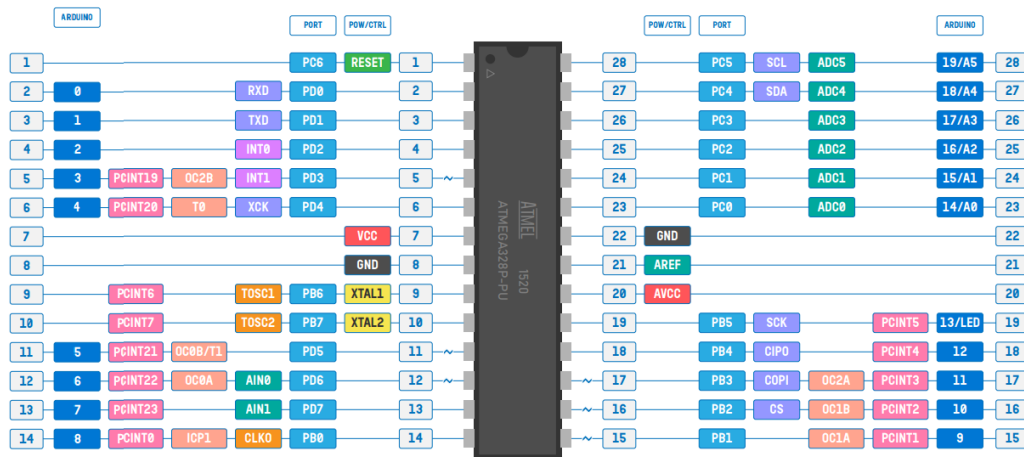


Рисунок 5.2 – Схема розпіновки мікроконтролера Atmega328p на платі Arduino UNO

### 5.1.1 Операційна система реального часу

Для забезпечення чіткого моніторингу та керування параметрами клімату в реальному часі необхідно проводити реалізацію багатозадачності контролера, а саме паралельного опитування датчиків, та паралельного керування виконавчими пристроями. Стандартний синтаксис написання коду на Arduino UNO не дозволяє паралельне виконання двох, або більше завдань. Тому для вирішення задачі було прийняте рішення використання операційної системи реального часу (FreeRTOS).

За допомогою FreeRTOS можна виконувати багатозадачність на обладнанні на основі мікроконтролера!

Традиційні процесори можуть виконувати лише одне завдання за раз, але багатозадачна операційна система може створювати враження, що кожне завдання виконується одночасно, швидко перемикаючись між завданнями. На наступному малюнку показано залежність між режимом виконання трьох завдань і часом.[14]

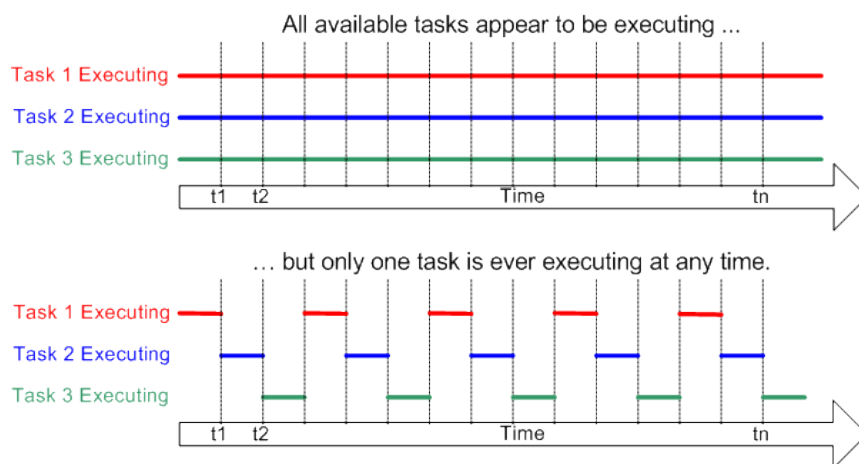


Рисунок 5.3 – Приклад залежності між режимом виконання трьох завдань і часом

## 5.2 Опис пристрою керування блоку ВРК

Для забезпечення роботи блоку ВРК, в якості керуючого пристрою був обраний одноплатний мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B.



