

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
 Кафедра КІТАР
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 Тип програми Освітньо-професійна
 Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КІТАР _____

(підпис)

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

студенту Онищенко Даниилу Михайлоичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації керування мікросередовищем у скляному теплосховищі

Затверджена наказом по університету від 03.06.2024 р. № 544 СТ

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 12.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи напряга джерела живлення 3,3 – 5В для мікроконтролера, джерело живлення для платформи в залежності від бази платформи, мова програмування C/C++

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі 4.1 Вступ; 4.2 Огляд та аналіз сучасних автоматизованих систем; 4.3 Розробка апаратної реалізації проекту; 4.4 Розробка програми управління автоматизованої системи; 4.5 Висновки

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

Демонстраційний матеріал у вигляді презентації

1. 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	Складання технологічного завдання	22.04 – 26.04.24	
2	Аналіз літературних джерел та аналогічних рішень	26.04 – 03.05.24	
3	Огляд та аналіз сучасних макетів автоматизованих систем	06.05 – 10.05.24	
4	Апаратна частина реалізації проекту	10.05 – 20.05.24	
5	Програмна частина реалізації проекту	20.05 – 24.06.24	
6	Експериментальне підтвердження....		
7	Подання роботи на перевірку на плагіат	29.05 – 06.06.22	
8	Оформлення пояснювальної записки	07.06 – 10.06.22	
	Подання роботи на рецензію	12.06	
9	Подання роботи на підпис зав. кафедри	12.06.24	
11	Подання атестаційної роботи в ЕК	13.06.24	

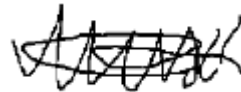
Дата видачі завдання 22.04.2024 р.

Студент _____ Онищенко Д.М.
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Артюх Р.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

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

Дата 12.06.2024



Онищенко Д.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 45 с., 1 табл., 23 рис., 2 дод., 23 джерела.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, КОНТРОЛЬ МІКРОКЛІМАТУ, СКЛЯНЕ ТЕПЛОСХОВИЩЕ, ARDUINO UNO.

Мета роботи – покращення мікрокліматичних умов вирощування культур шляхом розробки автоматизованої системи керування мікросередовищем.

Об'єкт розробки – процес вирощування рослин у закритому середовищі.

Предмет розробки – автоматизована система керування умовами вирощування рослин у закритому середовищі.

Для досягнення мети було:

- проведено огляд та аналіз існуючих сучасних автоматизованих систем вирощування рослин у закритому середовищі;
- проведено аналіз методів контролю та керування параметрами;
- обрано компоненти для програмної реалізації проекту;
- розроблено макет, його моделювання та алгоритм роботи мікроконтролеру, розроблено схему підключення макету та програмний код для реалізації роботи алгоритму,
- проведено експериментальні дослідження на правильність виконання отриманої реалізації,
- оформлено роботу відповідно до стандартів та рекомендацій.

ABSTRACT

The explanatory note contains: 45 p., 1 table, 23 figures, 2 pp., 23 sources.

AUTOMATED SYSTEM, MICROCLIMATE CONTROL, GLASS THERMAL STORAGE, ARDUINO UNO.

The aim of the work is to improve the microclimatic conditions for growing crops by developing an automated microenvironment management system.

Object of development – the process of growing plants in a closed environment.

The subject of development is an automated system for controlling the conditions of growing plants in a closed environment.

To achieve this goal, the following was done

- review and analyse existing modern automated systems for growing plants in a closed environment;
- analysis of methods of control and management of parameters;
- components for the software implementation of the project were selected;
- the layout, its modelling and the microcontroller algorithm were developed, the layout connection diagram and the program code for the algorithm implementation were developed,
- experimental studies were carried out to verify the correctness of the resulting implementation,
- the work was documented in accordance with standards and recommendations.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	8
Вступ.....	9
1 Аналіз існуючих автоматизованих систем керування мікрокліматом теплиці.....	10
1.1 Аналіз автоматизованої системи від фірми U Garden.....	10
1.2 Аналіз автоматизованої системи від фірми Sainpoly.....	11
1.3 Аналіз методів контролю та керування параметрами.....	12
2 Розробка апаратної реалізації проекту.....	18
2.1 Вибір компонентів для програмної реалізації проекту.....	18
2.2 Моделювання роботи автоматизованої системи.....	24
2.3 Засоби та результати механічної реалізації розробки.....	26
3 Розробка програми управління автоматизованої системи.....	28
3.1 Вибірсереди для програмування.....	28
3.2 Розробка загального алгоритму роботи.....	29
3.3 Реалізація роботи автоматизованої системи.....	29
3.4 Процес компіляції та зашивання програми в Arduino Uno.....	31
3.5 Приклад роботи системи.....	32
3.6 Розрахунок освітлення у теплосховищі	32
Висновки.....	34
Перелік джерел.....	35
Додаток А Лістинг програми для управління автоматизованою системою	39
Додаток Б Демонстраційний матеріал у вигляді презентації.....	44

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ККД – коефіцієнт корисної дії

УФ – ультра-фіолет

УФЛ – ультра-фіолетова лампа

ВСТУП

В сучасному світі використання технологій автоматизації у різноманітних галузях є вкрай актуальним та важливим завданням. Однією з таких галузей є енергоефективність та оптимізація тепlopостачання. Скляні теплосховища є одними з ефективних методів збереження тепла в системах опалення та кондиціонування повітря. Однак, для максимальної ефективності їх функціонування необхідно точне та ефективне керування мікросередовищем всередині теплосховища.

На разі ці теплосховища мають набагато нижчий ККД ніж могли б мати, тому є великий фронт робіт по їх покращенню, у тому числі уведення автоматичного терморегулювання та регулювання мікросередовища в них для покращення ефективності та підвищення стоку служби цієї системи.

Мета роботи – отримання навичок роботи в оптимізації процесів регулювання параметрів навколишнього середовища.

Об'єкт розробки – процес контролю навколишнього мікросередовища.

