

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Факультет комп'ютерних наук

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри АКІТ,

кандидат технічних наук, доцент

_____ М. І. Сіделев

«_____» _____ 2022 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ.1 – 471. 21917108

Студентка

_____ Немченко В.О.

«___» _____ 2022 р.

Керівник кандидат технічних наук, доцент

_____ Щесюк О.В.

«___» _____ 2022 р.

Миколаїв – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення: Комп'ютерних наук
Кафедра, циклова комісія: Автоматизація та КІТ
Освітньо-кваліфікаційний рівень: рівень вищої освіти перший (бакалавр)

Напрямок підготовки 151 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і назва)

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри, голова циклової комісії

Сідєєв М. І. _____
“ ____ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Немченко Віталіна Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)

Автоматизована система керування тепличного господарства

керівник проекту (роботи) канд. техн. наук, доцент Щєсюк Олег Володимирович, затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 2022 року № ____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 17.06. 2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Вимірювання температури в діапазоні 0 - +65 °С, вимірювання відносної вологості 20 - 90 RH, вимірювання тиску 300 - 1100 hPa, виявлення газів 10-1000 ppm, максимальна відстань передачі Wi-Fi сигналу, автоматизація керування на основі вимірних параметрів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація; вступ; аналітичний огляд літератури та патентної інформації за темою роботи; розробка структурної схеми системи; розробка алгоритму роботи автоматизованої системи; розробка функціональної та електричної принципової схем; розгляд охорони праці на сільськогосподарських об'єктах в спорудах захищеного ґрунту з урахуванням впровадження автоматизованої системи керування; висновки; перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) структурна, функціональна, електрична принципова схеми, плакат з алгоритмом роботи автоматизованої системи мікроклімату в офісних приміщеннях.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Щесюк О.В., доцент кафедри АКІТ	13.10.2022	
2	Щесюк О.В., доцент кафедри АКІТ	03.01.2023	
3	Алексеева А.О., доцент кафедри екології	19.04. 2023	

7. Дата видачі завдання «17» жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Затвердження пропозицій теми від керівника	20.09.2022	
2	Обговорення із студентом затвердженої теми	01.10.2022	
3	Формування завдання	17.10.2022	
4	Визначення актуальності, об'єкту, предмету	01.11.2022	
5	Пошук літератури, патентний пошук, уточнення задач дослідження	15.11.2022	
6	Виконання першої частини	01.12.2022	
7	Аналіз керівником записки першої частини (ЕВ*), формування зауважень та пропозицій	29.12.2022	
8	Опрацювання другої частини	01.03.2023	
9	Робота над третьою частиною	03.04. 2023	
10	Робота над розділом з охорони праці	19.05. 2023	
11	Передзахисти	22.05. 2023	
12	Передача (ДВ) кваліфікаційної роботи	17.06. 2023	

*ЕВ – електронний варіант, ДВ – друкований варіант.

Студент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Немченко В.О. Автоматизована система керування тепличного господарства. Бакалаврська кваліфікаційна робота із спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно - інтегровані технології. – Миколаїв, ЧНУ ім. Петра Могили, 2023. – 88 сторінок, 36 рисунків, 15 таблиць.

Бакалаврська робота присвячена розробці автоматизованої системи керування тепличного господарства. В ході роботи виготовлено робочу модель системи на базі платформи Arduino Uno із необхідними пристроями зчитування та відтворення інформації.

В роботі надано інформацію про функціональні та технічні вимоги до систем керування тепличним господарством. Описано існуючі конструкції теплиць з їх перевагами та недоліками.

Створено структурну, функціональну та принципову електричну схеми, пророблено алгоритм роботи, вибрані елементи системи.

Проведено аналіз вимог безпеки до території сільськогосподарських об'єктів захищеного ґрунту. Розглянуто можливі небезпеки та способи їх подолання.

Автоматизована система керування тепличним господарством є надзвичайно важливою в контексті сучасного сільськогосподарського виробництва. Вона дозволяє ефективно контролювати та оптимізувати умови зростання рослин у теплицях, що веде до покращення врожайності та якості продукції.

Завдяки автоматизації, система здатна миттєво реагувати на зміни в середовищі, встановлюючи оптимальні рівні температури, вологості, освітлення та інших факторів. Вона забезпечує постійний моніторинг та автоматичне керування системами поливу, провітрювання та опалення, що дозволяє регулювати ці параметри відповідно до потреб кожного виду рослин.

Крім того, автоматизована система дозволяє ефективно використовувати ресурси, такі як вода та енергія. Вона може програмуватися для точного

дозування добрив та оптимального використання води, що забезпечує економію і запобігає надмірному використанню ресурсів.

Крім підвищення виробничої ефективності, автоматизована система керування спрощує роботу садівника або фермера. Вона зменшує працезатрати, звільняючи час на інші важливі завдання, і забезпечує більш точне та систематичне виконання робіт.

ANNOTATION

Nemchenko V.O. Automated greenhouse management system. Bachelor work of specialty in 151 Automation and computer-integrated technologies. - Mykolaiv, Petro Mohyla Black Sea National University, 2022. – 88 pages, 36 images, 15 tables.

The bachelor's thesis is devoted to the development of an automated greenhouse management system. In the course of the work, a working model of the system based on the Arduino Uno platform with the necessary devices for reading and reproducing information was made.

The work provides information on functional and technical requirements for greenhouse management systems. The existing designs of greenhouses with their advantages and disadvantages are described.

A structural, functional, and basic electrical circuit was created, the work algorithm was worked out, and system elements were selected.

An analysis of safety requirements for the territory of agricultural objects of protected soil was carried out. Considered possible dangers and ways to overcome them.

An automated greenhouse management system is extremely important in the context of modern agricultural production. It allows you to effectively control and optimize the conditions of plant growth in greenhouses, which leads to an improvement in the yield and quality of products.

Thanks to automation, the system can instantly respond to changes in the environment, setting optimal levels of temperature, humidity, lighting, and other factors. It provides constant monitoring and automatic control of irrigation, ventilation, and heating systems, which allows you to adjust these parameters according to the needs of each type of plant.

In addition, the automated system allows efficient use of resources such as water and energy. It can be programmed for accurate dosing of fertilizers and optimal use of water, which ensures savings and prevents excessive use of resources.

In addition to increasing production efficiency, an automated control system simplifies the work of a gardener or farmer. It reduces labor costs, freeing up time for other important tasks, and ensures more accurate and systematic execution of work.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ.....	7
1.1 Основні поняття	9
1.2 Огляд наявних систем керування тепличним господарством	12
1.3 Визначення вимог до системи керування тепличного господарства	14
1.3.1 Функціональні вимоги	15
1.3.2 Технічні вимоги до обладнання.....	17
1.4 Огляд існуючих датчиків	18
1.5 Аналіз патентної інформації.....	27
1.6 Завдання на проектування	31
1.7 Висновки до розділу 1	32
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ.....	33
2.1 Загальний опис системи автоматизованого керування тепличним господарством	33
2.1.1 Вибір конструкції теплиці	33
2.1.2 Розміщення датчиків. Створення структурної схеми.....	36
2.1.3 Вибір системи поливу	38
2.1.4 Складання функціональної схеми	42
2.2 Опис апаратного забезпечення системи.....	46
2.3 Опис програмного забезпечення	55
2.4 Електрична принципова схема системи.....	59

Висновки до розділу 2	61
ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	64

ВСТУП

Сфера сільського господарства ніколи не перестає еволюціонувати. У пошуках нових технологій та інновацій ми розвиваємо автоматизовані системи для поліпшення вирощування рослин у контрольованому середовищі. Одним із найбільш прогресивних рішень є автоматизована система керування тепличного господарства, яка поєднує в собі принципи ефективності, точності та збалансованості.

Така система стає майже незамінним помічником у вирощуванні культур. Беззаперечно людина може виконувати ті ж самі дії, але сучасні технології дають можливість перенести базові обов'язки на машини, самим же зосередити свою увагу на інших речах. Так городнику не потрібно більше проводити весь час в теплиці, адже, при зміні показників мікроклімату, так звана «розумна теплиця» зможе сама виправити ситуацію. Варто лиш оснащати її необхідними виконавчими пристроями.

Якщо ж тепличнику важливо самому контролювати показники мікроклімату, або наприклад виконавчі пристрої обмежені лише автоматичним освітленням, то можна легко здійснити виведення інформації з датчиків через Wi-Fi прямо в телефон чи комп'ютер людини.

Актуальність: Популяція світу швидко зростає, що призводить до збільшення потреби в продовольстві. У той же час, зміни клімату та непередбачувані погодні умови ускладнюють вирощування рослин у відкритому ґрунті. Автоматизована система керування теплицею дозволяє створювати оптимальні умови для росту рослин у контрольованому середовищі, незалежно від зовнішніх факторів. Це дозволяє отримувати високоякісні продукти протягом усього року, зменшуючи залежність від сезонності та кліматичних умов.

Підвищення продуктивності та ефективності сільського господарства також стає важливим завданням. Автоматизована система керування теплицею дозволяє автоматизувати багато процесів, що раніше вимагали значних людських ресурсів. Це включає регулювання температури та вологості, полив, освітлення, вентиляцію та контроль за хворобами та шкідниками. Такий підхід забезпечує оптимальні умови для росту рослин, допомагає уникнути втрат врожаю та зменшує потребу в ручній праці, що є особливо важливим у контексті нестачі робочої сили та зростання вартості праці.

Крім того, автоматизована система керування теплицею сприяє збереженню ресурсів, зокрема води та енергії. Завдяки точному контролю поливу та оптимізації використання розсіювачів, система дозволяє ефективно використовувати воду, уникати її втрат та забезпечувати оптимальний рівень вологості для рослин. Крім того, використання сучасних енергоефективних технологій, таких як LED-освітлення та системи енергозбереження, дозволяє зменшити споживання електроенергії та вплив на довкілля.

Не можна також забувати про важливість якості та безпеки продуктів харчування. Автоматизована система керування теплицею дозволяє забезпечити оптимальні умови для росту рослин, контролювати використання пестицидів та добрив, а також мінімізувати ризик забруднення відповідно до вимог екологічних та стандартів продуктів безпеки.

Враховуючи всі переваги, автоматизована система керування теплицею сприяє створенню стійкого, ефективного та стабільного сільського господарства, забезпечує постійний доступ до свіжих, високоякісних продуктів та допомагає зменшити негативний вплив на довкілля. Це інноваційне рішення, яке відкриває нові можливості для розвитку аграрного

сектору і сприяє нашому бажанню піклуватись про природу та задовольняти потреби сучасного суспільства.

Метою дослідження є розробка автоматизованої системи керування тепличним господарством, що дозволить підвищити ефективність виробництва та знизити витрати на управління тепличним господарством.

Об'єктом дослідження є тепличне господарство, яке включає в себе комплекс будівель, обладнання та технологій, що забезпечують вирощування рослин у спеціальних умовах.

Предметом дослідження є автоматизована система керування тепличним господарством, яка складається з комплексу програмно-апаратних засобів, що дозволяють забезпечити автоматизацію процесів керування виробництвом та контролювати умови росту рослин в теплицях.

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити такі задачі:

1. Вивчити технології та методи вирощування рослин у теплицях.
2. Проаналізувати існуючі системи керування тепличним господарством.
3. Сформулювати функціональні та технічні вимоги до автоматизованої системи керування тепличним господарством.
4. Створити загальний опис системи та її складових.
5. Розробити блок-схему роботи автоматизованого тепличного господарства.
6. Обрати обладнання та програмне забезпечення для реалізації автоматизованої системи керування тепличним господарством.
7. Розробити функціональну та електричну принципову схеми роботи системи.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПАТЕНТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

Коли ми говоримо про теплицю, то зазвичай маємо на увазі лише конструкцію у вигляді обшитого каркаса, який використовується для вирощування різних культур (рис.1.1) [1]. Однак сама по собі теплиця не забезпечує необхідних умов для цілорічного забезпечення врожаєм. Цілодобова підтримка з необхідними умовами мікроклімату забезпечує результат. Для цього необхідно постійно стежити за вологістю ґрунту, вологістю і температурою повітря, вчасно поливати і провітрювати теплицю. Рівень освітлення також потрібно підтримувати протягом більшої частини дня.



Рисунок 1.1 – Спрощений варіант теплиці (парник)

І якщо теплиця представляє собою лише обшитий каркас – за усіма показниками потрібно стежити та регулювати їх власноруч. По-перше, це досить незручно та потребує постійного втручання людини. А по-друге, не

завжди можливо досягти точних результатів підручними засобами. Наприклад, без термометра або вимірювача вологи буде невідомо які показники мікроклімату зараз, та що слід зробити для їх покращення. В домашніх та невеликих теплицях ця проблема є не такою помітною. Кількість урожаю може страждати, але для особистого використання це буде не так помітно. Однак, в теплицях великих масштабів, коли від якості догляду за рослинами напряду залежить дохід, втрата частини врожаю через невірно підібраний мікроклімат стає великою помилкою.

Тож використання автоматизації для середніх та великих масштабів господарства стає вже майже необхідністю. Альтернатива автоматизації є лише ручні праця. Проте вона коштує дорожче, та ризик виникнення похибок через людський фактор досить висока.

Чим вищий ступінь автоматизації, тим менше потрібно втручання оператора для управління процесом. В ідеалі все, що потрібно агроному – це визначення назви сорту культури для вирощування, а керування механізмами забезпечення необхідного клімату, буде виконувати автоматизована система управління. Фактично, на практиці агроном або оператор під керівництвом агронома встановлює графіки підтримки мікроклімату та режими роботи обладнання, які автоматично адаптуються до процесу господарювання, стану рослин та зовнішніх погодних умов. В системі агроном як великий «майстер», постійно змінює відсоток відкриття камери або ступінь теплоносія.

Потужна система на основі заданих параметрів мікроклімату та встановлених обмежень сама визначає необхідний режим роботи технічної системи та забезпечує коригування процесу автоматичного керування обладнанням і станом рослин у теплиці, створюючи об'єктивні передумови для надійного підвищення в урожайності та якості врожаю.

1.1 Основні поняття

Теплиця - це споруда, призначена для вирощування рослин у сприятливих умовах [2]. Вона складається зі скляних або полікарбонатних стін та даху (рис.1.2), які забезпечують рослинам достатню кількість світла та захищають їх від погодних умов, таких як дощ, сніг, вітер, холод і т.п. У теплиці можна створити сприятливі умови для росту та розвитку рослин, навіть у зимовий період, коли на вулиці холодно та немає достатньо світла. У теплиці також можна захистити рослини від шкідників та хвороб, що дозволяє отримувати більш високий врожай.



а)

б)

Рисунок 1.2 – Теплиця а) скляна, б) полікарбонатна

Сівозміна

Як відомо, кожна рослина потребує особливих умов вирощування. Для різних видів та сортів вони будуть різними. Також варто розуміти, що в залежності від кількості споживання поживних речовин культури діляться на певні групи [3]:

1. Культури із сильним споживанням поживних речовин. До них відносять помідори, капусті, огірки, селеру та цибулю.
2. Ті, що мають середній об'єм споживання поживних речовин. Наприклад редис, прянощі, спаржа, кольрабі.
3. Та зі слабким споживанням – боби.