Рисунок 5.4 - Одноплатний Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B

Мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 Model B є повноцінною заміною робочого столу на базі Linux. Ця платформа підходить не лише для веб-серфінгу та розробки додатків, але також може виступати «мозком» для робота або розумного



будинку, медіацентром, вузлом розподіленої обчислювальної системи чи промисловим контролером.

### 5.3 Опис протоколу зв'язку блоків керування

В якості інтерфейсу зв'язку було прийнято рішення використання послідовного USB порту. Послідовний порт (англ. serial port) — двонаправлений послідовний інтерфейс, призначений для обміну байтовою інформацією. Для чіткого та структурованого обміну даними в обидві сторони, протокол працюватиме в напівдуплексному режимі передачі даних, тобто передача в обидві сторони відбуваються по черзі. Обмін проводиться в асинхронному режимі. Для облегшення обміну використовується формат повідомлень JSON. Обґрунтування використання текстового формату наступні:

- **Універсальність та сумісність:** JSON підтримується багатьма мовами програмування, включаючи Python (на Raspberry Pi) та C++ (на Arduino);
- **Легкість читання:** Формат JSON є текстовим і добре структурованим, що робить його легким для читання та розуміння людьми.
- **Простота парсингу:** JSON можна легко розібрати (парсити) за допомогою стандартних бібліотек у багатьох мовах програмування, що спрощує обробку даних.
- **Швидкість обробки:** JSON швидше обробляється завдяки простішій структурі.

#### 5.3.1 Послідовність передачі даних між блоками керування

Для чіткого обміну даними необхідна чітка структуризація процесу. Оскільки Raspberry Pi відповідає за функціонування ВПК, то він і буде ініціатором обміну пакетами даних.

Послідовність:

1. Підготовка і ініціалізація: Raspberry Pi:

- 1) Встановлює послідовне з'єднання з Arduino (на прикладі використовується порт /dev/ttyUSB0 зі швидкістю 9600 бодів).
- 2) Arduino: Встановлює послідовне з'єднання зі швидкістю 9600 бодів.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Розрахунок і відправка даних від Raspberry Pi до Arduino:

- 1) Raspberry Pi: На основі алгоритму обробки зображення з камери проводиться розрахунок необхідних значень (температура, освітлення, концентрація CO<sub>2</sub>), або приймає значення введені оператором на сервері та формує JSON-повідомлення.
- 2) Raspberry Pi: Додає символ нового рядка (\n) в кінець JSON-повідомлення для позначення його завершення.
- 3) Raspberry Pi: Відправляє JSON-повідомлення через послідовний порт до Arduino.

## 3. Прийом і підтвердження даних Arduino:

- 1) Arduino: Читає дані з послідовного порту до символу нового рядка (\n), розпізнаючи кінець повідомлення.
- 2) Arduino: Перевіряє, чи починається повідомлення з { і закінчується }, щоб переконатися, що це коректний JSON.
- 3) Arduino: Обробляє отримане JSON-повідомлення і підтверджує отримання, відправляючи відповідь "Data received and processed" назад до Raspberry Pi.

## 4. Зчитування даних датчиків і відправка їх до Raspberry Pi:

- 1) Arduino: Зчитує значення з підключених датчиків (температура, освітлення, концентрація CO<sub>2</sub>).
- 2) Arduino: Формує JSON-повідомлення з даними датчиків.
- 3) Arduino: Додає символ нового рядка (\n) в кінець JSON-повідомлення і відправляє його через послідовний порт до Raspberry Pi.

## 5. Прийом даних Raspberry Pi:

- 1) Raspberry Pi: Читає дані з послідовного порту до символу нового рядка (\n), розпізнаючи кінець повідомлення.
- 2) Raspberry Pi: Перевіряє, чи починається повідомлення з { і закінчується }, щоб переконатися, що це коректний JSON.
- 3) Raspberry Pi: Обробляє отримане JSON-повідомлення і виводить дані з датчиків на сервер.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						50
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3.2 Приклади повідомлень

Формат JSON формує пакети повідомлень певної структури та шифрування. Пакети формуються наступною структурою - пара "ключ-значення" ("key" : "value"). Нижче наведені приклади повідомлень від Raspberry Pi та Arduino.

```
{
  "targetTemperature": 22.5,
  "targetLight": 300.0,
  "targetCO2": 350.0
}
```

