

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка системи моніторингу та керування вологісно-температурними режимами теплиці для сфери побуту

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу групи ЕТ-21-1


Підпис

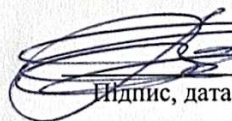
Рижко В.В.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

д.т.н., проф. Білий Л.А.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

к.т.н., доц. Тимошук О.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

к.т.н., доц. Неймак В.С.
Ініціали, прізвище

2 06 2025 р.

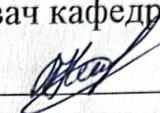
Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС


2. 06 2025

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Рижко Владислав Віталійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка системи моніторингу та керування вологісно-температурними режимами теплиці для сфери побуту**
керівник роботи **Білий Л.А., д.т.н, професор**

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

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики обладнання аналогів та рослин**

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

1 **Огляд існуючих технологічних і технічних рішень з тематики бакалаврської роботи**

2 **Розробка системи моніторингу та керування температурно-вологісними характеристиками теплиці**

3 **Експериментальне дослідження системи керування температурно-вологісним режимом теплиці**

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

Аркуш 1. **Види теплиць. Документ оглядовий (A1). Аркуш 2. Мікроконтролерна система. Схема структурна (A1). Аркуш 3. Схема керування температурно-вологісним режимом теплиці. Схема комбінована (A1). Аркуш 4. Зовнішній вигляд пристрою і схема з'єзків. Документ ілюстраційний (A2) + Пристрій для регулювання характеристик теплиці. Документ ілюстраційний (A2). Аркуш 5. Макет**

розумної міні теплиці. Документ ілюстраційний (A2) + Результат експериментальних досліджень. Документ дослідницький (A2).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд існуючих технологічних і технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	20.05.25р.	
2 Розробка системи моніторингу та керування температурно-вологісними характеристиками теплиці	01.06.25р.	
3 Експериментальне дослідження системи керування температурно-вологісним режимом теплиці	07.06.25р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	15.06.25р.	

Студент

Вісць
Підпис

Дішко В.В.
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Труш
Підпис

Білий П.А.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові **Рижко Владислав Віталійович**

2. Тема бакалаврської роботи **Розробка системи моніторингу та керування вологісно-температурними режимами теплиці для сфери побуту**

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 76

5. Понад 70 % населення України самостійно вирощує овочі на присадибних ділянках, однак у більшості випадків користувачі не мають змоги постійно контролювати умови в теплиці чи встановлювати дорогі автоматизовані системи. Замість цього часто застосовуються кустарні рішення - гідроциліндри чи пасивні крапельні системи, які є ненадійними, неточними та такими, що швидко зношуються. У зв'язку з цим гострим є питання розробки доступної, енергоефективної та надійної системи автоматичного регулювання температури й вологості в теплиці. Така система повинна бути недорогою та модульною. Тому тема бакалаврської роботи є актуальною. В першому розділі проведено огляд існуючих технологічних і технічних рішень з тематики бакалаврської роботи. В другому розділі здійснено розробку системи моніторингу та керування температурно-вологісними характеристиками теплиці. В третьому розділі виконано експериментальне дослідження системи керування температурно-вологісним режимом теплиці.

Підпис студента Рижко

" 2 " 06 20 25 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від "17" 06 20 25 р.

Оцінка проекту ЕК 4,0 / C

Рекомендації ЕК -

Особливі відмітки -

Технічний секретар Бу

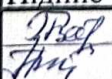
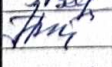
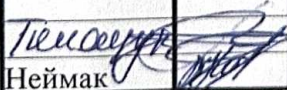


" 17 " 06 20 25 р.

ЗМІСТ

стор.