Предмет розробки – система контролю теплообміну та регулювання умов у замкнених приміщеннях.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проходження інструктажу з правил пожежної безпеки та поводження з електроприборами;
- провести аналіз стандартних теплосховищ;
- провести аналіз недоліків стандартних теплосховищ;
- провести вибір пунктів які зможуть виправити системи автоматизації;
- оформити кваліфікаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [2].

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦЬ

1.1 Аналіз автоматизованої системи від фірми U Garden

Теплиця "U-Garden PRO" від української компанії U-Garden (рис. 1.1) – це високотехнологічне рішення для автоматизованого вирощування рослин, що забезпечує оптимальні умови мікроклімату та управління процесом вирощування.



Рисунок 1.1 – Вид з середини теплиці U Garden Pro

Переваги теплиці "U-Garden PRO":

- фертиригація: автоматична подача добрив через систему поливу, що забезпечує рівномірне живлення рослин;
- скорочення витрат: економія води та добрив через точне управління ресурсами;
- система аналітики: збір та аналіз даних для оптимізації умов вирощування;
- снучкість управління: можливість оперативно адаптувати параметри до мінливих умов або потреб рослин.

Недоліки теплиці "U-Garden PRO":

- висока початкова вартість;

- технічна складність;
- ризики при перебоях в електроенергії;
- технічні збої та відмови;
- точність налаштувань.

1.2 Аналіз автоматизованої системи від фірми Sainpoly

Теплиці "Sainpoly" (рис. 1.2) являють собою високотехнологічні рішення для ефективного вирощування рослин з широкими можливостями автоматизації та управління. Ці теплиці підходять для фермерів, які прагнуть підвищити продуктивність і поліпшити якість продукції, при цьому готових до інвестування в сучасні технології та навчання персоналу.



Рисунок 1.2 – Вид з середини теплиці Sainpoly Venlo Glass Greenhouse

Переваги теплиці Sainpoly Venlo Glass Greenhouse:

- стійкість і довговічність: міцні матеріали та якісна збірка забезпечують

тривалий термін служби теплиці;

- енергоефективність: оптимізація використання ресурсів знижує експлуатаційні витрати;

- універсальність: можливість адаптації для різних культур і кліматичних умов;

- гнучкість в управлінні: інтуїтивні системи управління дають змогу легко налаштовувати параметри і контролювати мікроклімат.

Недоліки теплиці Sainpoly Venlo Glass Greenhouse:

- потреба в роботі людського персоналу;
- відсутність термоізоляції;
- складні та дорогі компоненти системи.

1.3 Аналіз методів контролю та керування параметрами

1.3.1 Система охолодження

Тепловий насос – пристрій для перенесення теплової енергії від джерела до споживача. На відміну від мимовільного передавання тепла, яке завжди відбувається від гарячого тіла до холодного, тепловий насос переносить тепло у зворотному напрямку. Охолодження теплиці відбувається за рахунок накачування тиску у випаровувач (виконаний у формі радіатора), який в свою чергу за законами фізики починає охолоджуватися, та потім вентилятор встановлений поза випаровувачем починає нагнітати охоложене повітря у простір теплосховища, тим самим охолоджуючи повітря всередині. Регулювання температури відбувається за рахунок змінення швидкості циркуляції хладагенту у системі. Рисунок 1.3 покаже вуличну та внутрішню частини системи охолодження теплового насосу



Рисунок 1.3 – Тепловий насос

Розрахунок потужності теплонасоса можна упростити до простої формули, що на 200 м^2 потрібна потужність 10 кВт , але не плутати із вживанням електроенергії, воно дуже маленьке, та якщо принебрегти низькопотенціальним джерелом тепла (тепле повітря), то отримаємо ККД більше 100% як би це дивно не виглядало. Тому тепловий насос можна вважати найкращим варіантом для охолодження повітря в теплиці.

1.3.2 Система поливу

Одним із найпоширеніших методів зрошення в промислових теплицях є крапельне зрошення, як показано на рисунку 1.4. Через трубу із отворами подається вода, яка витікає із отворів прям під коріння рослин. Це максимально примітивна система яка не потребує великої кількості додаткового обладнання.



Рисунок 1.4 – Крапельне зрошення

Мікроспрінкельна система має схожу систему із паливною рампою в автомобілях. Система являє собою трубу, в яку подається вода під тиском, та отворами, в які встановленні форсунки для роспилення води.

Ця система дозволяє рівномірно зволожувати весь ґрунт навколо, але потребує насос підвищеного тиску та регулятор тиску (зображений на рисунку 1.5). Водяний насос зображений на рисунку 1.6.



Рисунок 1.5 – Регулятор тиску



Рисунок 1.6 – Водяна помпа

Найкраще розпилення форсунки із 4 отворами діаметром 0,5 мм буде при тиску води 3-4 атм. Такий тиск може забезпечити регулятор Bosch 0 280 160 557.

Для оптимального зволоження рослин і ґрунту в теплицях використовуються різні технології та методи. Ось основні способи керування системами поливу ґрунту та зволоженням мікроклімату та повітря всередині скляного теплосховища:

– таймери та програмовані контролери: автоматизація поливу теплиць є поширеною практикою. Вони дозволяють змінювати розклад поливу відповідно до потреб рослин і умов навколишнього середовища;

– датчики вологості ґрунту: вимірюють рівень зволоженості ґрунту та передають цю інформацію до контролера, який буде зволожувати землю у разі необхідності.

Датчики вологості повітря: вимірюють відносну вологість повітря у теплиці, та корегують кількість поливу.

1.3.3 Системи освітлення

Ультрафіолетове освітлення: система, яка генерує світло в ультрафіолетовому спектрі, тим самим точно імітуючи вплив сонця на рослини, та сприяє покращенню росту рослин. УФЛ зображена на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Ультрафіолетова лампа

LED освітлення: на відміну від ультрафіолетової лампи, яка імітує сонячне світло за допомогою ультрафіолету, LED лампи (зображена на рисунку 1.8) імітують ультрафіолетові лампи. Принцип дії в тому що вони генерують світло в червоному та синьому спектрі, та у результаті їхнього змішування отримується фіолетове світло, яке лише нагадує ультрафіолетове, але краще за нічого. Вони набагато дешевші за попередній варіант, і в ондочас менш ефективні. Найчастіше їх використовують через доступність та простоту.