*Рисунок 5.5 – Приклад повідомлення в форматі JSON від Raspberry Pi до Arduino*

По наведеному приклад можна зрозуміти за яку величину відповідає кожен ключ: targetTemperature – розрахований Raspberry Pi, оптимальний рівень температури, одиницею виміру є °C; targetLight – розрахований Raspberry Pi, оптимальний рівень світла, одиницею виміру є люкс; targetCO2 – розрахований Raspberry Pi, оптимальний рівень концентрації CO2, одиницею виміру є ppm (мільйонна частка).

```
{
  "temperature": 23.4,
  "light": 320.0,
  "co2": 365.0
}
```

*Рисунок 5.6 – Приклад повідомлення в форматі JSON від Arduino до Raspberry Pi*  
Відповідність ключів: temperature – фактичне значення температури, зчитане з давача, одиницею виміру є °C; light – фактичне значення рівня освітленості, зчитане з давача, одиницею виміру є люкс; targetCO2 – фактичне значення рівня концентрації CO2, зчитане з давача, одиницею виміру є ppm (мільйонна частка).

## РОЗДІЛ 6. ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙС

Людино-машинний інтерфейс (НМІ) є критичним компонентом для взаємодії користувачів з автоматизованими системами. В контексті системи моніторингу та управління на основі Raspberry Pi та Arduino, вибір WEB-сервера як НМІ надає численні переваги:

- 1) **Доступність:** WEB – інтерфейс доступний з будь-якого пристрою, що має WEB -браузер, забезпечуючи віддалений доступ до системи без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення.
- 2) **Універсальність:** WEB – стандарти (HTML, CSS, JavaScript) підтримуються усіма сучасними браузерами, що робить WEB –інтерфейси сумісними з різними операційними системами та пристроями.
- 3) **Легкість розробки та оновлення:** WEB – технології дозволяють швидко розробляти, тестувати та розгортати оновлення без потреби змінювати клієнтське програмне забезпечення на кожному пристрої.

### 6.1 Завдання WEB-сервера

WEB -сервер в рамках автоматизованих систем виконує ключові функції моніторингу та управління, що значно полегшують роботу операторів і забезпечують стабільність системи.

Перша задача включає моніторинг та відображення даних про стан системи. Це означає, що WEB – сервер здійснює збір інформації про параметри мікроклімату, описані в попередніх розділах. Ці дані відображаються у вигляді текстово - числових візуальних елементів у WEB – інтерфейсі. Це дозволяє операторам отримувати актуальну інформацію про стан системи в реальному часі, що є важливим для оперативного прийняття рішень і попередження можливих проблем.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						52
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