Вступ		8
1	Огляд існуючих технологічних і технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	8
1.1	Культури, що вирощуються в теплиці	8
1.2	Загальні відомості про теплиці	10
1.3	Види теплиць	16
1.4	Методи регулювання мікроклімату, водоспоживання і живлення в закритому ґрунті	24
1.5	Різновиди опалення в теплицях	29
1.6	Автоматизація технологічних процесів в захищеному ґрунті	31
1.7	Висновки до першого розділу	34
2	Розробка системи моніторингу та керування температурно-вологісними характеристиками теплиці	36
2.1	Вибір та опис конструкції теплиці	36
2.2	Мета створення та призначення системи контролю мікроклімату	39
2.3	Розробка і опис структурної схеми системи керування мікрокліматом теплиці	40
2.4	Розробка системи керування мікрокліматом теплиці	43
2.5	Вибір елементів системи керування мікрокліматом теплиці	44
2.6	Зовнішній вигляд пристрою і схема зв'язків	53
2.7	Порядок роботи з пристроєм	55
2.8	Функціонування системи керування мікрокліматом	56
2.9	Розробка алгоритмів роботи програми	57
2.10	Загальний вигляд пристрою для керування температурно-вологісними характеристиками теплиці	59

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Рижко			Розробка системи моніторингу та керування вологісно-температурними режимами теплиці для сфери побуту	б		
Перевір.		Білий					4	76
Н.контр.					ХНУ гр.ЕТ-21-1			
Затвер.		Неймак						

ВСТУП

На значній частині території України через тривалу, а часто й сувору зиму, а також короткий і нестабільно теплий літній період формуються несприятливі кліматичні умови для вирощування теплолюбних сільськогосподарських культур у відкритому ґрунті. У таких умовах ефективне вирощування овочів та інших культур протягом усього року можливе лише за умови використання споруд захищеного ґрунту, в яких штучно підтримуються необхідні мікрокліматичні параметри. Для розширення сезонів вирощування та забезпечення населення свіжою овочевою продукцією у несприятливі періоди року застосовуються конструкції захищеного ґрунту різної складності - від простих парників до капітальних теплиць із автономними системами керування кліматом. За рівнем автоматизації, термоізоляційними властивостями та здатністю створювати оптимальні умови для росту і розвитку рослин споруди поділяються на парники, утеплений ґрунт і теплиці. У таких конструкціях важливим завданням є забезпечення стабільних умов середовища, зокрема температури, вологості, рівня освітлення та вентиляції. Однак у найпростіших теплицях, особливо на присадибних і дачних ділянках, де клімат регулюється переважно за рахунок природного сонячного нагріву, ці умови часто не підтримуються на належному рівні. Внаслідок цього рослини постійно перебувають у стресовому стані: вночі — через переохолодження, а вдень - через перегрів. Ці коливання особливо небезпечні у теплицях, розташованих у садових кооперативах чи на віддалених земельних ділянках, де власники мають змогу відвідувати об'єкт лише у вихідні. За таких умов оперативне втручання у регулювання мікроклімату стає неможливим, а середовище всередині теплиці часто істотно відхиляється від оптимального. Належне дотримання теплового режиму дозволяє, за оцінками агрономів, збільшити врожайність у 2–3 рази.

Для вирішення зазначеної проблеми на ринку представлено велику кількість комерційних систем автоматизованого керування мікрокліматом теплиць.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Наприклад, компанія Arleos пропонує рішення для автоматизації теплиць, включаючи управління освітленням, опаленням, поливом та вентиляцією, з можливістю дистанційного контролю через Wi-Fi . Компанія L-Control спеціалізується на виробництві контролерів та програмного забезпечення для автоматизації теплиць, надаючи рішення "під ключ" для сільськогосподарських підприємств. Perspekta пропонує сучасні системи автоматики і клімат-контролю, що дозволяють контролювати умови вирощування культур в теплиці незалежно від зовнішніх умов. Подібні системи є високоефективними і виправдані в умовах промислового тепличного господарства, де великі площі і значна капіталізація дозволяють компенсувати їхню високу вартість завдяки економії на персоналі й підвищенню обсягів продукції.

Водночас особливістю аграрної структури України є те, що понад 70 % населення забезпечує себе овочами в літньо-осінній період завдяки самостійному вирощуванню культур на присадибних ділянках. У цих умовах користувачі, як правило, не мають ані змоги постійно моніторити параметри середовища, ані фінансових ресурсів для встановлення дорогих систем автоматизації. Тому дачники часто використовують кустарні пристрої, як-от гідроциліндри для автоматичного відкриття кватирок при перегріві або системи пасивного крапельного поливу з ємностей із отворами. Однак такі рішення є ненадійними, малоефективними та чутливими до зношування: гідроциліндри часто виходять з ладу через протікання масла або знос ущільнювальних елементів, а температура спрацювання налаштовується емпірично без точного контролю.