Рисунок 1.8 – LED лампа

У автоматизованих теплицях використовуються різні методи та технології, щоб забезпечити оптимальне освітлення для рослин відповідно до їх потреб. Ось деякі приклади:

- запрограмовані контролери: дуже часто для спрощення системи керування світлом ніяк не регулюється, а просто вмикається та вимикається в певні проміжки часу;

- датчики освітлення: ці датчики збирають інформацію про рівень освітленості від природного джерела у даний момент часу, та відштовхуючись від значень, регулює освітлення;

- датчики фази росту рослини: в деяких автоматизованих системах рівень освітлення підбирається під кожен етап росту для кращого результату.

1.3.4 Система опалення

Електронний нагрівач – найпоширеніший вид опалення теплиці, тому що такий вид обігріву максимально простий та не потребує зайвого обладнання, але в одночас має дуже високий рівень електроспоживання. Електрообігрівач зображений на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Електрообігрівач

Сонячний колектор (рисунок 1.10) система із світлопоглинаючими панелями, які нагріваються від сонячного світла, та потім передає тепло до певного теплоносія який буде підігрівати повітря теплиці.



Рисунок 1.10 – Сонячний колектор

У системі опалення використовуються різні методи та технології, щоб оптимізувати тепlopостачання відповідно до потреб рослин і умов навколишнього середовища. Ось деякі приклади:

- датчики температури: набір датчиків, які зчитують температуру повітря всередині теплиці, та передають інформацію до контролера для подальшого обігріву;
- системи розподілу тепла: у теплиці можна встановити системи розподілу тепла, такі як труби з гарячою водою або повітряні канали, щоб рівномірно розподілити тепло по всій теплиці;
- автоматичні клапани та насоси: автоматичні клапани та насоси, які відкриваються або закриваються залежно від температури, можуть використовуватися для керування системою циркуляції теплоносія, наприклад, води або повітря.

Отже, згідно ТЗ, необхідно розробити макет автоматизованої системи керування мікрокліматом у скляному теплосховищі.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ

2.1 Вибір компонентів для програмної реалізації проекту

Наступні компоненти були обрані для проектування автоматизованої системи:

- Arduino UNO R3;
- насос високого тиску Bosch 5 804 534 53;
- регулятор тиску Bosch 0 280 160 557;
- датчик вологості ґрунту LM393;
- датчик освітленості аналогово-цифровий;
- вентилятор 12 В;
- датчик вологості та температури DHT22;
- ультрафіолетова лампа 12В;
- блок живлення Вiom 12 В.

Arduino Uno – це одна з найпопулярніших моделей мікроконтролерів у серії Arduino, що ідеально підходить для проєктів початкового та середнього рівня. Її часто використовують для керування мікрокліматом теплиці завдяки своїй простоті, доступності та достатнім можливостям для підключення датчиків і виконавчих пристроїв. Arduino Uno R3 зображений на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Arduino Uno R3

Основні характеристики:

- процесор: ATmega328P;

- робоча напруга: 5 В;
- цифрові входи/виходи: 14 цифрових I/O пінів (6 з них можуть використовуватися як ШІМ-виходи);
- аналогові входи: 6 аналогових входів;
- флеш-пам'ять: 32 кБ (з яких 0,5 кБ зайняті завантажувачем);
- SRAM: 2 кБ;
- EEPROM: 1 кБ;
- тактова частота: 16 МГц.

Насос Bosch 5 804 534 53 являє собою доступний та надійний варіант для перекачування рідин під високим тиском. Він застосовується майже повсюди у всьому світі. Погружний насос Bosch зображений на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Насос-помпа Bosch

Характеристики насоса Bosch:

- напруга живлення 9-12 В;
- продуктивність 60 л/хв;
- діаметр 42 мм;
- довжина 90 мм;
- маса 350 г;
- максимальний тиск 8 атм.

Датчик вологості ґрунту, також відомий як гігрометр, є простим пристроєм, який використовується для вимірювання ступеня вологості землі, в яку він занурений. Використовуйте його, щоб дізнатися, наскільки правильно або неправильно поливати рослини в саду або вдома. Між двома електродами

виробляється невеликий струм. Сухий ґрунт збільшує опір і зменшує струм. Якщо земля волога, опір менший, а струм більший. Підсумковий аналоговий сигнал дозволяє визначити рівень вологості. Гігрометр зображення на рисунку 2.3.

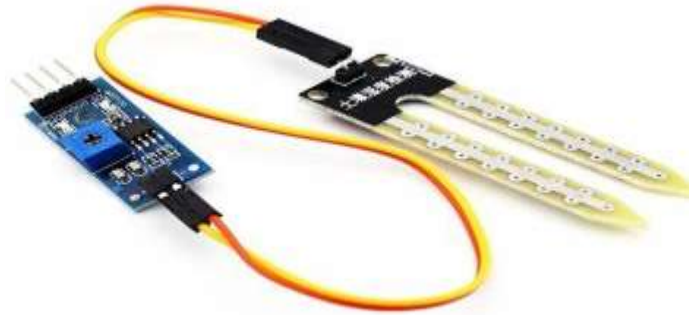


Рисунок 2.3 – Гігрометр Im393

Характеристики гігрометра Im393:

- напруга живлення датчика 3,3 – 5 В;
- габарити модуля: 38,1 мм x 15,6 мм x 8,0 мм;
- габарити датчика: 63,8 мм x 20,0 мм x 8,0 мм;
- довжина кабелю: 0,2 м;
- вага модуля: 3 г;
- вага датчика: 3 г;
- вага комплекту постачання: 11 г.