Найоптимальніший варіант – це третя, друга, перша група, потім знову третя, друга, перша і далі по алгоритму.

Для кращого розуміння можна використати таблицю сівозміни (табл.1.1), на якій гарно видно хороших(зелений) та поганих(червоний) попередників для різних культур рослин [1].

Таблиця 1.1 – Сівозміна

	Попередники											
	Помідори	Цибуля, часник	Бобові	Картопля	Морква	Столова зелень	Перець, баклажан	Буряк	Капуста білокачанна	Суниця	Кукурудза	
Наступна культура	Огірки, кабачок, гарбуз, патисон		X	O		O	X		X		X	
	Помідори	O	X		X		O	O	X			
	Цибуля, часник	O			O	O	X	X				O
	Картопля	O	X	O	X	O			X			
	Бобові (огірок, квасоля)	O		O	O	X					O	
	Морква	O			O			O		X	O	O
	Столова зелень (кріп, селера, салат, шпинат)	O		O		O	X				X	
	Перець, баклажан	O	X	O	X	O	O	O	X			
	Буряк	O			O			O		X	X	
	Капуста білокачанна	O			O	O	O			X	X	O
	Суниця		X	X	X		O	O			X	
	Кукурудза	O				X						

Де O – хороші попередники, X – погані попередники, без відмітки – допустимі попередники.

Якщо не дотримуватися правильної чергування овочів у теплиці, то можна очікувати накопичення шкідливих бактерій, мікроорганізмів, шкідників та хвороб, що може призвести до зменшення врожайності з кожним сезоном. Це стане причиною великих витрат коштів, часу та зусиль на заміну ґрунту та боротьбу зі шкідниками [4]. Додаткові заходи, такі як заміна ґрунту на новий, також можуть покращити урожайність. Але кожного разу змінювати ґрунт є фінансово затратно, тому доцільно буде попередити виникнення проблеми, а зміну ґрунту залишити на крайній випадок.

Особливості вирощування певних культур в теплиці

Залежно від виду рослин, є деякі специфічні особливості вирощування в теплицях. Ось декілька прикладів:

- Овочі: Деякі овочі, такі як помідори, огірки, перці, баклажани та салати, добре ростуть у теплицях. Вони вимагають теплих температур та достатнього освітлення. Рекомендується використовувати підкормку, обрізання і формування рослин для досягнення максимального врожайності.
- Квіти: Деякі квіткові культури, такі як троянди, герані, хризантеми та фіалки, також можуть бути успішно вирощені в теплицях. Вони можуть вимагати спеціального освітлення для стимулювання цвітіння та контролю температури, щоб забезпечити оптимальні умови для росту.
- Фрукти: Деякі фруктові дерева, наприклад, цитрусові (лайм, лимон, апельсин), можуть бути вирощені в теплицях. Це допомагає забезпечити стабільні умови температури та захистити рослини від негативних погодних умов. Рекомендується забезпечити достатній доступ до світла та відповідну вентиляцію.

- Гриби: Теплиці можуть бути використані для вирощування грибів, таких як шампіньйони, плеуротус і шиїтаке. Необхідні умови для грибів включають темряву, вологість та правильний підрощувальний матеріал.
- Трави та зелень: Багато видів трав і зелені, таких як базилік, кроп, петрушка та шпинат, можуть бути вирощені в теплицях. Вони вимагають оптимального освітлення та вологості для швидкого росту.

Кожен вид рослин має свої унікальні вимоги до температури, вологості, освітлення та ґрунту. Рекомендується докладно ознайомитися з потребами конкретного виду рослин перед їхнім вирощуванням в теплицях.

1.2 Огляд наявних систем керування тепличним господарством

Системи керування тепличним господарством є важливою частиною вирощування рослин, оскільки дозволяють забезпечити необхідні умови для їхнього зростання та розвитку. На сьогоднішній день існує багато наукових досліджень, що присвячені розробці систем керування тепличним господарством.

Перша система керування тепличним господарством була запроваджена вже в далекому 1930-му році в США. Ця система складалася з автоматичних пристроїв, які контролювали температуру, вологість, освітлення та інші параметри в теплицях. Такі системи керування були досить простими та обмеженими. Вони включали в себе електромеханічні пристрої, які забезпечували регулювання температури та вентиляцію в теплицях [4].

На сьогоднішній день існує багато сучасних систем керування тепличним господарством, які базуються на сучасних технологіях та інтернеті речей. Однією з них є система «SmartGreenhouse» [6], що розроблена в Індії.

Вона дозволяє контролювати температуру, вологість, освітленість та зростання рослин у реальному часі. Система має вбудовані датчики, які зчитують дані та передають їх до центрального сервера, де вони аналізуються та обробляються. Користувачі можуть контролювати систему через мобільний додаток або веб-інтерфейс.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд системи «SmartGreenhouse»

Іншою сучасною системою є «Growlink» [7], що розроблена в США. Вона дозволяє контролювати кількість води, світла, температури та вологості. Система має вбудовані датчики та може працювати в автоматичному режимі. Алгоритми керування дають змогу створювати настроювані послідовності правил, які адаптуються до конкретних потреб ваших рослин у режимі реального часу, реагуючи на зміни температури, вологості, світла тощо. Використовуючи вдосконалені алгоритми, правила та штучний інтелект, людина матиме можливість автоматизувати та точно налаштувати тепличне середовище.



Рисунок 1.5 – Система «Growlink»

1.3 Визначення вимог до системи керування тепличного господарства

Визначення вимог до системи керування тепличного господарства передбачає встановлення основних потреб користувачів та їх вимог до функціональності системи. Для цього можна виконати наступні кроки [8]:

1. Визначити потреби тепличного господарства: необхідно з'ясувати, які види рослин вирощуються, які є вимоги до кліматичних умов, які види обладнання та систем керування використовуються на даний момент.
2. Встановити вимоги до системи керування: на основі потреб тепличного господарства можна визначити вимоги до системи керування, зокрема щодо контролю температури, вологості, освітлення, поливу та інших функцій.
3. Визначити масштаб проекту: залежно від розмірів тепличного господарства може відрізнятися масштаб проекту. Наприклад, для невеликих теплиць може бути достатньо простішої системи керування, а для більших – комплексної автоматизованої системи.

4. Розглянути вимоги до інтеграції з іншими системами: система керування тепличним господарством може бути інтегрована з іншими системами, такими як система контролю доступу, система відеоспостереження тощо. Необхідно визначити вимоги до інтеграції та забезпечити сумісність систем.
5. Встановити вимоги до надійності та безпеки: система керування тепличним господарством повинна бути надійною та безпечною. Вимоги до надійності можуть включати резервування системи та запобігання виникненню помилок. Вимоги до безпеки можуть включати захист від несанкціонованого доступу та запобігання небезпекам, пов'язаним з електричними інсталяціями.

1.3.1 Функціональні вимоги

Автоматизована система керування тепличним господарством має виконувати ряд функцій, щоб забезпечити оптимальні умови для росту рослин та ефективно виробництво продукції. Основні функціональні вимоги автоматизованої системи керування тепличним господарством можуть включати:

- Аналіз даних: система повинна збирати та аналізувати дані про рівень вологості, температуру, освітлення та інші параметри у теплиці для покращення рівня виробництва та оптимізації процесів управління.
- Моніторинг умов: система повинна забезпечувати моніторинг параметрів теплиці, таких як температура, вологість, освітлення, рівень CO₂, щоб забезпечити оптимальні умови для росту рослин.
- Регулювання параметрів: система повинна мати можливість регулювати параметри теплиці. До них відносяться:

- Контроль температури: система повинна бути здатна автоматично відрегулювати температуру, якщо вона змінюється в межах заданих параметрів.
- Регулювання вологості: система повинна бути здатна автоматично ввімкнути і вимкнути систему зволоження повітря в залежності від показників вологості.
- Керування освітленням: система повинна бути здатна автоматично ввімкнути і вимкнути освітлення в залежності від часу доби та погодних умов.
- Керування системою поливу: автоматизована система повинна бути здатна автоматично ввімкнути і вимкнути систему поливу в залежності від показників вологості.
- Система безпеки: система повинна забезпечувати безпеку теплиці, включаючи виявлення пожеж, витоків газів та інших небезпек.
- Дистанційне керування: система повинна мати можливість дистанційного керування теплицею з будь-якої точки, що дозволить операторам віддалено контролювати та керувати усіма процесами.
- Інтеграція з іншими системами: система повинна мати можливість інтегруватися з іншими системами, такими як системи автоматичного поливу, системи контролю якості води, системи контролю якості повітря та інші.
- Можливість оновлення та розширення: система повинна бути готовою до оновлення та розширення в разі необхідності додавання нових функцій або обладнання до теплиці.

Для великих підприємств також може бути вимога керування запасами: система повинна мати можливість керувати запасами ресурсів, таких як

насіння, добрива та інші матеріали, щоб забезпечити постійне виробництво в теплиці.

1.3.2 Технічні вимоги до обладнання

Технічні вимоги до обладнання автоматизованої системи керування тепличного господарства повинні враховувати вимоги користувачів та забезпечувати надійну та ефективну роботу системи. Основні технічні вимоги до обладнання можуть включати наступне:

- Надійність: обладнання повинно бути надійним і забезпечувати безперебійну роботу системи керування тепличним господарством. Для цього можуть використовуватися компоненти високої якості, які пройшли відповідні тести та сертифікацію.
- Ефективність: обладнання повинно забезпечувати ефективну роботу системи керування тепличним господарством. Це означає, що обладнання повинно бути здатним швидко реагувати на зміни у кліматичних умовах та забезпечувати необхідні параметри середовища для вирощування рослин.
- Модульність: обладнання повинно бути модульним, щоб його можна було легко змінювати та оновлювати. Це дозволить забезпечити масштабованість системи та зручне її управління.
- Керованість: обладнання повинно бути здатним до керування з центрального комп'ютера, щоб забезпечити централізоване керування системою керування тепличним господарством. Це дозволить операторам змінювати параметри середовища з одного місця та віддалено контролювати роботу системи.
- Сумісність: обладнання повинно бути сумісним з іншими компонентами системи керування тепличним господарством. Це дозволить легко

- інтегрувати нові компоненти та розширювати функціональні можливості.
- Відповідність стандартам: обладнання повинно відповідати стандартам та нормативним вимогам, які регулюють виробництво та експлуатацію обладнання.
 - Енергоефективність: обладнання повинно бути енергоефективним та економічно вигідним у використанні енергії. Це дозволить зменшити витрати на енергопостачання та зберегти ресурси.
 - Безпека: обладнання повинно забезпечувати безпеку користування та експлуатації системи керування тепличним господарством. Для цього можуть використовуватися різні заходи безпеки, такі як датчики вогню, води та інші системи аварійного вимикання.
 - Простота у використанні: обладнання повинно бути простим та зручним у використанні. Операторам системи керування тепличним господарством необхідно мати легкий доступ до інформації та можливість швидко здійснювати налаштування та контроль параметрів середовища.
 - Зручність обслуговування: обладнання повинно бути зручним у обслуговуванні та ремонті. Запасні частини та комплектуючі повинні бути легко доступні та замінюватися без перерв у роботі системи.

1.4 Огляд існуючих датчиків

Датчики є важливою складовою автоматизованої теплиці і дозволяють забезпечити оптимальні умови для росту рослин, шляхом збирання показників мікроклімату та передачею цих даних до мікроконтролера.

Ось деякі з датчиків, які можуть бути використані в системі:

- *Датчик температури*: вимірює температуру в теплиці та дозволяє автоматично керувати опаленням та охолодженням системи.

Приклади:

- DS18B20 - цифровий датчик температури з одним проводом.
 - DHT11 / DHT22 - цифровий датчик температури та вологості.
 - PT100 / PT1000 - резистивний датчик температури з платиновим елементом.
- *Датчик вологості*: вимірює рівень вологості в теплиці та дозволяє автоматично керувати системами поливу та зволоження повітря.

Приклади:

- Датчики вологості ґрунту - вимірюють вологість ґрунту, що допомагає контролювати оптимальний рівень зволоження для рослин.
 - Капацитивні датчики вологості - вимірюють вологість повітря шляхом зміни ємності конденсатора.
 - Датчики вологості листя - використовуються для вимірювання вологості на поверхні листя рослин.
- *Датчик освітлення*: вимірює рівень освітленості в теплиці та дозволяє автоматично керувати системами освітлення, щоб забезпечити достатній рівень світла для росту рослин.

Приклади:

- Фоторезистори (LDR) - вимірюють інтенсивність світла шляхом зміни опору в залежності від рівня освітлення.
- Фотодіоди - конвертують світло в електричний сигнал і можуть бути використані для вимірювання освітленості.
- Фототранзистори - схожі на фотодіоди, але з більшою чутливістю, вони змінюють свою струмову передачу залежно від освітлення.

- Оптоелементи - поєднують в собі світлодіод і фотодетектор для вимірювання освітлення.
- *Датчик рівня CO₂*: вимірює рівень CO₂ в теплиці та дозволяє автоматично керувати системами вентиляції, щоб забезпечити достатній рівень свіжого повітря для рослин.

Приклади:

- MH-Z19 - інфрачервоний CO₂ датчик.
- SCD30 - NDIR датчик CO₂ з додатковими функціями вимірювання температури та вологості.
- *Датчик pH*: вимірює рівень кислотності ґрунту та дозволяє автоматично керувати системою додавання добрив для забезпечення оптимальних умов для росту рослин.

Приклад:

- рН-метр з електродом - такі датчики вимірюють рівень кислотності (рН) у рідині.
- *Датчик електропровідності*: вимірює рівень електропровідності ґрунту та дозволяє автоматично керувати системою додавання добрив та води для забезпечення оптимальних умов для росту рослин.

Приклад:

- Електропровіднісний датчик (ЕС-метр) - використовується для вимірювання електропровідності розчину, яка може бути пов'язана з концентрацією добрив або солей.

Ці датчики можуть бути підключені до центральної системи керування теплицею, яка забезпечує автоматичне регулювання різних параметрів для забезпечення оптимальних умов для росту рослин.

Особливості використання датчиків, в залежності від типу теплиці.

Різні типи теплиць можуть вимагати різних датчиків, в залежності від виду вирощуваних рослин та умов, в яких знаходиться теплиця. Деякі датчики можуть вважатися важливішими ніж інші, залежно від обставин.

Нижче перераховані датчики, які можуть бути використані для різних типів теплиць [8]:

- Теплиці для овочів та фруктів: датчик температури, датчик вологості, датчик CO₂, датчик освітленості, датчик рН та датчик електропровідності ґрунту.
- Теплиці для квітів та рослин в горщиках: датчик температури, датчик вологості, датчик CO₂, датчик освітленості, датчик рН та датчик рівня добрив.
- Теплиці для рибальства та аквакультури: датчик температури води, датчик рівня кисню в воді, датчик рівня CO₂ в воді, датчик рівня амонію в воді, датчик рН води та датчик рівня солей в воді.
- Теплиці для вирощування грибів: датчик температури, датчик вологості, датчик CO₂, датчик освітленості, датчик рН та датчик рівня CO₂ в повітрі.
- Теплиці для вирощування трав: датчик температури, датчик вологості, датчик CO₂, датчик освітленості, датчик рН та датчик рівня добрив.