У зв'язку з цим актуальним є створення доступної, енергоефективної та надійної системи автоматизованого керування основними параметрами мікроклімату теплиці - насамперед температурою та вологістю повітря. Така система має бути орієнтована на умови індивідуального використання, мати низьку вартість, модульну структуру та можливість інтеграції з мобільними пристроями для дистанційного моніторингу та керування.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Культури, що вирощуються в теплиці

Вирощування овочевих культур у теплицях є одним із найефективніших напрямів інтенсифікації рослинництва, що дозволяє подовжити вегетаційний період, захистити рослини від несприятливих погодних умов і забезпечити стабільні врожаї з високими якісними показниками. Тепличне господарство дає можливість створити контрольоване середовище, необхідне для повноцінного розвитку рослин, що особливо актуально в кліматичних умовах України з тривалим зимовим і нестабільним літнім періодом.

У теплицях закритого ґрунту вирощують широкий спектр сільськогосподарських культур. Найбільш поширеними є:

- овочеві культури: огірки, томати, перець солодкий, баклажани, редис, буряк, морква;
- зеленні культури: салати, кріп, петрушка, рукола, базилік, цибуля на перо, мікрогрін;
- ягідні культури: суниця садова, малина, ожина;
- квіткові та декоративні культури: тюльпани, троянди, хризантеми, петунії, герані.

Серед овочевих культур ключове місце займають огірки, томати та солодкий перець. Вони мають високу продуктивність, добрі смакові якості, стабільний попит на ринку і чутливо реагують на параметри мікроклімату. Їх вирощування детально регламентоване з агротехнічної точки зору, що робить ці культури найпоширенішими у професійному тепличному виробництві.

Вирощування огірків (*Cucumis sativus*).

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Огірок є вологолюбною і теплолюбною культурою з коротким періодом вегетації та високою врожайністю. Для його успішного вирощування в теплиці необхідно дотримуватись таких параметрів:

- температура повітря: вдень - 24–28 °С, вночі - не менше 18 °С;
- вологість повітря: 80–90 %, що забезпечує нормальний розвиток листової маси і плодоношення;
- освітлення: потребує яскравого, розсіяного світла; при дефіциті світла використовується штучне підсвічування;
- полив: регулярний, теплою водою, бажано крапельний;
- догляд: підв'язування, формування у одностеблову систему, пасинкування.

Вирощування томатів (*Solanum lycopersicum*).

Томати вирізняються високою теплолюбністю та світлолюбністю. Потребують точного регулювання умов середовища:

- температура: оптимально 22–26 °С вдень, 16–18 °С вночі;
- вологість: 60–70 %, з обов'язковою вентиляцією для запобігання грибковим хворобам;
- освітлення: до 14 годин світлового дня, застосування фітоламп;
- полив: помірний, без перезволоження;
- формування куща: в один або два стебла, пасинкування обов'язкове.

Вирощування солодкого перцю (*Capsicum annuum*).

Солодкий перець - культура, яка вимагає високих температур і вологості, не терпить протягів і температурних коливань:

- температура: вдень - 24–26 °С, вночі - не нижче 18 °С;
- вологість: 70–80 %, без надмірного зволоження;
- освітлення: добре переносить пряме сонячне світло, потребує інтенсивного освітлення;
- полив: регулярний, тепла вода, без застою;
- догляд: прищипування та пасинкування для стимулювання гілкування.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Ефективне вирощування зазначених культур у теплицях вимагає постійного моніторингу та підтримки мікрокліматичних умов. З огляду на залежність урожайності від температури, вологості, освітлення та вентиляції, впровадження автоматизованих систем керування мікрокліматом є доцільним і обґрунтованим навіть у малих господарствах. Це дозволяє стабілізувати умови вирощування, мінімізувати людський фактор та підвищити якість і кількість продукції.

1.2 Загальні відомості про теплиці

1.2.1 Виробники теплиць

Виробництвом теплиць займаються наступні підприємства.