Модуль аналогово-цифрового датчика освітленості: використовується для вимірювання рівня освітленості та перетворення аналогового сигналу в цифровий, який можна обробити мікроконтролером. основний елемент Цей модуль має три функції. Він використовує фототранзистор для виявлення світла, операційний підсилювач для підвищення сигналу та аналогово-цифровий перетворювач (ADC), який може перетворити аналоговий сигнал у цифровий. Датчик освітленості зображений на рисунку 2.4.

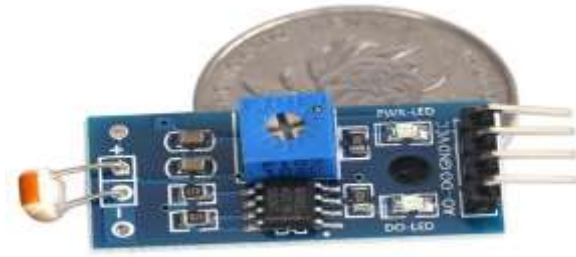


Рисунок 2.4 – Датчик освітленості

Характеристики датчика освітленості:

- чутливий елемент – фоторезистор;
- вихід компаратора більш ніж 15 мА;
- регулювання порога спрацьовування змінним резистором;
- робоча напруга: від 3,3 В до 5 В;
- цифровий вихід компаратора (0 і 1);
- аналоговий вихід датчика освітленості;
- зручний кріпильний отвір;
- розміри: 3,2 см x 1,4 см;
- використаний компаратор LM393.

Датчик температури та вологості DHT22 розроблений для роботи з процесорами Arduino, вимірює температуру повітря та його вологість, та простий у використанні. Датчик DHT22 зображений на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Датчик температури та вологості

Характеристики DHT22:

- робоча напруга: від 3,5 В до 5,5 В;

- робочий струм: 0,3 мА (вимірювання), 60 мкА (режим очікування);
- діапазон температур: від -40 °С до 80 °С;
- діапазон вологості: від 0 % до 100 %;
- роздільна здатність: температура і вологість – 16 – розрядні;
- точність: $\pm 0,5$ °С та ± 1 %.

Ультрафіолетова лампа це пристрій, який випромінює ультрафіолетове світло, яке в темну пору доби буде замінювати рослинам сонце. УФЛ зображена на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Ультрафіолетова лампа

Характеристика УФЛ:

- напруга живлення: 12 В, постійна напруга;
- потужність: 30 Вт;
- тип цоколя: кабель із "крокодилами" для підключення;
- конструктив: 2 од U-подібних сегмента;
- довжина хвилі УФ-випромінювання: 370 нм;
- ресурс: 8 000 годин.

Вентилятор це пристрій для нагнітання повітря для різних цілей, в нашому випадку він буде грати роль провітрювання від вуглекислого газу. Запустити вентилятор можна за допомогою транзистора або реле тому, що плата Arduino не може дати достатньо напруги для запуску вентилятора. В нашій системі для спрощення конструкції буде використовуватися радіальний вентилятор, який не буде пропускати повітря з середини назовні, та при включенні буде провітрювати теплицю

від вуглекислого газу. Така система звільнить теплицю від потреби у вентиляційних вікнах на шагових двигунах. Вентилятор зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Радіальний вентилятор

Характеристики радіального вентилятора:

- напруга живлення: 12 В;
- стартова напруга: 6 В;
- споживаний струм: 0.12 А;
- потужність: 1,44 Вт;
- оберти за хвилину: 4900;
- довжина: 50 мм;
- ширина: 50 мм;
- висота: 15 мм;
- матеріал: пластик.

Реле вмикач (зображене на рисунку 2.8) це невідъемний компонент системи, який дозволяє мікропроцесору керувати компонентами системи, на які йому не вистачає потужності. Працює за рахунок слабкого електромагніта, який живиться від мікроконтролера, та цим магнітом замикається контакт на напруженому ланцюгу схеми, і вмикаються споживачі.



Рисунок 2.8 – Реле

Блок живлення (зображений на рисунку 2.9) це головний компонент системи автоматизованого керування, він буде забезпечувати живлення на усі компоненти схеми потрібною напругою 12 В, та забезпечить нам постійний струм замість змінного.



Рисунок 2.9 – Блок живлення

Характеристики блоку живлення:

- потужність 150 Вт;
- вихідна напруга DC 12 В;
- робоча напруга 170-240 В;
- тип охолодження пасивне;
- матеріал корпусу метал;

- розмір 198 мм x 58 мм x 32 мм;
- клас захисту IP67;
- струм на виході 12,5 А.

2.2 Моделювання роботи автоматизованої системи

Визначившись із компонентами у попередньому розділі, наступна задача полягає в створенні схеми підключення всіх складових.

Для створення моделі буде використано середовище Tinkercad тому, що це простий та доступний всім варіант для моделювання. Було створено блок-схему (рисунок 2.10), та схему підключення електричних компонентів (рисунок 2.11).