Ці датчики допомагають контролювати різні фактори, які впливають на здоров'я та зростання рослин у теплиці.

1.5 Огляд існуючих виконавчих пристроїв

Виконавчі пристрої є ключовою складовою автоматизованої системи теплиці, оскільки вони відповідають за фізичну реалізацію контрольованих процесів і забезпечення необхідних умов для росту рослин. Вони виконують

різноманітні функції, що дозволяють забезпечувати оптимальні умови та здійснювати контроль над середовищем теплиці.

Одна з ключових переваг використання таких пристроїв полягає в можливості автоматичного реагування на зміни умов середовища. Наприклад, якщо температура піднімається понад задане значення, виконавчий пристрій, такий як вентилятор або кондиціонер, може автоматично включитись для охолодження теплиці. Це дозволяє уникнути перегріву рослин і забезпечити оптимальні умови для їхнього росту.

Крім того, виконавчі пристрої дозволяють знизити витрати на робочу силу та енергію. Наприклад, автоматична система поливу з використанням електронного клапану дозволяє точно дозувати необхідну кількість води для рослин, уникати перевитрати або недостатнього зволоження ґрунту. Це забезпечує оптимальне використання ресурсів та ефективне зростання рослин.

Ось деякі з виконавчих пристроїв, які можливо використати для автоматизації тепличного господарства:

- Електронні клапани: можуть використовуватися для контролю і регулювання поливу, системи крапельного зрошення, системи обприскування, а також для регулювання вентиляції і викиду газів. Електронні клапани для поливу працюють на основі електричного сигналу, який відкриває або закриває потік води до конкретної зони поливу. Вони мають електричний соленоїд, який відгукується на електричний струм і керує механізмом клапана. За допомогою системи керування поливом, клапани програмуються для відкриття та закриття згідно з розкладом поливу.



Рисунок 1.6 – Електронний клапан

- Електричні приводи: можуть бути використані для автоматичного відкриття та закриття вікон, дверей, штор і т.д. Вони працюють за допомогою електричного струму, який створює магнітне поле. Це магнітне поле взаємодіє з механізмом приводу, що призводить до його руху.



Рисунок 1.7 – Електричний привод

- Електричні мотори: можуть використовуватися для автоматичного переміщення транспортних засобів, наприклад, переміщення рослин в теплиці або для переміщення піддонів з рослинами. Електричні мотори працюють на основі взаємодії електричного струму і магнітного поля. Вони складаються з обмоток і магнітних полюсів, які створюють магнітне поле. Коли через обмотки протікає електричний струм, вони генерують магнітне поле, що взаємодіє з магнітним полем полюсів. Це створює силу, яка зумовлює рух ротора мотора. В результаті, електричний струм перетворюється в механічний рух ротора, що

використовується для забезпечення руху механізму, який приводиться в дію.



Рисунок 1.8 – Електричний мотор

- Електронні диммери: використовуються для контролю за освітленням і дозволяють налаштувати оптимальний рівень світла для різних типів рослин. Вони працюють шляхом зміни амплітуди або частоти електричного сигналу, що подається до освітлювального приладу. Це досягається за допомогою електронних компонентів, таких як триаки або транзистори, які керують потоком електроенергії. При зниженні амплітуди або частоти електричного сигналу, поданого до лампи чи іншого джерела світла, електронний диммер зменшує потужність, що живить це джерело світла. Це відбувається шляхом переривання або зменшення часу подачі електричного струму протягом кожного циклу сигналу. Як результат, світло стає менш яскравим.



Рисунок 1.9 – Електронний диммер

- Електроприводи для системи тепла: можуть використовуватися для контролю і регулювання температури в теплиці, забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин. Вони працюють на основі електричного сигналу, який активує механізм приводу. При отриманні електричного сигналу, електропривід генерує механічний рух, що призводить до відкриття або закриття клапана або вентиля. Це дозволяє регулювати потік теплоносія, що проходить через систему тепла. Електроприводи можуть мати різні типи руху, такі як обертальний або лінійний, в залежності від конкретного застосування. Керування електроприводом може здійснюватися безпосередньо за допомогою електричного сигналу або через систему автоматизації, яка програмується для встановлення потрібних параметрів температури та режимів роботи системи тепла.



Рисунок 1.10 – Електропривод повітряної заслінки

- Автоматичні дозатори добрив: можуть використовуватися для автоматичного додавання добрив до систем поливу або ґрунту, забезпечуючи рослинам оптимальний рівень поживних речовин. Вони працюють за допомогою електронних систем керування та сенсорів. За допомогою насоса або іншого механізму, автоматичний дозатор витягує потрібну кількість добрива зі сховища або контейнера і додає його до системи поливу або ірригації.



Рисунок 1.11 – Автоматичний дозатор добрив

Які саме виконавчі пристрої використовувати, слід обирати, спираючись на бюджет та бажаний функціонал теплиці. Загалом чим більше теплиця зможе «робити сама», тим менше людині доведеться втручатися в ріст та розвиток висаджених рослин.

1.5 Аналіз патентної інформації

Таблиця 1.2 – Патент № 53311. Пристрій створення мікроклімату

МПК	A61L 9/22 (2006.01) A61L 9/00 A61L 9/18 (2006.01)
Винахідник	Заворотний Леонід Євгенійович; Лапенко Тарас Григорович; Дружинін Олександр Георгійович; Рижкова Тетяна Юріївна; Прасолов Євген Якович; Лозовський Анатолій Петрович; Браженко Світлана Анатоліївна; Волков Сергій Іванович; Знова Любава Валеріївна; Знова Сергій Петрович; Ящик Сергій Анатолійович; Овчаренко Віталій Васильович
Власник	Заворотний Леонід Євгенійович
Дата подання заявки	14.12.2009
Дата, з якої є чинними права	11.10.2010

Основна мета пристрою – ефективна нейтралізація токсичних речовин для забезпечення потрібних екологічних умов мікроклімату в тваринницьких та птахівницьких приміщеннях. Підвищена санітарні обробка повітря та рідини. Спрощена конструкція, що дозволить забезпечити довговічність роботи вентиляційного агрегату та знизити енергозатрати та капіталовкладення.

Для досягнення запланованої мети в системі створено пристрій (рис. 1.6), який включає в себе касетний ламповий бактерицидний знезаражувач з періодичним або одночасним включенням у виробничий процес в другій ніші повітропроводу, а також касетний зволожувач-знезаражувач з турборозбризкувачем в першій ніші. Спочатку до води додається ароматична композиція, що містить антикорозійні і бактерицидні добавки, ароматичні вуглеводні, спирти-альдегіди, яка нейтралізує токсичні хімічні речовини. Після цього вона під тиском подається на турборозбризкувач з лопатями тарілкоподібної форми, де під дією відцентрової сили зволожене (знезаражене) повітря надходить по повітропроводу до приміщення. Для підвищення ефективності санітарної обробки повітря та рідини в системі використовується касетний ламповий бактерицидний знезаражувач з періодичним або одночасним включенням.

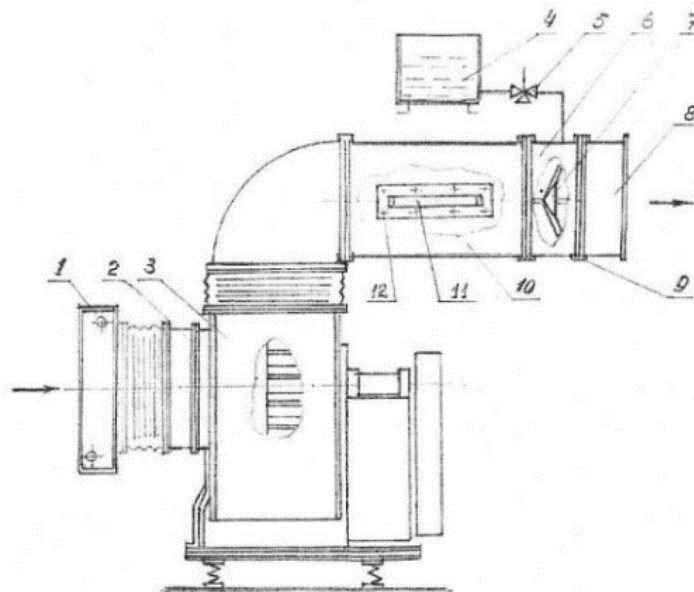


Рисунок 1.6 – Загальний вигляд пристрою

Таблиця 1.3 – Патент № 55222. Установа для створення мікроклімату у тваринницькому приміщенні

МПК	F24F 13/00 F24F 3/044 (2006.01) F24F 3/12 (2006.01) F24F 3/16 (2006.01) F24F 5/00, F24F 11/00
Винахідник	Родькін Дмитро Йосипович; Сукач Сергій Володимирович; Шутька Олександр Володимирович
Власник	Кременчуцький Державний Університет імені Михайла Остроградського
Дата подання заявки	20.05.2010
Дата, з якої є чинними права	10.12.2010

Установа (рис.1.7) складається з припливного вентилятора, що подає повітря та системи повітропроводів, що виготовлені з листового заліза. Установа функціонує за рахунок повітря від припливного вентилятора, що надходить у повітропровід. Далі по отворах воно рівномірно потрапляє у приміщення, тим самим створюючи потрібні мікрокліматичні умови.

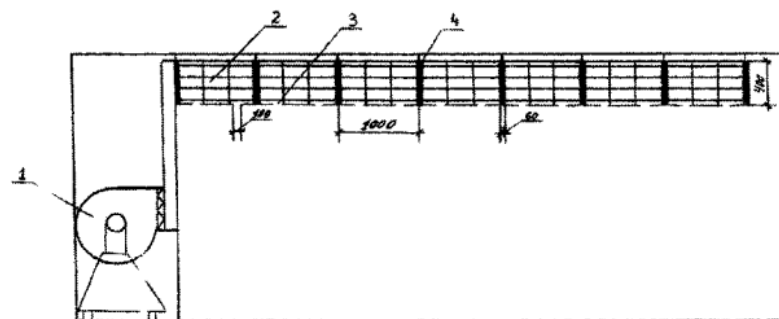


Рисунок 1.7 – Загальний1 вигляд установки

Таблиця 1.4 – Патент №44925. Гідропідживлювач для подачі розчинів добрив у поливний трубопровід

МПК	A01C 23/00
Винахідник	Пастухов Валерій Іванович; Калюжний Олександр Дмитрович; Рідний Віктор Федорович; Рідний Руслан Вікторович; Антонов Юрій Олександрович
Власник	Пастухов Валерій Іванович
Дата подання заявки	30.03.2009
Дата, з якої є чинними права	26.10.2009

Конструкція корисної моделі (рис.1.8) складається з гідропідживлювача до поливних машин, що включає безнапірний бак, насос-дозатор із мембранною камерою, механізми керування, систему трубопроводів із запірною та регулюючою арматурою, у відповідності до корисної моделі насос-дозатор оснащений двома мембранними камерами, мембрани яких жорстко пов'язані між собою та мають рухомий зв'язок з важелем механізму перемикача, а всмоктуючі та нагнітальні патрубки насоса-дозатора встановлені в поливному трубопроводі, мають коліна під прямим кутом, і спрямовані для всмоктуючих трубок за напрямком потоку води, а нагнітальних - проти нього.

Таким чином запропонована конструкція гідропідживлювача підвищує надійність його роботи за рахунок безперервної подачі добрив та автоматичного саморегулювання дози їх подачі в поливний трубопровід в залежності від витрат води в ньому, завдяки стійкому гідродинамічному зв'язку між потоком води в трубопроводі та робочими порожнинами мембранних камер насоса-дозатора.

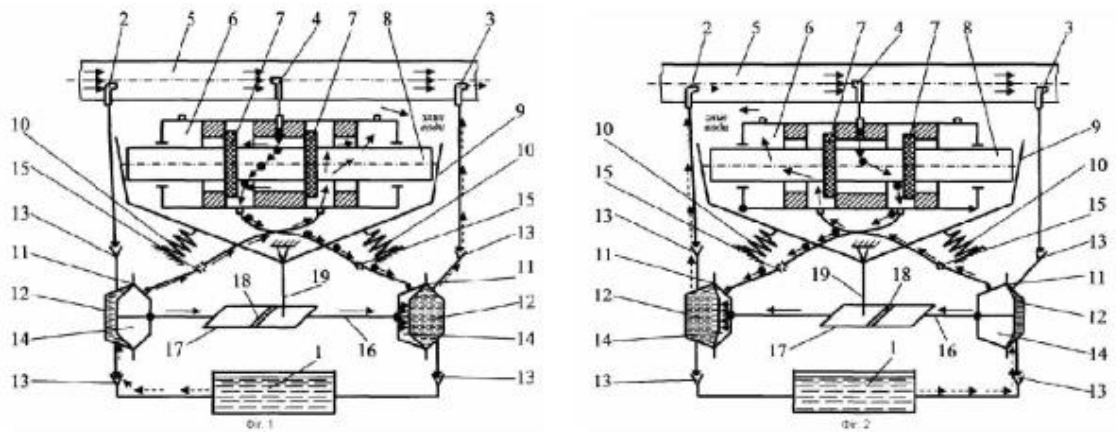


Рисунок 1.8 – Конструкція корисної моделі.

1.6 Завдання на проектування

Спираючись на поставленні завдання за темою бакалаврської роботи, було визначено головні задачі а проектування:

1. Вивчити технології та методи вирощування рослин у теплицях.
2. Проаналізувати існуючі системи керування тепличним господарством.
3. Сформулювати функціональні та технічні вимоги до автоматизованої системи керування тепличним господарством.
4. Створити загальний опис системи та її складових.
5. Розробити блок-схему роботи автоматизованого тепличного господарства.
6. Обрати обладнання та програмне забезпечення для реалізації автоматизованої системи керування тепличним господарством.
7. Розробити функціональну та електричну принципову схеми роботи системи.
8. Розглянути питання охорони праці та цивільного захисту на сільськогосподарчих об'єктах.

1.7 Висновки до розділу 1

1. Досліджена основна інформація, щодо актуальності вирішення проблем автоматизації систем керування тепличного господарства.
2. Проаналізовано технічні рішення автоматизованих систем керування тепличного господарства, що пропонує ринок.
3. Визначено функціональні та технічні вимоги до автоматизованої системи керування.
4. Виконано огляд існуючих датчиків та виконавчих пристроїв, які пов'язані з темою роботи.
5. Сформовано завдання на проектування автоматизованої системи керування тепличного господарства.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ

2.1 Загальний опис системи автоматизованого керування тепличним господарством

Головною метою роботи є розробка автоматизованої системи керування тепличним господарством, що дозволить підвищити ефективність виробництва та знизити витрати на управління тепличним господарством. Отже, для виконання поставлених завдань необхідно розробити систему, яка б збирала дані про мікроклімат теплиці та на їх основі віддавала команди певним виконавчим пристроям.

Все це можна досягнути, створивши систему, в центрі якої буде мікроконтролер. Саме він виконуватиме роль «мозку» та керуватиме мікрокліматом, залежно від введених людиною норм температури, вологості та інших показників.