Український ринок тепличних конструкцій представлений широким спектром виробників, які пропонують рішення для різних потреб - від приватних господарств до великих агропромислових підприємств. Нижче наведено аналіз основних вітчизняних виробників теплиць:

1. Профіль-М (Вінницька область) [1].

Компанія з понад 20-річним досвідом у виробництві теплиць для приватного та промислового використання. Пропонує широкий асортимент теплиць під полікарбонат та плівку, а також послуги з проектування та монтажу тепличних комплексів.

2. Фабрика теплиць "Грінхаус" (Київ) [2].

Виробник аркових теплиць та парників з оцинкованої сталі, що пропонує моделі під плівку та полікарбонат. Асортимент включає теплиці для початківців, досвідчених городників та фермерських господарств.

3. Нова Теплиця (Вінницька область) [3].

Завод теплиць, що спеціалізується на виготовленні теплиць з полікарбонату та плівки різних розмірів. Пропонує послуги з доставки та монтажу по всій Україні.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4. Київський завод теплиць і парників (м. Вишневе) [4].

Підприємство, що виробляє теплиці під полікарбонат, плівку та парники з агроволокна. Пропонує широкий вибір моделей та комплексний підхід до обслуговування клієнтів.

5. Еко теплиця (Київ) [5].

Компанія, яка займається будівництвом теплиць "під ключ", включаючи системи зрошення, опалення, вентиляції та освітлення. Пропонує теплиці будь-якого розміру з використанням сучасних технологій.

6. АТС Україна (Умань) [6].

Спеціалізується на будівництві промислових теплиць типу "Venlo" з використанням сучасних технологій та матеріалів. Здійснює комплексне проектування та монтаж тепличних комплексів.

Ці виробники забезпечують різноманітні рішення для тепличного господарства, що дозволяє обрати оптимальний варіант залежно від потреб та бюджету споживача.

1.2.2 Основні елементи теплиці

Конструкція теплиці включає набір ключових елементів, які забезпечують її стабільність, герметичність, функціональність і здатність підтримувати оптимальні умови для росту рослин. Розрізняють конструктивні елементи каркасу, світлопрозорого покриття, кліматичних систем, а також типові архітектурні вузли, характерні для тепличних споруд [7].

1. Каркас

Несуча основа теплиці, виготовлена здебільшого з оцинкованого металевого профілю, рідше - з алюмінію або армованого ПВХ. Каркас утворює геометрію споруди та визначає її міцність і стійкість. Основними елементами каркасу є:

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- ригель - горизонтальний елемент даху, що сполучає вертикальні стійки або арки;
- проліт - відстань між протилежними бічними стінками теплиці, яка впливає на світлопроникність і вентиляцію;
- лоток - вузол з'єднання покрівлі й вертикальної стінки, важливий для водовідведення;
- висота до лотка - вертикальна відстань від ґрунту до точки переходу стіни в покрівлю;
- висота до конька - максимальна висота конструкції від ґрунту до верхньої точки даху (конька);
- фрамуга - елемент покрівлі (кватирка), що відкривається для вентиляції повітря.

2. Світлопрозоре покриття

Це огорожувальні конструкції, які забезпечують доступ сонячного світла і захищають рослини від зовнішніх факторів. Типи покриття:

- плівкове - недороге, легке, але потребує частого оновлення;
- полікарбонатне - має добрі теплоізоляційні властивості, легкий монтаж, довговічність;
- скління - застосовується у стаціонарних промислових теплицях з високою світлопроникністю.

3. Фундамент

Фундамент забезпечує жорстке закріплення теплиці до основи та рівномірний розподіл навантажень. Залежно від маси конструкції застосовують:

- стрічковий бетонний фундамент;
- точкові фундаменти (бетонні стовпи);
- анкерне кріплення металевих теплиць.

4. Системи вентиляції

Правильна вентиляція дозволяє регулювати температуру, вологість і концентрацію CO₂. Основні типи:

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- фрамуги та бокові кватирки для природної вентиляції;
- примусова вентиляція з витяжними вентиляторами;
- автоматизовані системи з сервоприводами, що керуються датчиками температури або вологості.