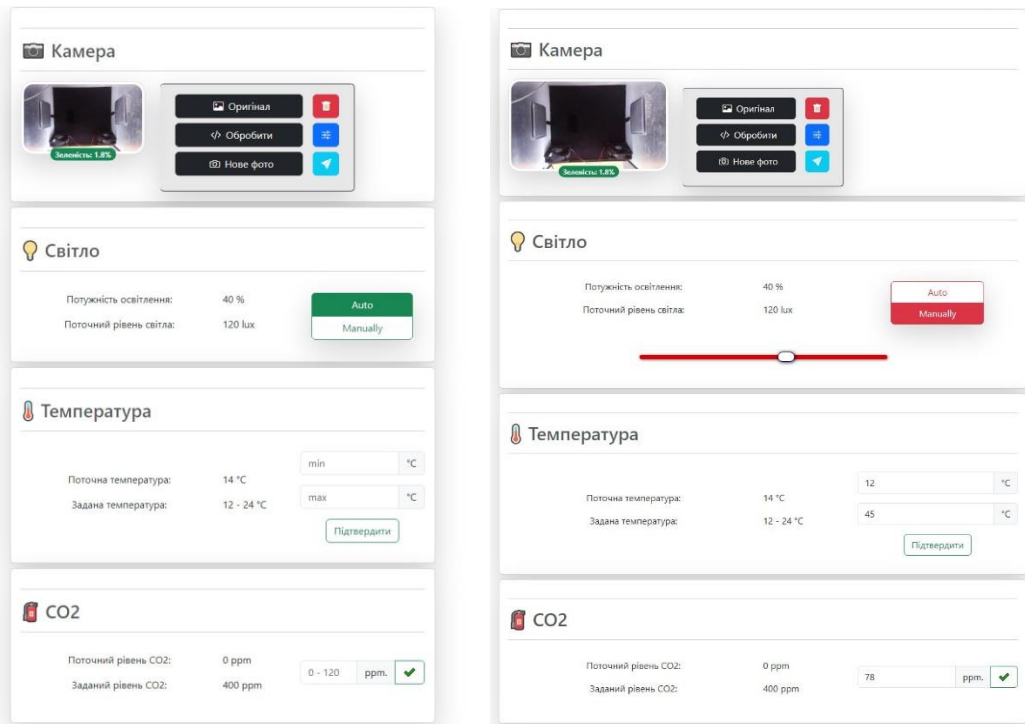


Рисунок 6.1 – 6.2 – Скріншоти інтерфейсу WEB – сервера

Друга функціональна задача включає обробку та передачу команд для керування параметрами системи через WEB – інтерфейс. WEB – сервер приймає команди від операторів, наприклад, щодо зміни режимів роботи або налаштувань системи, і передає їх до відповідних підсистем. Це забезпечує операторам можливість віддаленого керування системою без необхідності присутності на місці.

### ⚙️ Налаштування камери

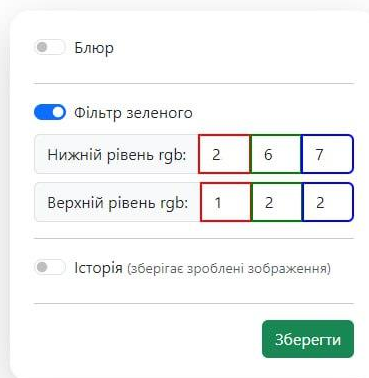


Рисунок 6.3 – Скріншот інтерфейсу налаштування камери

Третя задача полягає в сповіщенні операторів про неправильну роботу системи через механізми сигналізації.

Остання задача включає збирання даних і ведення журналу подій. Це дозволяє операторам і адміністраторам системи здійснювати глибокий аналіз роботи системи, виявляти потенційні проблеми та покращувати стратегії управління для забезпечення її найкращої продуктивності і надійності в майбутньому.

## 6.2 Опис структури роботи WEB – сервера

- 1. Конфігурація мережі:** На початку запуску Raspberry Pi завантажується з конфігураційним файлом для підключення до Wi-Fi мережі. Це забезпечує, що пристрій буде мати доступ до мережі Інтернет після запуску.
- 2. Запуск сервісу:** Після підключення до мережі Raspberry Pi автоматично запускає певний сервіс або демон, який працює у фоновому режимі. Цей сервіс оркеструє всю роботу системи і відповідає за обробку запитів.
- 3. WEB – сервер на базі Flask:** Для створення WEB – інтерфейсу використовується мікрофреймворк Flask, написаний на Python. Flask дозволяє легко створювати WEB – сайти та обробляти HTTP запити. WEB – сервер на базі Flask служить інтерфейсом для користувачів, де вони можуть взаємодіяти з системою через WEB – сторінки.
- 4. Обробка запитів користувачів:** При отриманні HTTP запитів від користувачів, WEB – сервер обробляє ці запити за допомогою зареєстрованих обробників (routes).
- 5. WEB – інтерфейс для користувача:** Веб-інтерфейс надає користувачеві сторінку, де він може переглядати інформацію про систему (наприклад, статуси різних процесів, параметри установки тощо) і змінювати параметри керування. Наприклад, користувач може змінювати налаштування, що впливають на роботу системи або запускати певні функції.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						54
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті були проведені проектування та розробка прототипу системи керування міні-теплиці growbox. Проект напрямлений на підвищення ефективності вирощування рослин в тепличних умовах, а також підвищити ефективність використання ресурсів, тим самим забезпечуючи ресурсозбереження під час вирощування.

Перед розробкою проекту був проведений пошук що до актуальності створення подібних систем, та їх призначення.

Був проведений аналіз завдань системи керування теплицями. Проаналізовані існуючі системи типу growbox

Проведений опис структури проекту функцій системи, розроблені відповідні схеми автоматизації.