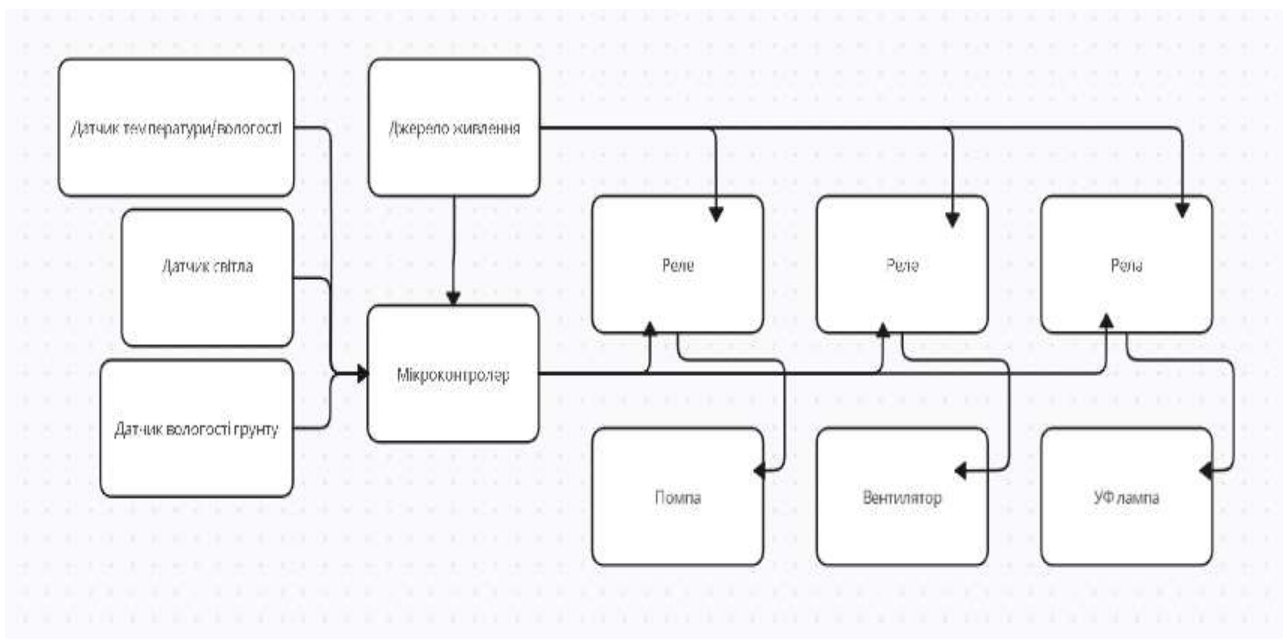


Рисунок 2.10 – Блок-схема автоматизованої системи

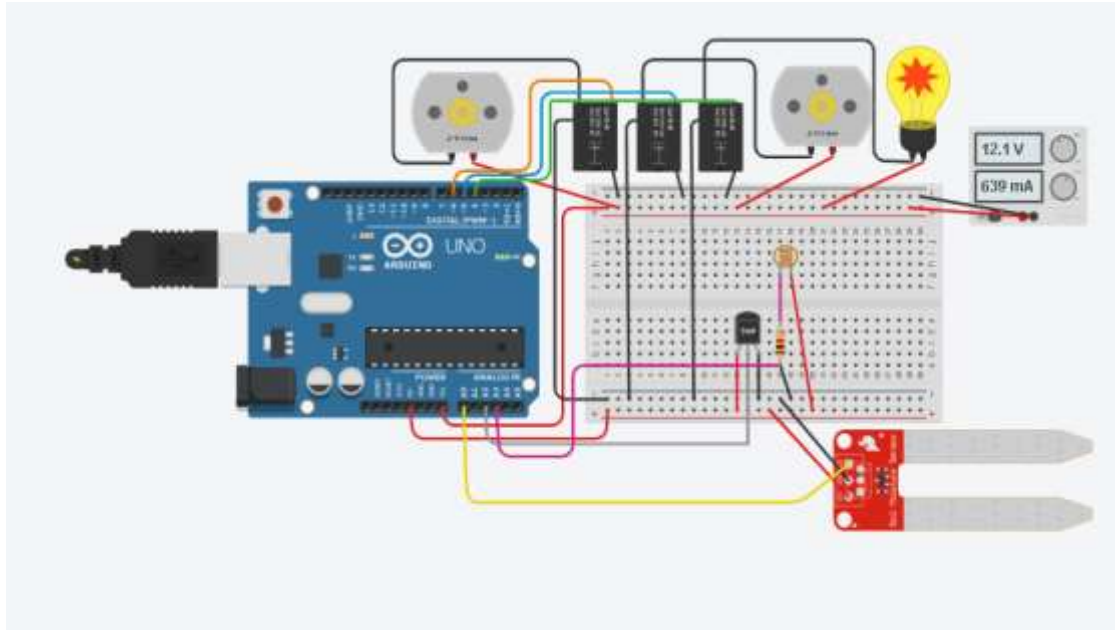


Рисунок 2.11– Схема підключення електричних компонентів автоматизованої системи

Принцип розробленої системи керування мікрокліматом у скляному теплосховищі полягає в тому, що вся система живиться від блоку живлення на 12 В. Керує всіма виконавчими механізмами мікроконтролер Arduino, та отримує інформацію із датчиків. За допомогою датчика освітлення мікроконтролер регулює роботу УФЛ. Датчик температури та вологості надає показники для роботи вентилятора, який виконує функцію зниження температури, вентиляції CO₂, та регулювання вологості повітря. Датчик вологості ґрунту в свою чергу регулює помпу, яка через водяну рампу із регулятором тиску, підключеною обраткою та форсунками рівномірно зволожує ґрунт для рослин.

2.3 Засоби та результати механічної реалізації розробки

Попередня схема була створена таким чином, щоб вона була компактна, герметична, та проста в обслуговуванні. Плата із розводками була встановлена у герметичній металічній контейнер, що дає змогу розташувати його у будь-якому місці. Та потім було спроектовано версію автоматизованої системи, яка враховує наступні фактори:

- вибір якісних і надійних компонентів для довготривалої служби;
- встановлення всіх датчиків таким чином, щоб вони збирали максимально правильну інформацію;
- розраховування позиціонування радіального вентилятора таким чином, щоб мінімізувати теплообмін між теплицею та навколишнім середовищем у час простоювання вентилятора, а також максимально правильного виду повітря із теплиці;
- розташування УФ лампи таким чином, щоб вона охоплювала усю рослинність, та як найменше утрорювала тіней;
- розташування блоку живлення, кейса із мікроконтроллером та кабель-менеджмент було виконано таким чином, щоб нічого із вище переліченого не заважало росту рослин, або людям які збирають врожай, та також розміщено так щоб мінімізувати ризик виходу системи з ладу із будь яких причин.

При виборі матеріалів для створення скляного теплосховища було обрано двошарове загартоване скло та металевий каркас із резиновими вставками в місцях прилягання скла. Такий набір матеріалів був вибраний заради одної цілі, а саме довгоічність та надійність конструкції.