2.1.1 Вибір конструкції теплиці

Існує кілька різних конструкцій теплиць, які можуть використовуватися для вирощування рослин. Кожна з них має свої особливості та відповідає певним потребам та умовам вирощування [9].

- Класична арочна теплиця: Це одна з найпоширеніших конструкцій, яка має арочну форму. Вона складається з металевих або пластикових арок, які утворюють раму, на яку натягують плівкове покриття(рис. 2.1). Ця конструкція дозволяє забезпечити хорошу вентиляцію та пропускання природного світла.



Рисунок 2.1 – Арчна теплиця

- Плоска теплиця: Ця конструкція має плоску дахову поверхню, що забезпечує рівномірне розподілення світла (рис. 2.2). Вона може бути зроблена з полікарбонату, скла або інших матеріалів. Плоска теплиця часто використовується для комерційного вирощування та вимагає ефективної системи вентиляції та контролю температури.



Рисунок 2.2 – Теплиця з плоским дахом

- Готові модульні теплиці: Ці теплиці зазвичай мають стандартні модульні елементи, які можна легко з'єднати та роз'єднати. Вони широко використовуються для домашнього вирощування та можуть бути встановлені як на землі, так і на підвісних конструкціях.

- Вертикальні ферми або стінові теплиці: Ці конструкції дозволяють використовувати простір у вертикальному напрямку, що дозволяє економити місце. Вони ідеально підходять для вирощування рослин в обмеженому просторі, такому як балкони або внутрішні приміщення.



Рисунок 2.3 – Вертикальна теплиця

Для автоматизованої теплиці доцільно використовувати конструкції, які забезпечують зручний доступ для встановлення та розташування датчиків, систем автоматизації та виконавчих пристроїв. Тож для макету теплиці, а якій буде використана розроблена система керування було обрано модульну теплицю із плоским дахом.

Вибір матеріалу для стін

Стіни теплиці можуть бути зроблені з різних матеріалів, залежно від вимог до ізоляції, прозорості, міцності та бюджету:

- Скло: Скло є одним з найпоширеніших матеріалів для стін теплиць. Воно забезпечує відмінну прозорість, дозволяючи проникати достатню кількість сонячного світла до рослин. Скло має довговічність і забезпечує добру теплоізоляцію, що дозволяє зберігати тепло всередині теплиці. Однак, скло може бути більш вразливим до ударів і дорожчим у порівнянні з іншими матеріалами.

- Полікарбонат: Полікарбонатні панелі стали популярним вибором для стін теплиць. Вони мають високу прозорість, що допускає достатню кількість світла для рослин. Полікарбонат також досить міцний і легкий матеріал, що полегшує установку. Він також має хорошу теплоізоляцію та довговічність. Полікарбонатні панелі доступні в різних структурах і товщинах, що дає можливість вибрати оптимальну опцію для конкретних потреб.
- Плівка: Плівкові покриття, зазвичай з поліетилену, є економічним варіантом для стін теплиць. Вони легкі, прості в установці і мають прийнятну прозорість. Однак, плівка може бути менш міцною та має коротший термін служби порівняно з іншими матеріалами. Вона також може потребувати регулярної заміни через зношування та вплив негативних погодних умов.
- Сітка або шовковий план: Ці матеріали забезпечують добру вентиляцію теплиці і захист від шкідників. Вони дозволяють проникнення повітря, але обмежують проникнення комах і інших шкідників. Вони часто використовуються в теплицях для вирощування рослин, які вимагають більшого доступу до повітря.

Наша автоматизована система керування буде використана в теплиці із полікарбонатними стінами, вона має усі властивості, що й скляні стіни, але їх значна перевага – стійкість до ударів та легкість установки.

2.1.2 Розміщення датчиків. Створення структурної схеми

Для правильного функціонування системи та створення відповідного мікроклімату тепличного господарства, передусім важливо забезпечити достовірний збір даних [10]. Щоб зменшити похибку вимірювання наявні датчики слід розміщати у відповідних місцях:

- *Датчик температури та вологості*: Розміщується на середині теплиці, ближче до рівня рослин, щоб отримувати точні виміри кліматичних умов, що впливають на рослини безпосередньо. Можна закріпити його на висоті приблизно 1 метр, щоб уникнути прямих впливів від опалювальних приладів або вентиляційних отворів.
- *Датчик CO₂*: Розміщується на рівні рослин, ближче до їхнього листя. Це допоможе контролювати рівень вуглекислого газу в самій зоні росту рослин, де це найбільш важливо. Зазвичай, його розташовують на висоті близько 0,5-1 метра над рівнем ґрунту. Водночас важливо, щоб датчик знаходився на певній відстані від рослин, щоб уникнути впливу їхнього дихання на результати вимірювань.
- *Датчик освітленості*: Розміщується на висоті, що відповідає середній висоті рослин. Наприклад, якщо рослини зазвичай досягають висоти 1,5 метра, то датчик можна закріпити на такій висоті. Важливо, щоб він був розташований в області, яка не затіняється ніякими структурами або рослинами, щоб точно виміряти рівень освітленості.
- *Датчик рН*: Цей датчик можна розмістити в контрольній пробірці з ґрунтом або в пробірці з розчином поживних речовин, де проходить процес росту рослин. Датчик має бути підземним або зануреним в рідке середовище для точного вимірювання.

Враховуючи інформацію, описану вище можна створити структурну схему теплиці, в якій буде діяти система керування, що проектується (рис.2.4).

Структурна схема - це графічне зображення або діаграма, яка показує взаємозв'язки та взаємодію компонентів або елементів системи. Вона використовується для візуального представлення структури системи або процесу і допомагає зрозуміти, як компоненти взаємодіють один з одним.

Створена структурна схема схематично зображує розташування обраних для системи датчиків. Також на схемі присутні панель керування, вентиляція та система поливу, які також необхідні для забезпечення сприятливих умов росту рослин.

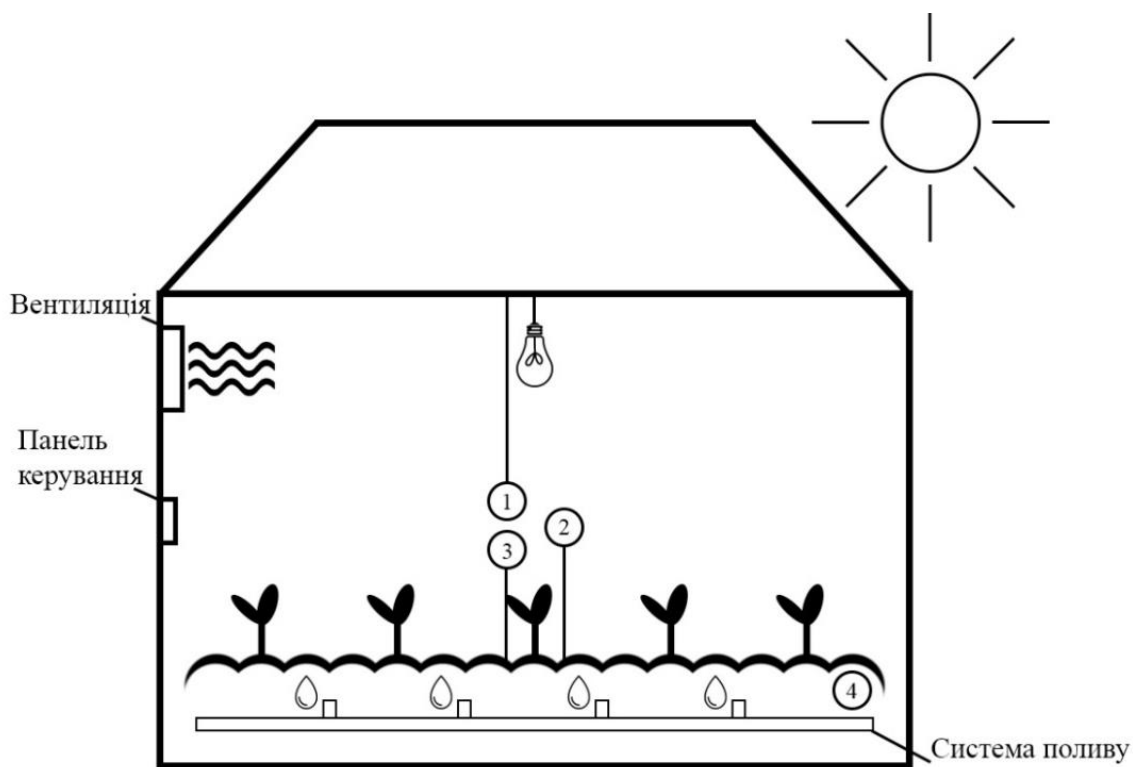


Рисунок 2.4 – Структурна схема теплиці. 1- Датчик CO₂; 2 – Датчик освітленості; 3 – Датчик температури та вологості; 4 – Датчик рН.

2.1.3 Вибір системи поливу

Полив є надзвичайно важливим аспектом догляду за рослинами, оскільки забезпечує їм необхідну кількість вологи для правильного росту і розвитку. Вода є життєво важливою складовою для функціонування клітин рослин. Вона забезпечує транспорт необхідних поживних речовин з коренів до інших частин рослини, а також регулює тиск у клітинах.

Регулярний полив допомагає забезпечити стійку вологість ґрунту, що дозволяє рослинам отримувати воду постійно і поступово. Це особливо важливо в періоди сухого клімату або під час посушливих періодів.

Існує кілька різних типів систем поливу, які використовуються для забезпечення водою рослини. Основні типи систем поливу включають:

- *Спрінклерна система*: Це один з найпоширеніших типів систем поливу, де вода розпилюється на рослини у вигляді струменів або дощу за допомогою спеціальних спрінклерів (рис. 2.5). Цей метод ефективно поливає великі площі, такі як газони або сільськогосподарські поля.



Рисунок 2.5 – Спрінклерна система поливу.

- *Традиційний полив*: Цей метод включає використання поливних шлангів або поливних горловин, що дозволяє направляти струмінь води безпосередньо на рослини (рис. 2.6). Він часто використовується для поливу невеликих городів або садів.



Рисунок 2.6 – Традиційний полив.

- *Крапельна система поливу*: Як згадувалося раніше, крапельна система поливу доставляє воду безпосередньо до кореневої зони рослин через крапельниці або мікрокрапельниці (рис. 2.7). Цей метод дозволяє ефективно використовувати воду і добрива, знижує втрати через випаровування та розсіювання, і зменшує ризик поширення хвороб.



Рисунок 2.7 – Крапельна система поливу.

- *Гідропоніка*: Гідропоніка - це метод вирощування рослин без використання ґрунту, де коріння занурюються у водну розчину з необхідними поживними речовинами (рис. 2.8). Вода в цій системі

поливу циркулює і рециркулюється, забезпечуючи оптимальне живлення рослин.



Рисунок 2.8 – Гідропоніка.

Кожна з цих систем поливу має свої переваги і використовується в залежності від конкретних потреб, розміру ділянки, типу рослин та інших факторів.

Для системи, спроектованої в цій роботі було обрано крапельний полив.

Крапельна система поливу, також відома як система крапельного зрошування, має декілька переваг порівняно з іншими методами поливу. Ось деякі з них:

- *Ефективність використання води:* Крапельна система поливу дозволяє точно доставляти воду безпосередньо до коренів рослин. Це допомагає уникнути втрат води через випаровування або стікання води з поверхні ґрунту. Крапельний полив забезпечує оптимальний рівень вологості, зменшуючи витрати води і забезпечуючи економію водних ресурсів.
- *Ефективніше використання добрив:* Крапельна система поливу дозволяє точно дозувати добрива і доставляти його безпосередньо до кореневої зони рослин. Це допомагає уникнути розсіювання добрив по

всій площі поля або саду, що зменшує втрати і покращує ефективність використання добрив.

- *Зниження росту бур'янів*: Крапельний полив забезпечує доставку води тільки до необхідних рослин, уникнення поливу проміжних зон. Це зменшує доступність вологи для бур'янів і допомагає знизити їх ріст і поширення.
- *Зменшення ризику поширення хвороб*: Крапельна система поливу дозволяє уникнути прямого змиву води на листя рослин, що може сприяти поширенню грибкових хвороб і захворювань, передаються через воду. Зниження вологості листя сприяє зменшенню ризику виникнення цих проблем.
- *Економія часу і праці*: Крапельна система поливу може бути автоматизованою, з можливістю програмування режимів поливу та використання таймерів. Це дозволяє зекономити час і працю, оскільки вона сама регулює полив на основі заданих параметрів.
- *Збереження ґрунту*: Крапельна система поливу не має потреби в сильному водяному потоці, який може викликати розмивання ґрунту. Вона доставляє воду повільними краплями, що дозволяє зберегти структуру ґрунту та запобігти ерозії.

Загалом, крапельна система поливу є ефективним і екологічно-дружнім методом поливу, який сприяє збереженню води, добрив і ресурсів, зменшенню росту бур'янів і ризику хвороб, а також економії часу і праці.

2.1.4 Складання функціональної схеми

Функціональна схема - це графічне зображення, що показує структуру та зв'язки між різними елементами або компонентами системи або процесу. Вона дозволяє уявно подати послідовність операцій, взаємодію елементів і

передачу даних або сигналів. Функціональна схема використовується для аналізу, проектування та управління системами, допомагає зрозуміти принцип роботи системи, виявляти проблеми та забезпечувати ефективну взаємодію між її компонентами.

Проаналізувавши вимоги до створення подібних схем та знаючи умові, які нам потрібно забезпечити для ефективного врожаю, складено функціональну схему (рис.2.9).

Схема має такі компоненти:

- *Блок живлення* – живлення відбувається через USB від мережі 220 V.
- *Плата Arduino Uno* (Мікроконтролер) – виконує роль центрального керуючого пристрою, обробляє дані з датчиків та надсилає команди виконавчим пристроям.
- *Модуль реального часу* – забезпечує точний вимір часу і дати в реальному світі, використаний в системі керування для синхронізації подій та планування дій на основі актуального часу.
- *Датчик температури та вологості* - вимірює рівень температури та вологості навколишнього середовища і передає ці дані для подальшого аналізу та контролю.
- *Датчик CO₂* – вимірює концентрацію вуглекислого газу (CO₂) у повітрі та надає дані для оцінки якості повітря та контролю рівня CO₂.
- *Датчик освітленості* – вимірює рівень освітленості в навколишньому середовищі і передає ці дані для оцінки освітлення та керування системами, що регулюють освітлення.
- *Датчик рН* – вимірює кислотність або лужність розчину і надає числові значення рівня рН, що використовуються для аналізу та контролю хімічних параметрів середовища.