Проведений опис обраних датчиків, виконавчі пристрої та пристроїв узгодження, описані їх схеми підключень, та методи керування.

Розроблено ряд схем до бакалаврського проекту, а саме: електрична принципова схема, структурна схема, функціональна схема автоматизації. Додатково була розроблена електрична схема плати блоку нижнього рівня керування.

Відповідно до ТЗ був проведений підбір керуючих пристроїв. Було виявлено що стандартний синтаксис коду Arduino UNO не забезпечує стабільно моніторингу та керування параметрами клімату. Для вирішення проблеми в якості операційної системи була обрана операційна система реального часу. Проведена розробка алгоритму роботи Raspberry PI. Розроблено протокол обміну даними між блоками керування.

Проведено опис завдань WEB – серверу. Описано структуру його роботи.

Розглянута система на теперішній час має ряд недоліків, то необхідно вказати перелік побажань для майбутньої доробки та вдосконалення системи:

- Впровадження дистанційної прошивки керуючих пристроїв за допомогою WEB – сервера;

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Додавання можливості гарячої заміни датчиків та виконавчих пристроїв, тобто заміна компонентів має відбуватися по місцю без необхідності розбірки системи;
- Додавання нерозглянутих контурів керування, наприклад: вологість повітря, вентиляція, полив і т.д.

Також для подальшої роботи необхідно враховувати можливість розширення робочого об'єму теплиці.

					<i>СУ-01.6.151.01.ПЗ</i>	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Blog - Concept of the greenhouse automated system based on akYtec products | akYtec. Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik | akYtec. URL: <https://akytec.de/en/blog/greenhouse>.
- 2) Гроубокс.Grow box стелс Quantum Board 120w: продажa, ціна в Україні. Устаткування для сіті фермера, пропозиція від "GrowBoxUA" - 840713737. "GrowBoxUA" - контакти, товари, послуги, ціни. URL: <https://growboxua.com.ua/ua/p840713737-grouboks-minigrow-box.html>.
- 3) Гроубокс big ben Grow box стелс Quantum Board 240w. GrowersHouse. URL: <https://growershouse.com.ua/grouboks-big-ben-grow-box-stels-quantum-board-240w>
- 4) ЕСОВЛОМ РОЗУМНИЙ НАБІР ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ. ecocube. URL: <https://ecocube.com.ua/ecobloom>.
- 5) Міні-теплиця з підігрівом з термостатом - ідеально підходить для проростання рослин - 19 x 38 x 24 див - – Garden Seeds Market | Безкоштовна доставка. Garden Seeds Market – garden shop with best vegetables and flower seeds – Garden Seeds Market | Free shipping. URL: <https://gardenseedsmarket.com/mn-teplicya-z-pdgrvom-z-termostatom-dealno-pdhodit-dlya-prorostannya-roslin-19-x-38-x-24-div.html>.
- 6) 1. Тепловий режим. *ОВОЧІВНИЦТВО* : навч. посіб. 9729-те вид. Київ, 1993. С. 32–39. URL: [http://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2018/05/barabash\\_o\\_yu\\_ovochivnitstvo.pdf](http://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2018/05/barabash_o_yu_ovochivnitstvo.pdf).
- 7) 2.1. Тепловий режим. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/9746332/>.
- 8) 2. Світловий режим. *ОВОЧІВНИЦТВО* : навч. посіб. 9729-те вид. Київ, 1993. С. 39–43. URL: [http://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2018/05/barabash\\_o\\_yu\\_ovochivnitstvo.pdf](http://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2018/05/barabash_o_yu_ovochivnitstvo.pdf).
- 9) 2.2. Світловий режим. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/9746332/page:2/>.