Датчик вологості розташовується прямо в ґрунт посередині приміщення, датчик температури та вологості посередині приміщення на 20 см нище стелі, датчик освітлення розташовується також по центру, але на стелі(на середині скату), та обов'язково назовні, та закритий від внутрішнього освітлення білою пластиною металу, щоб уникнути ситуації що він не вимикається від ламп розташованих у теплиці. Насос із баком для води стоїть назовні, з тильної сторони теплиці, а водянні магістралі проведені повздовж усіх рядів рослин. Вентилятор встановлений в каркас у низу бічної стіни, який зашитий металевими щитами з усіх сторін, окрім низу щоб уникнути непотрібних потоків вітру. УФ лампи встановлені у кількості чотирьох одиниць та рівномірно розподілені по стелі для уникнення тіней.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Вибір середовища для програмування

Найбільше підходять для розробки 2 варіанта:

- Arduino IDE;
- Visual Studio Code із розширенням PlatformIO.

Переваги Arduino IDE:

- простота використання: Ідеально підходить для новачків, підтримує основні функції програмування;
- підтримка бібліотек: Велика кількість вбудованих бібліотек і прикладів;
- кросплатформеність: Працює на Windows, macOS і Linux;
- вбудована компіляція і завантаження коду: Пряме підключення до Arduino Uno через USB для завантаження скетчів;
- інтеграція з Arduino Cloud: Підтримує хмарне зберігання коду та віддалене керування через Arduino Cloud.

Недоліки:

- обмежені функції для налагодження порівняно з більш професійними IDE.

Переваги Visual Studio:

- розширені можливості редагування: Підсвічування синтаксису, автодоповнення, вбудований термінал і налагодження;
- підтримка безлічі платформ: Включає підтримку Arduino через PlatformIO;
- плагіни та розширення: Велика кількість плагінів для покращення досвіду розробки.

Недоліки:

- складніше налаштування порівняно з Arduino IDE.

Судячи із невеликого аналізу одразу становиться зрозуміло що Visual studio набагато краще ніж Arduino IDE через набагато вищий функціонал та можливості, але VS складніший в роботі. Тому для такого проекту як наш функціонал VS просто не потрібен, тому вибір падає на більш простий Arduino IDE, якого повністю вистачає для наших потреб.

3.2 Розробка загального алгоритму роботи

Для того щоб зрозуміти як правильно написати код, для початку скласти алгоритм роботи (рисунок 3.1) нашої автоматизованої системи керування мікрокліматом.

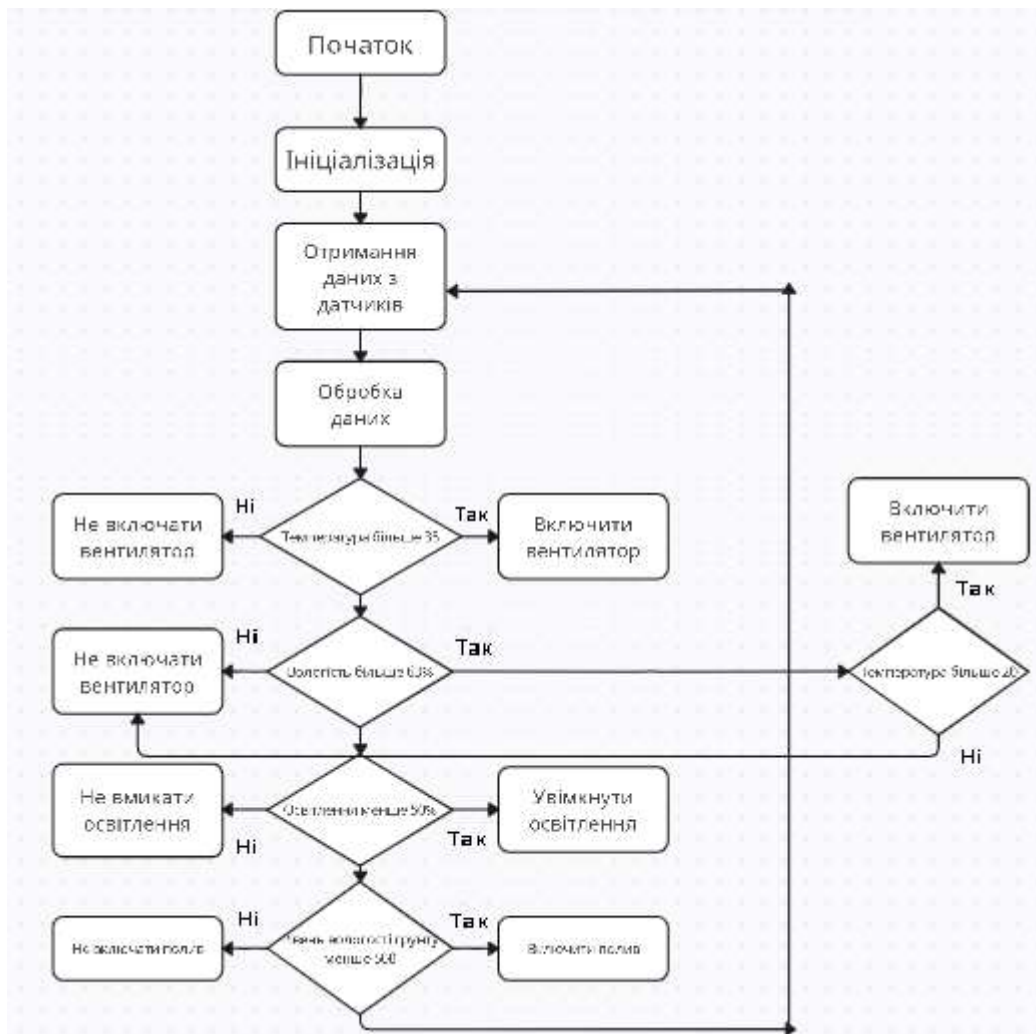


Рисунок 3.1 – Алгоритм роботи

3.3 Реалізація роботи автоматизованої системи

Зараз розглянемо умови спрацьовування виконачих механізмів, та варіанти коду для них