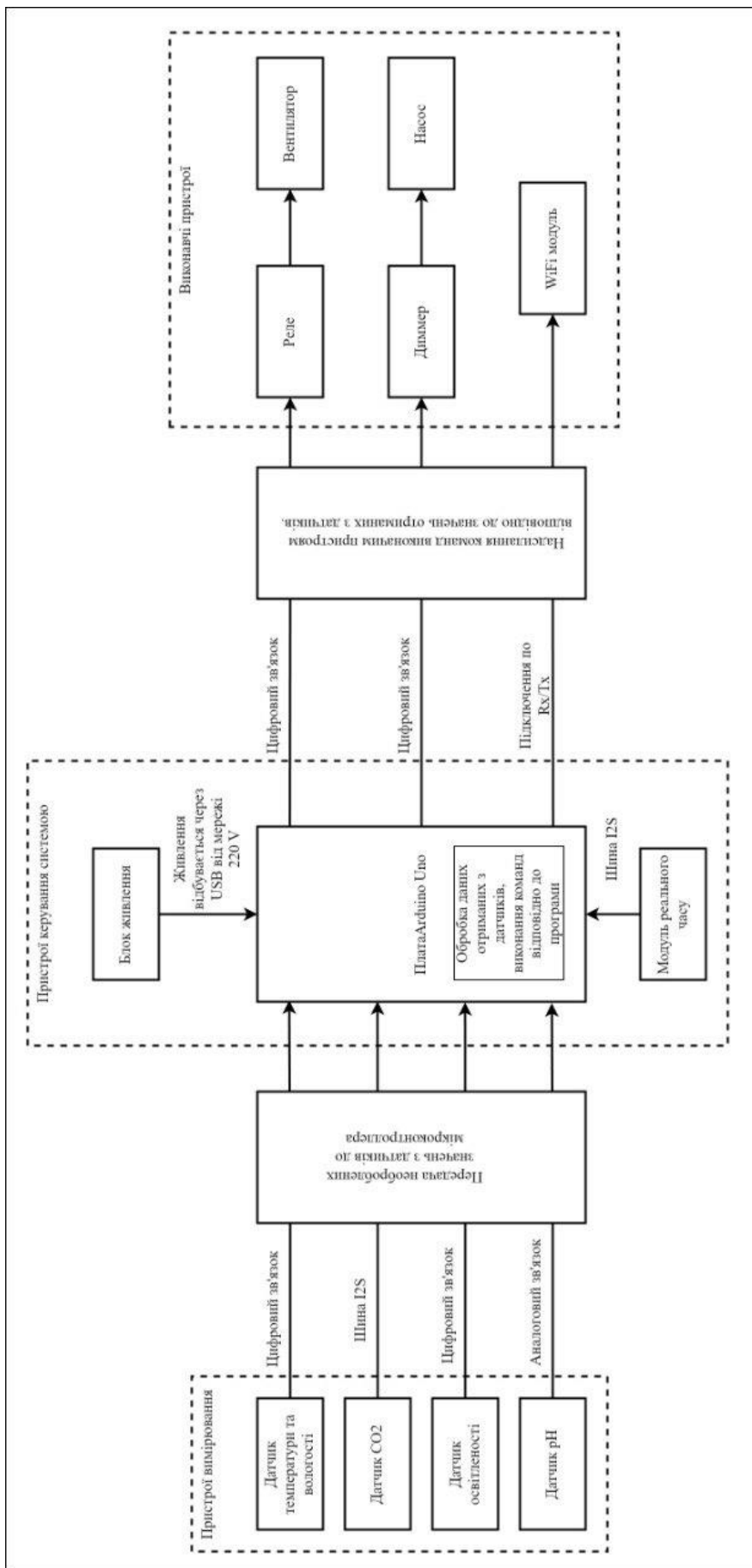


Рисунок 2.9 – Функціональна схема автоматизованої системи керування тепличного господарства

- *Реле* – електромеханічний пристрій, який використовується для ввімкнення або вимкнення електричних кіл у відповідь на зміну стану управляючого сигналу. Дозволяє керувати електричними навантаженнями, забезпечуючи їхній захист і автоматичне управління в системах контролю та автоматизації.
- *Вентилятор* – використовується для циркуляції повітря, охолодження, витягу вологості або запахів, а також для забезпечення вентиляції і розподілу повітря.
- *Диммер* - електронний пристрій, який використовується для регулювання інтенсивності освітлення. Він дозволяє змінювати яскравість світла, контролюючи величину електричного струму, який постачається до джерела світла.
- *Насос* - використовується для переміщення рідини з одного місця в інше (поливу рослин).
- *Wi-Fi модуль* - забезпечує можливість бездротового з'єднання з мережею Інтернет за допомогою технології Wi-Fi.

Головне місце в системі займає плата Arduino Uno. Саме в неї завантажуються програма роботи системи. Тут відбувається обробка даних, отриманих з датчиків та виконання команд відповідно програми. До мікроконтролера підключений модуль реального часу та блок живлення. Живлення відбувається через USB від мережі 220 V. До пристроїв вимірювання належать датчики, які передають неперероблені показники мікроклімату через певні види зв'язку до пристроїв керування системою. Відповідно до значень, записаних в програмі відбувається надсилання команд виконавчим пристроям, таким як вентилятор, насос та диммер. Wi-Fi модуль потрібен для передачі інформації про стан системи користувачу.

2.2 Вибір апаратного забезпечення системи

Мікроконтролер

Для автоматизованої системи керування тепличним господарством з використанням плати Arduino було обрано саме Arduino Uno (рис. 2.7).

Arduino Uno - пристрій на основі мікроконтролера ATmega328 [11]. Він є однією з найбільш поширених і доступних моделей Arduino. Модель має достатньо вхідних/вихідних пінів для багатьох сенсорів і пристроїв керування.

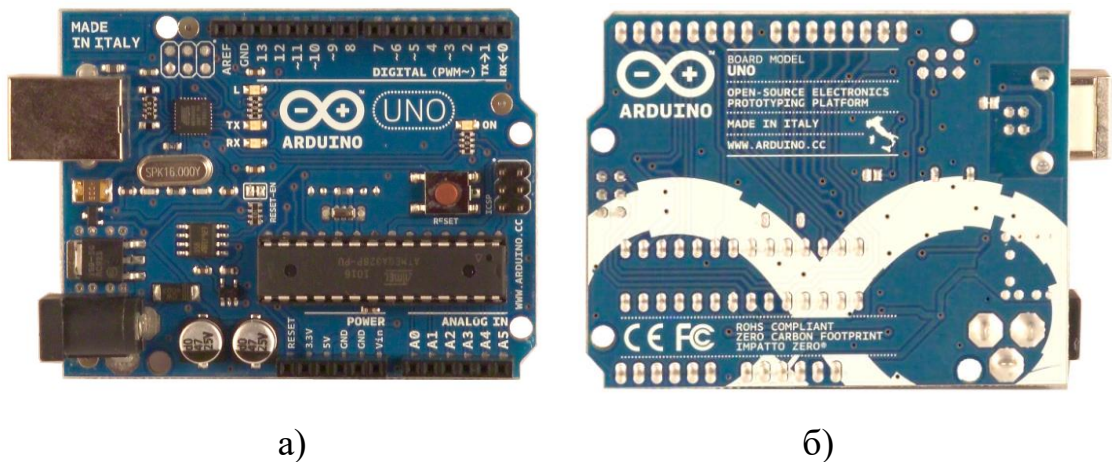


Рисунок 2.7 - Arduino Uno а) вид спереду; б) вид ззаду

Таблиця 2.1- Технічні характеристики пристрою

Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися як ШИМ-виходи)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виводу	40 мА

Продовження таблиці 2.1 – Технічні характеристики пристрою

Максимальний вихідний струм виведення	3.3V 50 мА
Flash-пам'ять	2 КБ, з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем.
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Тактова частота	16 МГц
Розмір	6.9 x 5.4 см

Arduino Uno може бути запитаний від USB або від зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично. Як зовнішнє джерело живлення (не USB) може використовуватися мережний AC/DC-адаптер або акумулятор/батарея.

З використанням функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()` кожен із 14 цифрових виводів може працювати як вхід або вихід. Рівень напруги на виводах обмежений 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи пов'язані з внутрішніми резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм.

В Arduino Uno є запобіжники, що відновлюються, вони захищають USB-порт комп'ютера від коротких замикань і перевантажень.

Модуль реального часу

В якості модуля реального часу було обрано модуль DS3231 [12].

Модуль реального часу DS3231 є недорогою платою з надзвичайно точним годинником реального часу (RTC), з температурною компенсацією кварцового генератора і кристала (рис.2.8).



Рисунок 2.8 – Зовнішній вигляд модуля DS3231

Модуль включає літєву батарею, яка підтримує безперебійну роботу, навіть при відключенні джерела живлення. Інтегрований генератор покращує точність пристрою та дозволяє зменшити кількість компонентів.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики модуля DS3231

Напруга живлення	3.3В та 5В
Чіп пам'яті	АТ24С32 (32 Кб)
Точність	± 0.432 сек на день
Частота кварцу	32.768 кГц
Підтримуваний протокол	I2С
Розмір	38мм x 22мм x 15мм

Використання модуля реального часу додасть можливість автоматичного вмикання/вимикання систем в задані години, синхронізацію зовнішніх факторів (наприклад, світла або температури) та програмування режимів роботи системи на основі часових інтервалів.

Датчик температури та вологості

Для вимірювання температури повітря та вологості обрано датчик температури та вологості DHT22 (рис. 2.9)[13]. Датчик DHT22 має заводське калібрування та характеризується низьким енергоспоживанням.



Рисунок 2.9 – Датчик температури та вологості DHT22

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики датчика температури та вологості DHT22

Виробник	AOSONG
Тип	AM2302 цифровий
Точність	0.1 °C
Діапазон виміру вологості	0-100%
Діапазон вимірювання температури	-40 ~ 80 °C
Точність виміру вологості	±2% RH
Точність вимірювання температури	±0.5 градуси
Напруга живлення	3.6-6 V
Кількість висновків	4

Датчик CO₂

Для вимірювання рівня концентрації вуглекислого газу в повітрі обрано модуль датчика якості повітря CCS811 (eCO₂) [14]. Модуль датчика CCS811 – мініатюрний цифровий газовий датчик для контролю якості повітря (рис. 2.10). Датчик на основі оксиду металу (МОКС) розроблений для вимірювання загального еквівалента летких органічних сполук eTVOCs та еквівалентного вмісту eCO₂. Мікроконтролер MCU інтегрований усередині чіпа. Значення вмісту газу зчитуються за допомогою інтерфейсу I2C.

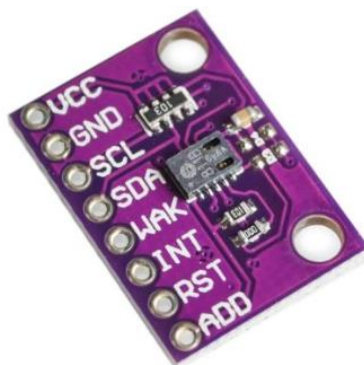


Рисунок 2.10 – Модуль датчика якості повітря CCS811

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики модуля датчика CCS811

Напруга живлення	3.3 В
Потужність	до 60 мВт
Робоча частота інтерфейсу I2C	400 кГц
Діапазон виявлення eTVOC	0 ~ 32768 ppb
Діапазон виявлення eCO2	400 ~ 32768 ppm
Автоматичний час корекції вихідних умов сенсора	24 години
Можливість налаштування та зчитування часу датчика після включення	не менше 20 хвилин

Датчик освітленості

Для визначення рівня світла обрано цифровий модуль датчика освітленості (рис.2.11)[15]. Модуль датчика світла із пороговим компаратором. Поріг спрацьовування компаратора регулюється змінним резистором. При затемненому датчику на виході встановлюється логічна напруга 1 і індикаторний світлодіод не горить. При висвітленні датчика та при спрацьовуванні компаратора на виході встановлюється логічний 0 та запалюється індикаторний світлодіод.

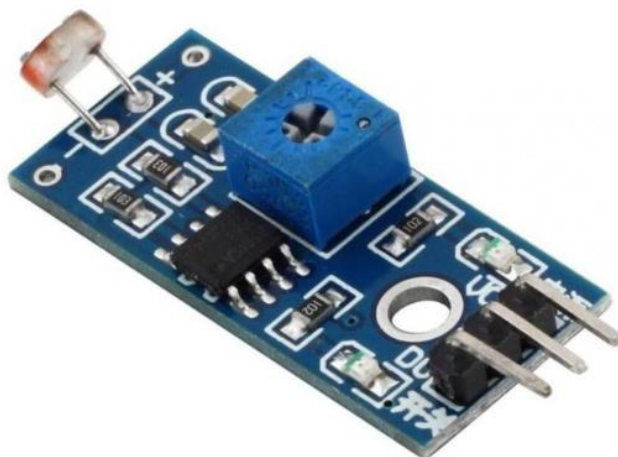


Рисунок 2.11 – Цифровий модуль датчика освітленості

Таблиця 2.5-Технічні характеристики цифровий модуля датчика освітленості

Чутливий елемент	Фоторезистор
Вихід компаратора	Більш ніж 15 мА
Регулювання порога спрацьовування	Змінним резистором
Робоча напруга	Від 3.3В до 5В
Цифровий вихід компаратора	(0 і 1)
Розміри	3.2 x 1.4 см
Використаний компаратор	LM393

Датчик рН

Для контролю рівня кислотності (рН) ґрунту або розчину, які використовуються для зростання рослин у теплиці обрано аналоговий датчик рН V2 від DFRobot (SEN0161-V2) (рис. 2.12)[16]. Вбудована мікросхема стабілізатора напруги дозволяє використовувати джерело напруги від 3,3 до 5,5 В, який сумісний з основною платою управління 5 і 3,3 В. Вихідний сигнал, відфільтрований апаратно, має низький рівень цифрового шуму. У бібліотеці програмного забезпечення використовується метод двоточкового

калібрування, яке автоматично визначає два стандартні буферні рішення (4.0 та 7.0).



Рисунок 2.12 – Аналоговий датчик рН SEN0161-V2

Таблиця 2.6 - Технічні характеристики аналогового датчика SEN0161-V2

Напруга живлення	3,3 ~ 5,5 В
Вихідна напруга	0 ~ 3,0 В
Роз'єм датчика	BNC
Точність виміру	$\pm 0.1 @ 25$
Розмір плати	42 x 32 мм
Тип зонду	лабораторний
Діапазон виявлення	0 ~ 14
Діапазон температур	5 ~ 60°C
Нульова точка	$7 \pm 0,5$
Час відгуку	<2 хв
Внутрішній опір	<250 МОм
Термін служби зонда	>0,5 року (залежно від частоти використання)
Довжина кабелю зонда	100 см

Реле

Для керування електричними контурами шляхом ввімкнення або вимкнення електричних сигналів обрано модуль реле 5В 10А низького рівня (low level) (рис. 2.13)[17].

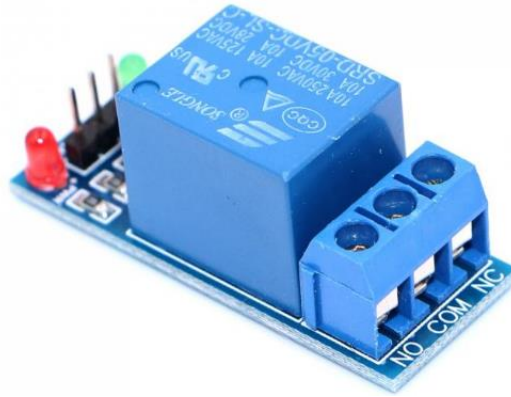


Рисунок 2.13 – Реле 5В 10А низького рівня

5В-ий 1-канальний модуль реле низького рівня (low level) вимагає 5-20мА для спрацьовування, тобто може керуватися безпосередньо з висновків мікроконтролера Arduino або подібних. Вмикається логічним нулем, вимикається логічною одиницею. На модулі є два світлодіоди: червоний сигналізує про наявність напруги живлення, зелений – про спрацьовування реле.