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 10) 3. Повітряно-газовий режим. *ОВОЧІВНИЦТВО* : навч. посіб. 9729-те вид. Київ, 1993. С. 43–46. URL: [http://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2018/05/barabash\\_o\\_yu\\_ovochivnitstvo.pdf](http://kizman-tehn.com.ua/wp-content/uploads/2018/05/barabash_o_yu_ovochivnitstvo.pdf).
- 11) 2.3. Повітряно-газовий режим. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/9746332/page:3/>.
- 12) Користь CO<sub>2</sub> у вирощуванні рослин. Гидропоника купить в Украине, Києве: оборудование и удобрения для гидропоники по доступной цене. URL: <https://grow.in.ua/uk/blog/technology/blogart76>.
- 13) URL: <https://sigmaearth.com/effects-of-noise-pollution-on-plants-and-animals/>.
- 14) FreeRTOS with Wio Terminal | Seeed Studio Wiki. Seeed Studio Wiki. URL: <https://wiki.seeedstudio.com/Software-FreeRTOS/>.
- 15) How to use FreeRTOS with Arduino - Real-time operating system. Microcontrollers Lab. URL: <https://microcontrollerslab.com/use-freertos-arduino/>.
- 16) Why RTOS and What is RTOS?. FreeRTOS. URL: <https://www.freertos.org/about-RTOS.html>.
- 17) FreeRTOS on Arduino: How to Get Started. All3DP. URL: <https://all3dp.com/2/freertos-arduino-rtos/>.
- 18) What is FreeRTOS?. Simply Explained. URL: <https://simplyexplained.com/courses/programming-esp32-with-arduino/what-is-freertos/>.
- 19) What is JSON. W3Schools Online Web Tutorials. URL: [https://www.w3schools.com/whatis/whatis\\_json.asp](https://www.w3schools.com/whatis/whatis_json.asp).
- 20) Що таке JSON | Навіщо потрібен цей формат. Apix-Drive. URL: <https://apix-drive.com/ua/blog/useful/scho-take-json>.
- 21) Here's Why JSON Rules the Web. Oracle | Cloud Applications and Cloud Platform. URL: <https://www.oracle.com/database/what-is-json/>.

					СЧ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- 22) Ефективні системи опалювання теплиць. Захищена сторінка. URL: <https://gtconcept.com.ua/uk/teplytsi/ustatkuvannia-teplyts/opalennia-teplyts.html>.
- 23) Розумні системи автоматизації тепличного господарства. Агротехнології майбутнього - Виробництво та поставка сучасних технологій, обладнання та запчастин для аграрного сектору. URL: <https://agropeak.com.ua/portfolio/automation-systems/>.
- 24) Тепловий режим для росту і розвитку рослин овочевих культур. Народний Оглядач | Головна сторінка. URL: <https://www.ar25.org/article/teplovyy-rezhym-dlya-rostu-i-rozvytku-roslyn-ovochevyh-kultur.html>.
- 25) Що вигідно вирощувати у теплиці?. Агро-Пласт. URL: [https://agroplast.kiev.ua/index.php?route=blog/article&article\\_id=148](https://agroplast.kiev.ua/index.php?route=blog/article&article_id=148).
- 26) Як антропогенний шум впливає на рослини - 22 Березня 2012 - Географіка. Географіка - Головна сторінка. URL: [http://geografica.net.ua/news/jak\\_antropogennij\\_shum\\_vplivae\\_na\\_roslini/2012-03-22-1750](http://geografica.net.ua/news/jak_antropogennij_shum_vplivae_na_roslini/2012-03-22-1750).
- 27) Як збільшити врожайність у теплиці - ефективні технології та поради. Vegetable - Садова Магія. URL: <https://vegetable.com.ua/yak-zbilshiti-vrozhajnist-u-teplitsi-efektivni-texnologii-ta-poradi/>.
- 28) Automated Greenhouse Management with IoT: Monitoring and Controlling | WebbyLab. webbylab. URL: <https://webbylab.com/blog/smart-greenhouse-solutions-iot-based-environmental-monitoring-and-control/>.
- 29) Automated Greenhouse System: 9 Crucial Components - INSONGREEN. INSONGREEN. URL: [https://www.insongreen.com/automated-greenhouse-system/#Part\\_1\\_Temperature\\_and\\_Humidity\\_Control](https://www.insongreen.com/automated-greenhouse-system/#Part_1_Temperature_and_Humidity_Control).
- 30) Automated Greenhouse Systems - Greenhouse Automation Systems. Greenhouse Automation Systems. URL: <https://www.climatecontrol.com/blog/automated-greenhouse-systems/>

					СУ-01.6.151.01.ПЗ	Арк
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		