При умові що температура всередині теплиці більша за 35°, або вологість повітря перевищує задане значення(підібране до значення 60 %), тоді вмикається радіальний вентилятор та починає вигоняти гаряче зволене повітря назовні, а коли значення температури та вологості прийдуть в норму, вентилятор виключається. Якщо температура опуститься нижче 20°, вентилятор вимкнеться навіть при умові підвищеної вологості повітря.

```

if (humidity > 60); && (temperature > 20) {
digitalWrite(RELAY_PIN4, HIGH); // Включити радіальний кулер
Serial.println("Кулер: включено");
} else {
digitalWrite(RELAY_PIN4, LOW); // Виключити радіальний кулер
Serial.println("Кулер: виключений");

if (temperture > 35) {
digitalWrite(RELAY_PIN4, HIGH); // Включити радіальний кулер
Serial.println("Кулер: включено ");
} else {
digitalWrite(RELAY_PIN4, LOW); // Виключити радіальний кулер
Serial.println("Кулер: виключений ");
}

```

При умові, що рівень вологості ґрунту нижчий ніж задане значення, замикається реле помпи, та починається мікроспрінкельний полив.

```

int threshold = 60; //Порог включення помпи
if (avgSoilMoistureValue < threshold) {
digitalWrite(RELAY_PIN5, HIGH);
}

```

```

Serial.println;
} else {
digitalWrite(RELAY_PIN5, LOW);
Serial.println;
}

```

Якщо інформація з датчика освітлення буде нижчою за цифру 300, то контролер це зрозуміє та одразу подасть живлення на реле, яке в свою чергу подасть живлення на УФ лампи.

```

int lightLevel = analogRead(LIGHT_SENSOR_PIN);
if lightlevel < 300; {
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
Serial.println
} else {
digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
Serial.println;
}

```

3.4 Процес компіляції та зашивання програми в Arduino Uno

Відкриваємо середовище розробки Arduino. Воно зображене на рисунку 3.2.

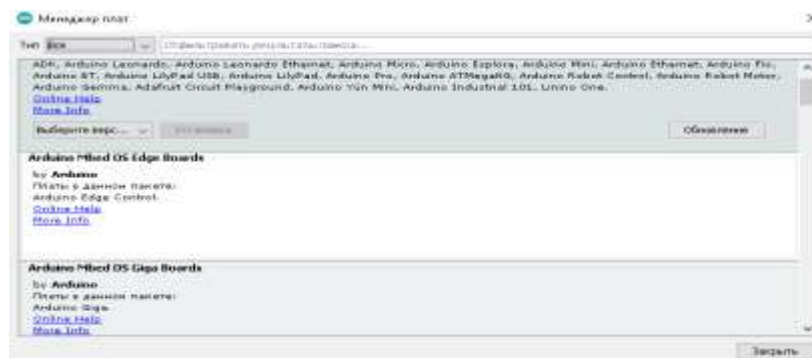


Рисунок 3.2 – Вибір плати у середовищі Arduino

Заходимо в розділ менеджер плат, вибираємо Arduino Uno, та вибираємо USB порт, через який ми будемо завантажувати файл із програмою для нашої автоматизованої системи. Потім запускаємо процес компіляції для того, щоб отримати файл який ми зможемо завантажити у наш мікроконтролер. Наприкінці компіляції програма перевірить правильність написання коду, та якщо все добре видасть нам файл готовий для роботи.

Далі залишається лише підключити USB до плати Arduino, та завантажити програму. Після цього плата готова до виконання заданих функцій.

3.5 Приклад роботи системи.

Припустимо, що під час росту рослин у теплосховищі, датчик вологості ґрунту побачив низький рівень зволоження землі, у цей момент мікроконтролер подає напругу на реле водяної помпи, та вмикається водяний насос встановлений у водяному баку із під'єднаною обратною магістраллю. Починається полив через водяну рампу із форсунками під тиском 3,5 атм. Форсунки розпиляють воду рівномірно по всій площі землі у теплиці, а зайва вода через магістраль прямує назад у бак під зайвим тиском. Коли ж рівень вологості нормалізується, реле вимикається, та полив зупиняється.

Якщо в свою чергу фоторезистор, який стоїть назовні на криші та закритий від внутрішнього освітлення теплиці пластиною білого кольору, надасть інформацію що рівень освітлення назовні впав, тобто настав вечір, мікроконтролер дасть команду до реле УФ ламп, та увімкнеться освітлення. Коли датчик передасть інформацію, що рівень освітлення назовні знову вищий ніж задане значення, світло вимикається.

Коли ж температура перевищує 35 градусів всередині, датчик температури передасть інформацію до мікроконтролера, та він увімкне вентилятор для вигону гарячого повітря назовні. Коли температура впаде нижче 35 градусів, вентилятор вимикається.

А датчик вологості повітря, у випадку що вологість вища за 60 %, передасть дані до контролера, а він в свою чергу перевірить температуру. Якщо вона вище за

20°, то увімкнеться вентилятор. Якщо нижча то ні. Це створено на випадок дощу, коли повітря до теплиці попадає вже зволженим.

3.6 Розрахунок освітлення у теплосховищі

Щоб розрахувати освітлення в теплиці з використанням 4 ультрафіолетових ламп, потрібно враховувати тип ламп, їхню потужність, площу, яку вони освітлюють, і цільову інтенсивність ультрафіолетового випромінювання для рослин.

Для прикладу візьмемо 4 ультрафіолетові лампи, кожна потужністю 30 Вт і з довжиною хвилі 315-400 нм (UV-A діапазон), які часто використовуються для стимуляції росту рослин.

Ультрафіолетові лампи зазвичай мають інтенсивність випромінювання близько 50 мВт/Вт у діапазоні UV-A. Таким чином, загальна потужність УФ-випромінювання від однієї лампи буде:

$$I_{\text{уф}} = P \cdot I_{\text{вип}},$$

$$I_{\text{уф}} = 30 \cdot 50 = 1500 \text{ мВт} = 1,5 \text{ Вт}.$$

Загальна потужність УФ-випромінювання для 4 ламп:

$$P_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ Вт}.$$

Також треба підрахувати площу покриття. Для ефективного розрахунку потрібно знати площу теплиці та бажану інтенсивність ультрафіолетового освітлення. Припустимо, ми освітлюємо теплицю площею 10 м² і хочемо досягти інтенсивності освітлення 50 мкВт/см² (мікват на квадратний сантиметр).