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики реле низького рівня

Максимальний струм комутації реле	10А при 250В
Розмір	44x17x17мм

Диммер

Для регулювання яскравості освітлення обрано диммер 220В для Arduino ESP8266 (рис. 2.14)[18]. Даний диммер дозволяє керувати навантаженнями, підключеними в промислову мережу 220В потужністю до 2-х кВт за допомогою контролера Arduino. Є бібліотеки для Arduino та ESP8266.

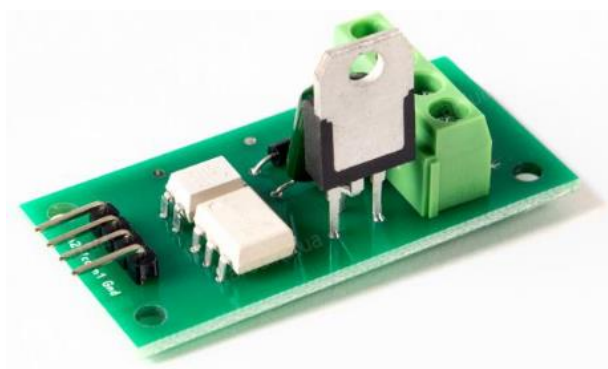


Рисунок 2.14 – Диммер 220В для Arduino ESP8266

Таблиця 2.8 - Технічні характеристики диммера ESP8266

Напруга	до 280VAC 50Гц (600V Peak voltage)
Потужність, що рекомендується без радіатора	до 150Вт
Рекомендована потужність із радіатором	від 150Вт до 2000Вт
Максимальна потужність із радіатором	до 3000Вт
Напруга падіння на ключі	1В±0,1В
Розмір	50 x 25мм

Wi-Fi модуль

Для підключення пристроїв до бездротової мережі використано Wi-Fi модуль ESP 8266-01S (рис. 2.15)[18].

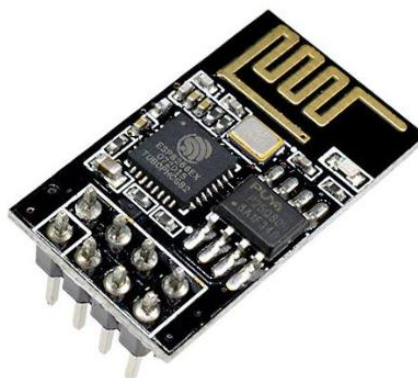


Рисунок 2.15 – Wi-Fi модуль ESP 8266-01S

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики Wi-Fi модуля ESP 8266-01S

Вихідна потужність	+19.5 дБм у режимі 802.11b
Пам'ять програм	1 МБ (8 Мбіт)
Пробудження та відправлення пакетів	до 22 мс
Споживання в режимі Standby	до 1.0 мВт (DTIM3)
Розмір	24.5x14 мм

2.3 Вибір програмного забезпечення

Для роботи системи потрібно завантажити програму в мікроконтролер. Але насамперед варто розуміти загальну картину роботи системи. Її гарно зображає блок-схема (рис.2.16).

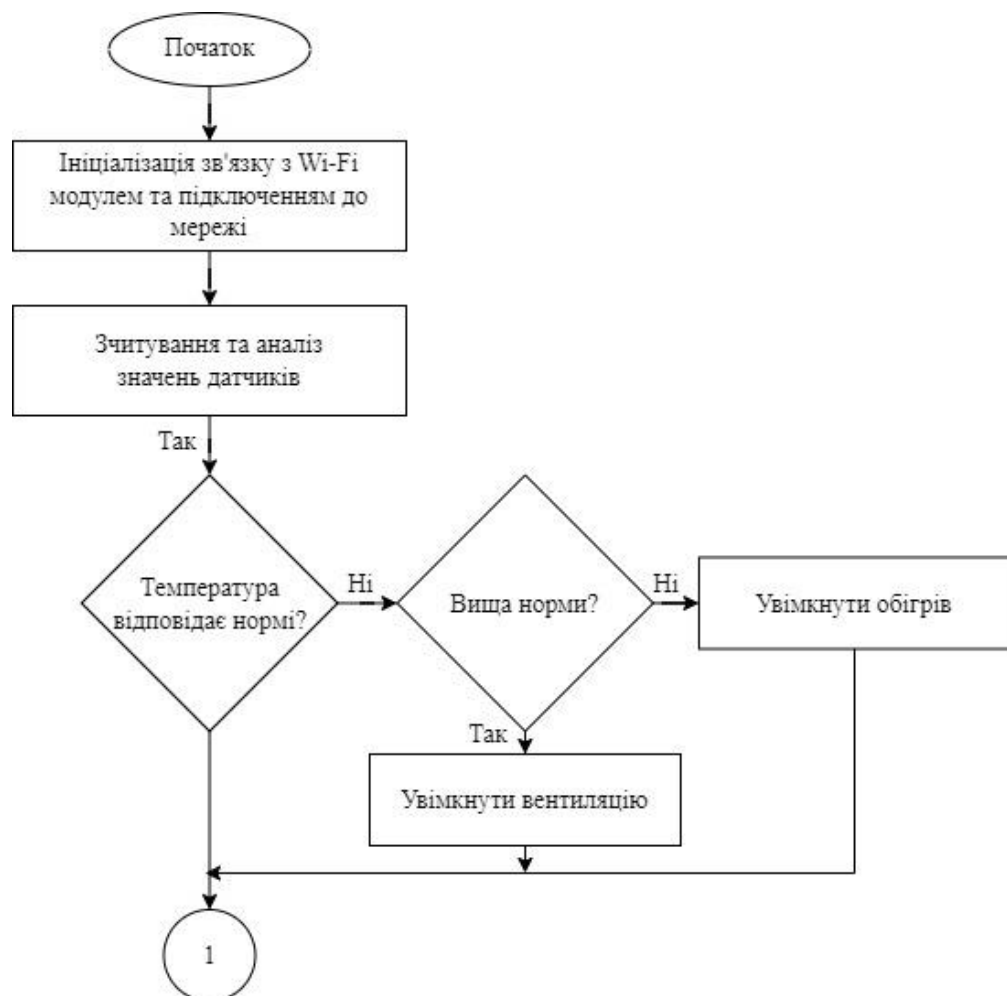


Рисунок 2.16 (а) – Блок-схема роботи запропонованої системи

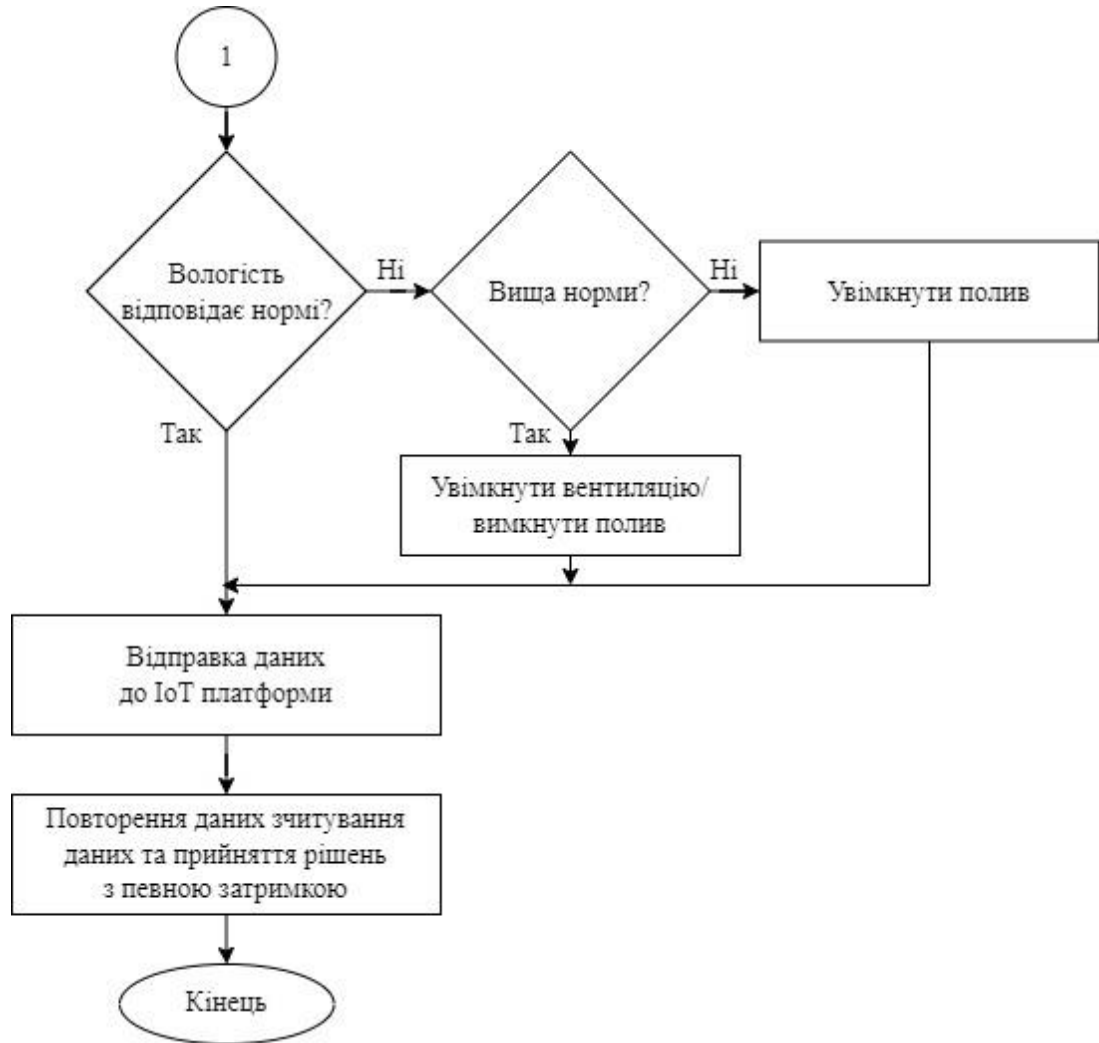


Рисунок 2.16 (б) – Продовження блок-схема роботи системи

На початку блок-схеми відбувається ініціалізація зв'язку з Wi-Fi модулем та підключення до мережі. Далі з датчиків зчитується, аналізується інформація, і подаються сигнали виконавчим пристроям. Наприклад, якщо температура вище зазначеної норми, то вмикається вентиляція, або навпаки, коли температура нижче – обігрів. Так само відбувається з вологістю та іншими значеннями. Після зчитування усіх необхідних даних інформація через Wi-Fi мережу надсилається на Internet of Things (IoT) платформу. Так цикл повторюється з вказаною затримкою, доки система не буде вимкнена або зупинена.

Платформа Інтернету речей (Internet of Things)

Система не буде досконалою, якщо, щоб дізнатися значення датчиків, кожного разу людині доведеться йти, а інколи й їхати в теплицю. Тому, для ефективного використання автоматизованого керування слід знайти спосіб перевірки показників датчиків незалежно від місця розташування тепличника. Поставлене завдання здійснюється за допомогою Wi-Fi модуля.

Оброблена мікроконтролером інформація передається до платформи Інтернету речей через бездротову мережу.

Інтернет речей (IoT) - це концепція, що описує мережу з'єднаних фізичних пристроїв, які можуть обмінюватися даними та взаємодіяти один з одним через Інтернет. Ці пристрої можуть включати різноманітні речі, такі як датчики, домашні пристрої, транспортні засоби, медичні пристрої та багато інших[19].

Тож для обміну інформацією між датчиками та користувачем серед аналогів було обрано платформу Cayenne[20].

Cayenne - це безкоштовна платформа IoT, розроблена компанією myDevices. для швидкої і простої реалізації проектів IoT[21]. Cayenne дозволяє легко підключати і керувати різними пристроями через різні комунікаційні протоколи, такі як Wi-Fi, Ethernet, LoRa, Sigfox, Bluetooth і багато інших. Вона має веб-інтерфейс та мобільні додатки, які дозволяють користувачу створювати і налаштовувати графіки, таблиці, сповіщення та автоматичні дії на основі зібраних даних з пристроїв IoT (рис. 2.18).

Використовуючи цю платформу тепличник, або людина, що обслуговує систему, може створити систему керування теплицею, додати до неї датчики, встановити правила автоматизації для оптимального росту і догляду за рослинами. При використанні Cayenne можна підключити різноманітні

датчики, такі як датчики температури, вологості, освітлення, рівня CO₂ тощо. Завдяки цим датчикам система може збирати дані про умови в теплиці.

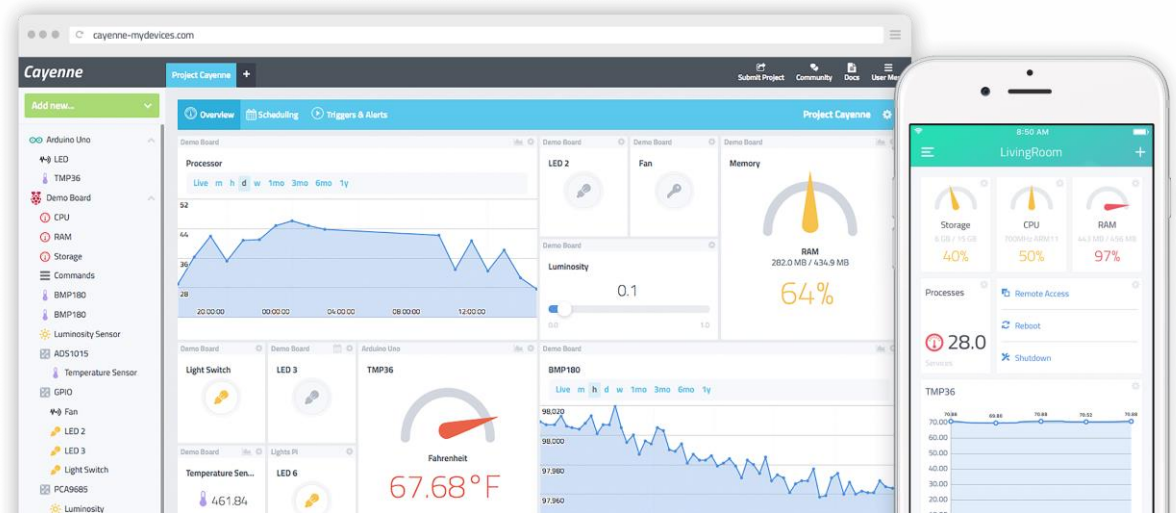


Рисунок 2.18 – Зображення роботи платформи Сауенне

За допомогою Сауенне можна налаштувати правила автоматизації, які виконуються на основі зібраних даних. Як уже було показано в блок-схемі(рис. 2.16), якщо температура в теплиці піднімається до певного рівня, система автоматично активує вентилятори і так далі. Це дозволяє автоматизувати процеси догляду за рослинами і забезпечити оптимальні умови для їх росту.

Крім того, Сауенне має зручний інтерфейс для відстеження даних, візуалізації теплиці та отримання сповіщень про стан системи. Віддалений доступ до системи через мобільний додаток або веб-інтерфейс дозволяє тепличнику контролювати та керувати системою навіть на відстані.

Загалом, платформа Сауенне є зручним інструментом для розробки та управління системою керування теплицею, дозволяючи забезпечити оптимальні умови для росту рослин і автоматизувати багато процесів догляду.

2.4 Електрична принципова схема системи

Після аналізу подібних систем, створення функціональної та блок-схеми, а також вибору компонентів можна переходити до складання електричної принципової схеми автоматизованої системи керування (рис. 2.19).

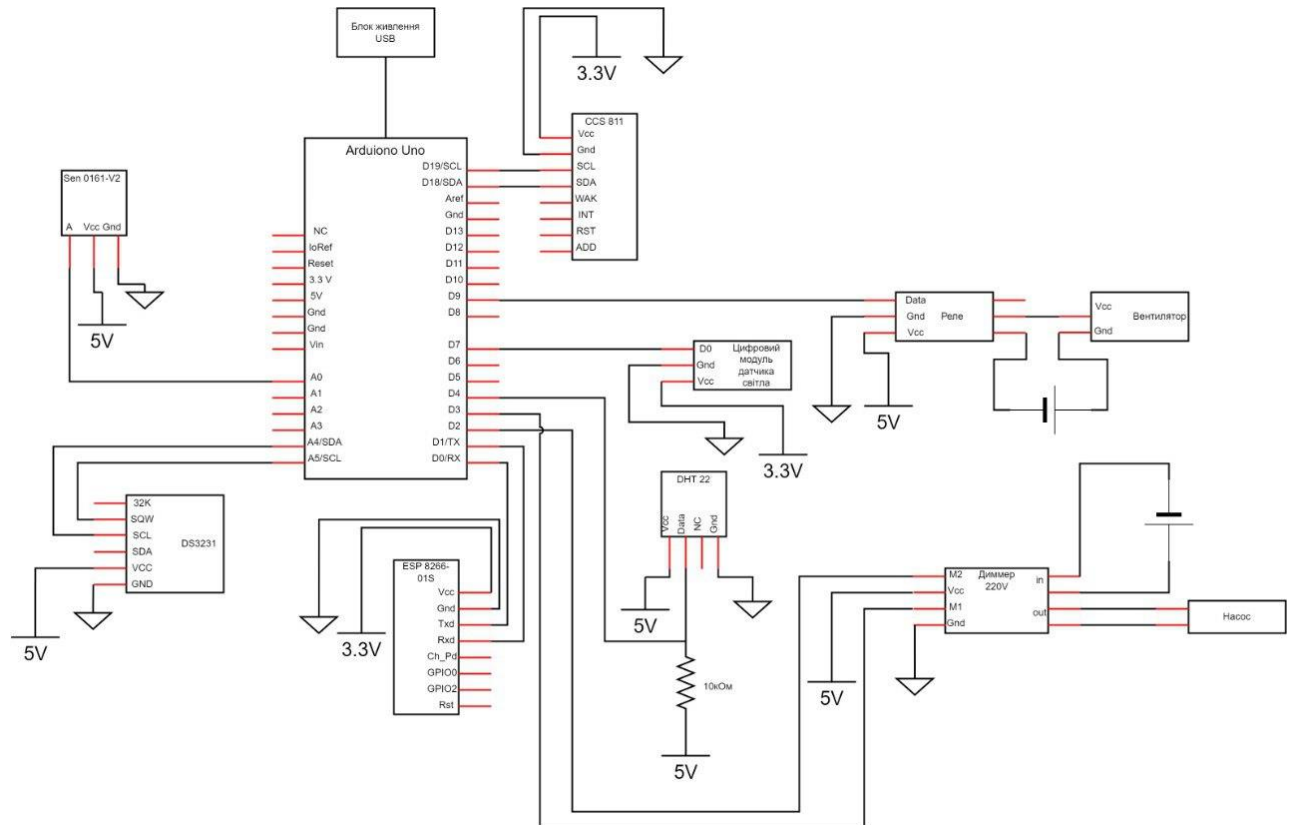


Рисунок 2.19 – Електрична принципова схема системи

Живлення системи відбувається через блок живлення MicroUsb. В якості головного керуючого пристрою служить плата Arduino Uno на основі мікроконтролера ATmega328 для керування системою. В якості пристроїв збору інформації використано датчик температури та вологості DHT22, модуль датчика якості повітря CCS811 (eCO₂) для вимірювання концентрації вуглекислого газу в приміщеннях, аналоговий датчик рН V2 від DFRobot (SEN0161-V2) для вимірювання кислотно-лужних показників ґрунту,

цифровий модуль датчика освітленості. Виконавчі пристрої - диммер 220В для Arduino для регулювання освітлення, насос для подачі води в систему крапельного поливу та вентилятор для забезпечення вентиляції примушення. Крім цього в схемі присутні резистор 10 кОм для поділу напруги та захисту від перевантаження, модуль реле 5В 10А низького рівня (low level) для керування вимикачем, Wi-Fi модуль ESP 8266-01S для зв'язку з платформою Інтернету речей та модуль реального часу DS3231 для синхронізації подій та планування дій на основі актуального часу.

Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано та описано основні аспекти проектування системи автоматизованого керування тепличним господарством.
2. Виконано загальний опис системи автоматизованого керування, де були визначені принцип роботи та функціональні можливості системи.
3. Здійснено детальний опис апаратного забезпечення системи, включаючи перелік необхідних компонентів.
4. Проведено опис програмного забезпечення системи. Проаналізовано, які програмні компоненти та алгоритми будуть використовуватися для обробки даних, прийняття рішень та керування виконавчими пристроями.
5. Розроблена електрична принципова схема системи, де визначено зв'язки та взаємодію між компонентами системи.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи з теми "Автоматизована система керування тепличного господарства" розроблена система керування мікрокліматом в теплиці, отримані результати відповідають поставленим цілям та вимогам.

1. Досліджена основна інформація, щодо актуальності вирішення проблем вирощування рослин, використовуючи автоматизацію тепличного господарства.
2. Проведений аналіз ринкових рішень систем керування мікрокліматом.
3. Сформульовані функціональні та технічні вимоги до системи керування тепличним господарством.
4. Проаналізовано наявні на ринку пристрої для збору інформації.
5. Виконано опис обраних компонентів апаратного та програмного забезпечення системи.
6. Розроблена блок-схема та функціональна схема, яка відображає логіку роботи системи керування тепличним господарством.
7. Розроблена електрична принципова схема системи керування.
8. Розглянуті питання з охорони праці на сільськогосподарських об'єктах в спорудах захищеного ґрунту з урахуванням впровадження автоматизованої системи керування

Результатом роботи є автоматизована система керування тепличним господарством, яка забезпечує контроль та керування параметрами мікроклімату для оптимальних умов росту рослин. Розроблена система дозволяє забезпечити автоматичне вмикання та вимикання виконавчих пристроїв на основі зчитаних даних з датчиків.

Комунікація з користувачем передбачена платформою Інтернету речей, що дозволить відстежувати данні з датчиків та дії, що відбуваються в теплиці з комп'ютера або смартфона.

Розроблена система підходить для подальшої модернізації та розширення функціоналу.

Результати роботи апробовані на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Могилянські читання – 2022».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Задорожній А.О. Сівозміна культур в сільському господарстві. ТОВ "Видавничий дім "Ін Юре", 2010, 208 с. (дата звернення: 25.03.2023)
2. Шмиг Р. А., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Барабаш В. М. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів: Видавництво Львівського національного аграрного університету, 2010. 188 с. ISBN 978-966-7407-83-4. (дата звернення: 25.03.2023)
3. Дудченко В.П. Сільськогосподарські культури. Видавничий дім "Основа", 2008, 288 с. (дата звернення: 25.03.2023)
4. Гіль Л.С., Пешковський А.І. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Ч.І. Закритий ґрунт: Навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2008. 120 с. (дата звернення: 27.03.2023)
5. Мороз М.Г. Врожайність сільськогосподарських культур. Державне видавництво технічної літератури УРСР, 1960, 216 с. (дата звернення: 29.03.2023)
6. What Is A Smart Greenhouse? URL: <https://www.trianglegardener.com/what-is-a-smart-greenhouse/> (дата звернення: 30.03.2023)
7. Grow better with Growlink. URL: <https://www.growlink.com/> (дата звернення: 30.03.2023)
8. Панасюк, О. О. Автоматизована система керування мікротеплицею. Київ: Видавництво Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського, 2019. 114 с. (дата звернення: 01.04.2023)
9. Савчук І.В. Теплиці та інші угінські споруди. Видавництво: Аграрна наука, 1994, 220 с. (дата звернення: 02.04.2023)

10. Лук'янов Л.І. Сільськогосподарські культури України. Видавництво: Лілея-НВ, 2006, 320 с. (дата звернення: 02.04.2023)
11. Arduino Uno. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno> (дата звернення: 09.04.2023)
12. Real Time Clock Модуль на DS3231 (без батарейки). URL: <https://arduino.ua/ru/prod1142-real-time-clock-modyl-na-ds3231-bez-batareiki> (дата звернення: 09.04.2023)
13. Датчик вологості і температури DHT22. URL: <https://arduino.ua/ru/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22> (дата звернення: 09.04.2023)
14. Модуль датчика якості повітря CCS811 (eCO2). URL: <https://arduino.ua/ru/prod5216-modyl-datchika-kachestva-vozdyha-ccs811-eco2> (дата звернення: 10.04.2023)
15. Модуль датчика освітленості цифровий. URL: <https://arduino.ua/prod1213-modyl-datchika-osveshhenosti> (дата звернення: 10.04.2023)
16. Модуль реле 5В 10А низкого рівня (low level). URL: <https://arduino.ua/ru/prod1706-modyl-rele-5v-10a-nizkogo-urovnya-low-level> (дата звернення: 10.04.2023)
17. Диммер 220В для Arduino і ESP8266. URL: <https://arduino.ua/ru/prod2958-dimmer-220v-dlya-arduino> (дата звернення: 10.04.2023)
18. Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S. URL: <https://arduino.ua/ru/prod2892-esp-01s-wi-fi-modyl-esp8266> (дата звернення: 10.04.20)
19. What is IoT? URL: <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/> (дата звернення: 11.04.2023)

20. Top IoT development tools & platforms with comparison. URL:
<https://www.intuz.com/blog/top-iot-development-platforms-and-tools>
(дата звернення: 11.04.2023)
21. Cayenne. The world's first drag-and-drop IoT project builder. URL:
<https://developers.mydevices.com/cayenne/features/> (дата звернення:
11.04.2023)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА**

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА З ОХОРОНИ ПРАЦІ

**ОХОРОНА ПРАЦІ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
ОБ'ЄКТАХ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ
З УРАХУВАННЯМ ВПРОВАДЖЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ**
Спеціальність «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

151 – КРБ – 471.21917108

Студентка

Немченко В.О.

« ___ » _____ 2023 р.

Консультант кандидат наук, доцент

Алексеева А.О.

« ___ » _____ 2023 р.

Миколаїв – 2023

ЗМІСТ

3. ОХОРОНА ПРАЦІ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТАХ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ З УРАХУВАННЯМ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	3
3.1 Опис обраного виробничого приміщення.....	4
3.2 Загальні вимоги безпеки до території сільськогосподарських об'єктів захищеного ґрунту.	6
3.2.1 Розрахунок вентиляційного режиму виробничого приміщення.....	7
3.2.2 Освітлення виробничого приміщення.....	10
3.3 Можливі небезпеки в автоматизованому тепличному господарстві. Способи їх запобігання.	11
3.4 Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці	12
Висновки до розділу 3	14
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	15

3. ОХОРОНА ПРАЦІ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТАХ В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ З УРАХУВАННЯМ ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Охорона праці є невід'ємною складовою сільськогосподарського виробництва, особливо на сільськогосподарських об'єктах, де здійснюється вирощування культур на спеціально обладнаних спорудах з захищеним ґрунтом. Враховуючи зростаючу необхідність підвищення ефективності та автоматизації сільськогосподарського виробництва, впровадження автоматизованих систем керування стає актуальною тенденцією в даній галузі.

Мета даного розділу полягає у вивченні особливостей охорони праці на сільськогосподарських об'єктах в спорудах з захищеним ґрунтом з урахуванням впровадження автоматизованої системи керування. Дослідження спрямоване на аналіз ризиків, пов'язаних з цією галуззю, та визначення ефективних заходів забезпечення безпеки та охорони праці на сільськогосподарських об'єктах.

У цьому розділі будуть розглянуті основні аспекти охорони праці на сільськогосподарських об'єктах, включаючи ідентифікацію потенційних небезпек, оцінку ризиків, впровадження безпечних робочих процесів та заходів з попередження нещасних випадків і професійних захворювань. Також будуть розглянуті аспекти впровадження автоматизованої системи керування і її вплив на охорону праці.

3.1 Опис обраного виробничого приміщення

Теплиця – це спеціальна структура, призначена для вирощування рослин в контрольованому середовищі [1].

Виробниче приміщення, на якому базується цей опис, є тепличним комплексом для вирощування овочів. Він має прямокутну форму і площу 60 квадратних метрів (рис. 3.1), що робить його середнього розміру і придатною для розташування на обмеженій площі. Конструкція теплиці включає міцну металеву конструкцію та полікарбонатні стіни, які забезпечують високу проникність світла і захищають рослини від негативних погодних умов. Полікарбонат є міцним, легким та стійким до ультрафіолетового випромінювання матеріалом, що забезпечує довговічність та стабільність теплиці.



Рисунок 3.1. – Обрана конструкція теплиці

У теплиці можуть бути встановлені різні системи контролю та автоматизації, які допомагають створити оптимальні умови для росту рослин. Це можуть бути системи регулювання температури, вологості, освітлення та поливу, що дозволяють підтримувати стабільні та оптимальні параметри для культур.

Враховуючи специфіку роботи в тепличному господарстві, де працівники проводять тривалий час під скляними або полікарбонатними стінами, необхідно вживати заходів для забезпечення оптимальних умов праці.

Однією з ключових аспектів є регулювання температури в теплиці. Встановлення системи опалення та вентиляції дозволяє підтримувати комфортну температуру, що сприяє ефективній роботі працівників і запобігає перегріву або переохолодженню. Також важливо враховувати рівень вологості в тепличному середовищі, оскільки надмірна вологість може негативно впливати на здоров'я працівників та роботу обладнання.

Освітлення також є ключовим аспектом для ефективних умов праці в теплиці. Природне освітлення з полікарбонатними стінами надає достатню кількість світла, що є важливим для фотосинтезу рослин та забезпечує хорошу видимість для працівників. Додаткове штучне освітлення може бути використане в періоди недостатнього природного світла або для продовження тривалості робочого дня.

Умови безпеки також потребують уваги. Працівники повинні бути наділені необхідними знаннями про безпеку праці, включаючи правильні методи роботи з обладнанням та речовинами, які використовуються в тепличному господарстві. Також важливо забезпечити належне позначення небезпечних зон та розташування аварійних виходів для евакуації в разі надзвичайних ситуацій.