Цільова інтенсивність УФ-освітлення, яку ми хочемо досягти, становить 50 мкВт/см². Перетворимо цю величину у ват на квадратний метр (Вт/м²) для подальшого розрахунку:

$$I_{\text{цїл}} = 50 / 10^6 \cdot 10^4 = 0,5 \text{ Вт/м}^2.$$

Тепер нам потрібно обчислити необхідну потужність УФ-випромінювання для всієї площі теплиці:

$$P = S \cdot I,$$

$$P = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ Вт.}$$

А наша система має потужність 6 Вт, що відповідає бажаній потужності.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи по розробці автоматизованої системи керування мікрокліматом у скляному теплосховищі було проаналізовано існуючі подібні системи, їх переваги та недоліки. Також було визначені варіанти механізмів та систем для певних цілей регулювання мікроклімату, та способи їх керування.

Судячи із проаналізованої інформації було обрано компоненти та створено алгоритм дії та схему підключення. Для перевірки правильності роботи системи було використано середовище Tinkercad. Також було розроблене програмне забезпечення на базі середовища програмування Arduino.

У результаті роботи було зроблено повністю готову та робочу схему для використання, яка враховує недоліки існуючих систем, та зроблена максимально надійною та економічною, та враховує всі можливі умови використання, та має готові алгоритми для контролю мікроклімату.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. - 29 с.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Системна інженерія» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, О.М. Цимбал, О.В. Токарева, А.І. Бронніков. Харків: ХНУРЕ, 2022. - 66 с.
3. Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки. Про нас. Офіційний сайт кафедри КІТАМ ХНУРЕ . Режим доступу: <https://tapr.nure.ua/golovna/pro-nas>. Дата доступу: 7.05.2023.
4. Закон України “Про вищу освіту” від 01.07.2014 № 1556-VII. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>
5. Положення про організацію освітнього процесу у ХНУРЕ [електронний ресурс]: Наказ ХНУРЕ від 27.11.2020 р. № 400. Режим доступу: https://nure.ua/wpcontent/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-organizaciju-osvitnogo-procesuv-hnure.pdf
6. Положення про організацію проведення практики здобувачів вищої освіти Харківського національного університету радіоелектроніки [Електронний ресурс]: Наказ ХНУРЕ від 03.05. 2019 р. № 222. Режим доступу :<https://nure.ua/wp-content/uploads/222-vid-03.05.2019-pro-vvedennja-v-dijurishennjavchenoi-radi-universitetu.pdf>
7. Положення про академічну доброчесність [Електронний ресурс]: Наказ ХНУРЕ від 02 лютого 2021 р. № 50. – Режим доступу: https://nure.ua/wpcontent/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnudobrochesnist.pdf.
8. Іванов Ю.С. Система автоматизованого контролю та підтримки оптимального рівня освітленості у приміщеннях / Ю.С. Іванов, К.В. Силчук // 22 Автоматизація та приладобудування («Automation and Development of Electronic

Devices» ADED-2023): збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки; Харків: ХНУРЕ, 2023. – Вип. 1. С.287-290.

9. Невлюдов І.Ш. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. К.: пр. Космонавта Комарова, 1, 2016. – 245 с.

10. Комерційне інтегроване середовище розробки IntelliJ IDEA [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/IntelliJ_IDEA

11. Невлюдов І. Ш. ВЕАМ робототехніка / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С.С. Максимова. – 2024. – 276 с.

12. Автоматизована теплиця U Garden Pro. ugarden.gr.ua URL: <https://ugarden.gr.ua/ua/hn658135783-ugardenpro.html> (дата звернення 30.04.2024).

13. Автоматизована теплиця Sainpoly <https://www.sainpoly.com/> URL: <https://www.sainpoly.com/ru/products/venlo-glass-greenhouse> (дата звернення 30.04.2024).

14. Arduino Uno R3. arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/ru/prod2610-arduino-uno-r3-ch340> (дата звернення 05.05.2024)

15. Насос високого тиску Bosch <https://www.bosch.ua/>. URL : https://www.boschaftermarket.com/ua/uk/parts/-/_cls_webs_subcategory_11247375/ (дата звернення 05.05.2024)

16. Датчик вологості ґрунту LM393 <https://radiocron.com.ua/>. URL:<https://radiocron.com.ua/ua/p1063020012-datchik-vlazhnosti-pochvy.html> (дата звернення 05.05.2024)

17. Модуль датчика освітленості аналогово-цифровий <https://arduino.ua/>. URL: <https://arduino.ua/prod1558-modyl-datchika-osveshhenosti-analogovo-cifrovoi> (дата звернення 06.05.2024)

18. Датчик вологості та температури DHT22 <https://components101.com/> . URL: <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet> (дата звернення (06.05.2024)

19. Радіальний вентилятор 5015 <https://www.mini-tech.com.ua/>. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/culer-ulitka-5015-50x50x15mm-12v-2pin> (06.05.2024)
20. Ультрафіолетова лампа <https://voron.ua/>. URL: https://voron.ua/catalog/030651--lampa_ultrafioletovaya_na_12v_hd-15-12_12v_dc_15vt_shnur_s_krokodilami (06.05.2024)
21. Блок живлення Biom <https://biom.ua/>. URL: <https://biom.ua/ru/blok-pitaniya-biom-professional-dc12-150w-wbp-150-12.5a-germetichnyy/2079/> (07.05.2024)
22. Реле одноканальне <https://arduino.ua/>. URL: <https://arduino.ua/prod2968-modul-rele-12v-10a-s-optorazvyazkoi> (07.05.2024)
23. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у випускних роботах ОКР «бакалавр» усіх форм навчання [Текст] / упоряд.: Б. В. Дзюнзюк, В. А. Айвазов, Т. Є. Стищенко. – Харків: ХНУРЕ, 2012. – 28 с.