Застосування принципів ергономіки є ще одним важливим аспектом для поліпшення умов праці в тепличному господарстві. Це включає правильну організацію робочих місць, вибір зручного та ефективного обладнання, а також врахування фізичних потреб працівників, зокрема щодо підйому вантажів, руху та розташування робочих матеріалів.

Загальною метою є створення безпечного та комфортного робочого середовища в тепличному господарстві, що сприяє ефективності та задоволеності працівників. Регулярна оцінка умов праці, навчання працівників та вживання необхідних заходів допомагають підтримувати високі стандарти безпеки та забезпечувати успішну роботу в автоматизованому тепличному господарстві.

3.2 Загальні вимоги безпеки до території сільськогосподарських об'єктів захищеного ґрунту.

Основні загальні вимоги з питань охорони праці, що поширюються на всі об'єкти захищеного ґрунту системи Міністерства сільського господарства України, наведено в документах (НПАОП 01.1-1.02-01 Правила охорони праці при виконанні робіт в захищеному ґрунті [2] та НАОП 2.1.10-2.11-81. ОСТ 46.3.1.115-81. Проведення робіт у теплицях [3]).

Загалом, основні вимоги включають:

- *Огородження території:* Територія сільськогосподарських об'єктів з захищеним ґрунтом повинна бути належним чином огорожена, щоб забезпечити контрольований доступ тільки для авторизованого персоналу та уникнути незаконного входу. Огородження може включати паркани, бар'єри, ворота та замки.
- *Система контролю доступу:* На території об'єкта повинна бути встановлена система контролю доступу, яка обмежує вхід лише авторизованого персоналу. Це можуть бути картки доступу, кодові замки або біометричні системи, які дозволяють впевнитися в ідентифікації осіб, які входять на територію.
- *Ознаки та позначення:* На території повинні бути встановлені чіткі ознаки та позначення, які вказують на потенційні небезпеки, заборонені

зони, шляхи евакуації, місця зберігання небезпечних матеріалів тощо. Це допомагає працівникам та відвідувачам легко орієнтуватися на території та уникати потенційних небезпек.

- *Безпека обладнання*: Все обладнання, що використовується на території сільськогосподарських об'єктів, повинно бути в гарному робочому стані та відповідати безпечним стандартам. Регулярна перевірка та технічне обслуговування обладнання є важливою для запобігання аварій та забезпечення безпеки працівників.
- *Екстрені виходи та шляхи евакуації*: На території повинні бути чітко позначені шляхи евакуації, а також встановлені екстрені виходи та засоби пожежогасіння. Це допомагає забезпечити швидку та безпечну евакуацію в разі надзвичайних ситуацій, таких як пожежі або аварії.
- *Навчання та інструктаж*: Працівники повинні отримати належне навчання та інструктаж щодо безпеки праці на території сільськогосподарських об'єктів з захищеним ґрунтом. Це включає навчання з правил безпеки, процедур у разі надзвичайних ситуацій, користування безпечними методами роботи та обладнанням[4].

3.2.1 Розрахунок вентиляційного режиму виробничого приміщення.

Вентиляційний режим виробничого приміщення є надзвичайно важливим аспектом забезпечення безпеки та комфорту працівників. Ефективна вентиляційна система забезпечує постійне постачання свіжого повітря, що необхідне для нормального функціонування організму та підтримки оптимального рівня кисню. Вона також допомагає контролювати температуру та вологість у приміщенні, що важливо для забезпечення комфортних умов праці. Вентиляція також відіграє важливу роль у вилученні шкідливих речовин, що можуть утворюватися під час виробничих процесів та

становити потенційну небезпеку для здоров'я працівників. Запровадження належного вентиляційного режиму допомагає забезпечити безпеку праці та здоров'я працівників, а також сприяє підвищенню продуктивності та зниженню ризику виникнення небажаних подій у виробничому середовищі.

Вентиляцію (повітрообмін) характеризують вентиляційний об'єм і кратність повітрообміну. Вентиляційний об'єм - це кількість повітря (в м³), яке надходить у приміщення протягом 1 години. Він складається з інфільтраційного і вентиляційного повітря. Інфільтрація - це проникнення повітря через стіни, пори будівельних матеріалів, щілини в будівельних конструкціях тощо. Другою складовою частиною вентиляційного об'єму є повітря, яке надходить у приміщення через спеціально передбачені для цього вентиляційні пристрої: кватирки, фрамуги, вікна, вентиляційні канали [4].

Відношення вентиляційного об'єму до об'єму приміщення характеризує інтенсивність вентиляції.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

$t_{вх.}$ °C	$t_{вих.}$ °C	$d_{вх.}$ г/кг с.п.	$d_{вих.}$, °C г/кг с.п.	$C_{вх.}$ мг/м ³	$C_{вих.}$ мг/м ³	Q, кВт	W, кг/год	M, г/год	V, м ³
15	25	10,0	15,0	320	1500	18	3,5	850	200
16	24	11,0	14,5	250	1000	20	7,5	1700	480

Розрахунок виконується для теплого періоду року за умови рівності повітропродуктивностей припливної та витяжної гілок припливно-витяжної системи вентиляції у такій послідовності:

1. Повітропродуктивність системи вентиляції, що необхідна для компенсації теплоприпливів у виробничому приміщенні $V_{в}$, м³/год.

$$V_{в} = 3600 \cdot Q / (c_{п} \rho_{п} (t_{вих} - t_{вх})),$$

де $c_{\text{п}}$ – ізобарна теплоємність повітря (за нормальних умов $c_{\text{п}} = 1,01$ кДж/(кг·°C)); $\rho_{\text{п}}$ – густина повітря (за нормальних умов $\rho_{\text{п}} = 1,205$ кг/м³).

$$V_{\text{в}} = 3600 \cdot 18 / (1,01 \cdot 1,205 (24 - 14)) = 5324 \text{ м}^3/\text{год.}$$

2. Повітропродуктивність системи вентиляції, що необхідна для компенсації волонадлишків у виробничому приміщенні $V_{\text{в1}}$, м³/год.

$$V_{\text{в1}} = 1000 \cdot W / (\rho_{\text{п}} (d_{\text{вих}} - d_{\text{вх}})),$$

де $\rho_{\text{п}}$ – густина повітря (за нормальних умов $\rho_{\text{п}} = 1,205$ кг/м³).

$$V_{\text{в1}} = 1000 \cdot 7,5 / (1,205 (14,5 - 11)) = 1778 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Повітропродуктивність системи вентиляції, що необхідна для компенсації надходжень шкідливих компонентів повітряного середовища виробничого приміщення $V_{\text{в11}}$, м³/год.

$$V_{\text{в11}} = 1000 \cdot M / (c_{\text{вих}} - c_{\text{вх}}) = 1000 \cdot 1700 / (1000 - 250) = 2266 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Таким чином, в якості проектного значення повітропродуктивності припливно-витяжної системи вентиляції слід прийняти $V_{\text{в}} = 5320$ м³/год (більше з отриманих значень необхідної повітропродуктивності системи вентиляції).

Кратність циркуляції (повітрообміну), що забезпечується припливно-витяжною системою вентиляції у виробничому приміщенні k , год⁻¹.

$$k = V_{\text{в}} / V_{\text{п}} = 5324 / 480 = 11 \text{ год}^{-1}.$$

Кратність повітрообміну — це показник, який показує, скільки разів протягом години змінюється повітря в приміщенні. Враховуючи виділення діоксиду вуглецю людиною в спокої, вчені підраховали, що мінімальний об'єм вентиляції на одну людину в житлових приміщеннях повинен бути не меншим 30 м³ за 1 годину. Оптимальні ж умови повітряного середовища для людини, що фізично працює, забезпечуються при об'ємі вентиляції 80-120 м³/год.

3.2.2 Освітлення виробничого приміщення.

Природне освітлення виробничого приміщення є надзвичайно важливим фактором, який впливає на ефективність та комфортність робочого середовища. Воно має безпосередній вплив на якість виконаної роботи, здоров'я та самопочуття працівників.

Природне світло має численні переваги порівняно зі штучним освітленням. Воно є більш природним і м'яким, що допомагає зменшити очікуване навантаження на очі працівників. Додатково, виробничі приміщення, які отримують достатню кількість природного світла, зазвичай мають кращу вентиляцію та зменшену потребу у штучному освітленні протягом денного часу.

Оскільки виробничим приміщенням є теплиця із полікарбонатними стінами, ми маємо вигоду природного освітлення. Полікарбонатні стінки пропускають більшу кількість природного світла, ніж традиційні матеріали, такі як метал або цегла. Це дозволяє проникати сонячному світлу в приміщення, заповнюючи його яскравим і природним світлом.

Завдяки цьому багатому природному освітленню в теплиці, працівники зможуть працювати в комфортних умовах, з меншим напруженням очей і більшою продуктивністю. Крім того, це також дозволить зменшити витрати на електроенергію для освітлення, оскільки буде менше потреби в штучному світлі.

Загалом, природне освітлення виробничих приміщень є важливим елементом для створення здорового та продуктивного робочого середовища. Воно сприяє комфорту та підвищенню ефективності працівників, а також зменшує навантаження на електромережу [5].

3.3 Можливі небезпеки в автоматизованому тепличному господарстві. Способи їх запобігання.

Можливі небезпеки в автоматизованому тепличному господарстві можуть включати[5]:

- *Ризик ушкодження рухомими частинами машин та обладнання:* При роботі автоматизованих систем, таких як транспортери або інші частини, існує ризик ушкодження працівників через контакт з рухомими частинами.
- *Ризик отруєння хімічними речовинами:* У тепличному господарстві можуть використовуватися різні хімічні засоби, такі як пестициди або добрива, які можуть бути шкідливими для здоров'я працівників.
- *Ризик виникнення пожежі:* Тепличне господарство може бути вразливим до пожеж, особливо при використанні електричних систем, нагрівальних елементів та іншого обладнання.
- *Ризик пошкодження від теплових ударів або перегріву:* У тепличному середовищі може бути висока температура та вологість, що може спричинити ризик теплових ударів або перегріву для працівників.

Способи запобігання небезпекам в автоматизованому тепличному господарстві[24]:

- *Надійна інженерна безпека:* Встановлення захисних систем, які запобігають контакту працівників з рухомими частинами обладнання. Це можуть бути огороження, автоматичні системи безпеки та інші заходи.
- *Контроль небезпечних речовин:* Забезпечення правильного зберігання та використання хімічних речовин. Продукти повинні бути правильно позначені, зберігатися в безпечних контейнерах та використовуватися згідно з інструкціями.

- *Системи пожежогасіння:* Встановлення автоматичних систем пожежогасіння, таких як детектори диму, спринклерні системи або пожежні вогнегасники. Слід регулярно перевіряти їх роботу та тримати усі системи пожежогасіння в робочому стані.
- *Ефективна вентиляція та системи охолодження:* Забезпечення належної вентиляції та систем охолодження, що допомагають уникнути перегріву та теплових ударів. Конструкція теплиці повинна бути розроблена таким чином, щоб забезпечити належну циркуляцію повітря та контроль температури.
- *Навчання та свідомість працівників:* Здійснення регулярних тренінгів та навчання з питань безпеки праці, щоб працівники були свідомі можливих небезпек та знали, як їм уникати.

Ці заходи допоможуть зменшити ризик небезпек у автоматизованому тепличному господарстві та забезпечити безпечні умови праці для всіх працівників.

3.4 Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці

Умови праці в сільському господарстві та тепличному господарстві можуть бути складними і вимагати значного фізичного зусилля. Але завдяки автоматизації, яка входить до складу сучасних автоматизованих теплиць, можна покращити умови праці для працівників, забезпечити їхню безпеку та підвищити продуктивність.

Нижче наведені ключові аспекти, які слід враховувати при оцінці ефективності заходів щодо покращення умов праці в автоматизованій теплиці[25]:

- *Зниження фізичного навантаження:* Автоматизовані системи, такі як роботизоване обладнання для переміщення та розміщення рослин,

автоматичні системи поливу та контролю клімату, можуть значно зменшити фізичне навантаження на працівників. Важкі ручні роботи можуть бути замінені автоматизованими процесами, що знижує ризик виникнення травм та втоми.

- *Оптимізація ергономіки:* При впровадженні автоматизованої теплиці слід враховувати принципи ергономіки. Наприклад, розташування робочих станцій, обладнання та контрольних панелей повинно бути зручним для працівників. Ергономічне проектування сприяє зниженню зайвого напруження та ризику виникнення травм, а також покращує продуктивність робітників.
- *Забезпечення безпеки:* Автоматизовані системи повинні відповідати всім необхідним нормам безпеки. Це включає в себе захист від потенційно небезпечних ситуацій, таких як аварії, електричні шоки, пожежі та інші небезпеки, які можуть виникнути у тепличному середовищі.
- *Навчання та підтримка:* Ефективність автоматизованої теплиці в значній мірі залежить від знань та навичок працівників. Працівники повинні отримати необхідне навчання та підтримку для розуміння та використання автоматизованих систем. Налагодження ефективного механізму навчання та підтримки допомагає максимізувати користь від автоматизації та забезпечує безпеку працівників.
- *Вимірювання продуктивності:* Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці включає вимірювання продуктивності та впливу автоматизованих систем на виробничі показники. Це дозволяє оцінити ефективність та рентабельність впроваджених заходів, а також вносити необхідні зміни для поліпшення робочого процесу.

Висновки до розділу 3

1. Автоматизована теплиця може значно покращити умови праці для працівників, зменшуючи фізичне навантаження та підвищуючи безпеку.
2. Застосування автоматизованих систем дозволяє знизити ризик виникнення травм та втоми, оскільки важкі ручні роботи замінюються автоматизованими процесами.
3. Ергономічне проектування автоматизованої теплиці сприяє збереженню здоров'я працівників та підвищенню продуктивності.
4. Безпека є надзвичайно важливим аспектом у виробничому середовищі, тому автоматизовані системи повинні відповідати всім нормам безпеки.
5. Навчання та підтримка працівників у використанні автоматизованих систем є ключовим чинником успішного впровадження та використання автоматизованої теплиці.

Узагальнюючи, оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці в автоматизованій теплиці є важливим кроком у створенні безпечного, комфортного та продуктивного робочого середовища. Впровадження автоматизованих систем допомагає забезпечити здоров'я та безпеку працівників, знизити фізичне навантаження та підвищити продуктивність робочих процесів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шмиг Р. А., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Барабаш В. М. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / за заг. ред. Р. А. Шмига. Львів: Видавництво Львівського
2. НПАОП 01.1-1.02-01 Правила охорони праці при виконанні робіт в захищеному ґрунті
URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21929
(дата звернення: 09.05.20)
3. НАОП 2.1.10-2.11-81. ОСТ 46.3.1.115-81. Проведення робіт у теплицях
URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/npaop_01.1-1.02-01_pravila_bezpeki_praci_pid_chas_vikonannya.doc (дата звернення: 09.05.20)
4. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; за ред. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
5. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності / Є.П.Желібо, Н.М.Заверуха, В.В.Зацарний. – К.: Каравела , 2003. – 328 с.