5. Системи опалення

Опалення дозволяє вирощувати культури в міжсезоння та взимку. Типові варіанти:

- водяне (радіатори, теплі підлоги, контури);
- повітряне (теплогенератори, калорифери);
- інфрачервоне (ІЧ-лампи, панелі);
- альтернативні джерела (біомаса, теплові насоси).

6. Системи поливу та зрошення

Забезпечують подачу води відповідно до потреб культур:

- крапельний полив;
- верхнє дощування;
- аеропоніка або гідропоніка - у високотехнологічних системах.

7. Системи освітлення

У зимовий і похмурий періоди освітлення є критичним фактором для фотосинтезу. Застосовують:

- натрієві лампи (ДНаТ);
- світлодіодні фітолампи (LED);
- індукційні та галогенні джерела світла.

8. Системи автоматизації

Сучасні теплиці оснащуються системами автоматичного моніторингу та керування мікрокліматом, які включають:

- датчики температури, вологості, освітлення;
- контролери для керування вентиляцією, опаленням, поливом;
- можливість дистанційного керування через мобільні додатки або інтернет.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Комплексна інтеграція зазначених елементів дозволяє створити ефективне середовище для вирощування овочевих та інших культур із мінімальним впливом зовнішніх чинників. У подальших підрозділах буде розглянуто типову структуру теплиці, адаптованої для автоматизованого вирощування огірків, томатів і перцю.

1.2.3 Основні вимоги, що пред'являються до будівництва теплиць [8]

Будівництво теплиці - це інженерно-технологічний процес, який вимагає врахування низки конструктивних, агротехнічних та експлуатаційних факторів. Основною метою є створення оптимального середовища для росту рослин при мінімальних витратах енергії, ресурсів та праці. Нижче наведено основні вимоги, які регламентують проєктування та зведення тепличних споруд.

1. Конструктивна надійність і стійкість:

- теплиця повинна витримувати навантаження від вітру, снігу, дощу, а також власну вагу з урахуванням покриття й інженерних систем;
- розрахунки мають відповідати чинним будівельним нормам та стандартам, зокрема ДБН В.2.6-98:2009 [8];
- у місцях з інтенсивним снігопадом передбачають посилений каркас і додаткову опору конька.

2. Світлопроникність і енергоефективність:

- покриття має забезпечувати високу світлопроникність (не менше 80 %), рівномірне освітлення та захист від УФ-випромінювання;
- теплоізоляція повинна мінімізувати тепловтрати, особливо в осінньо-зимовий період;
- бажано орієнтувати теплицю по осі південь-північ для максимальної інсоляції.

3. Оптимальні мікрокліматичні умови:

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- конструкція має дозволяти ефективний контроль температури, вологості, вентиляції, освітлення та CO₂;

- повинна бути забезпечена можливість встановлення систем автоматизації (вентиляція, полив, обігрів).

4. Раціональна планувальна структура:

- ширина і висота теплиці повинні забезпечувати зручне розміщення грядок, обладнання, проходів і технічного обслуговування;

- проліт теплиці підбирають з урахуванням культивацийної техніки та типу культур (зазвичай 4, 6 або 8 м);

- наявність тамбурів, стелажів, штор та систем екранування є бажаною.

5. Довговічність і ремонтпридатність:

- всі матеріали повинні бути корозійно-стійкими, водостійкими та придатними до сезонної або капітальної заміни;

- важливо передбачити можливість швидкої заміни покриття або окремих модулів каркасу без демонтажу всієї споруди;

6. Економічність і доступність обслуговування:

- конструкція повинна бути енергоефективною та відповідати вимогам з енерго- й водозбереження;

- проєкт має враховувати не лише капітальні витрати, а й експлуатаційні витрати на опалення, освітлення та водопостачання.

7. Екологічність і безпека:

- матеріали не повинні виділяти шкідливих речовин при нагріванні;

- всі електричні та теплотехнічні системи повинні бути ізольовані відповідно до правил електробезпеки та санітарних норм.

Таким чином, сучасна теплиця - це інженерний об'єкт, який має відповідати комплексним технічним вимогам. Якість виконання цих вимог визначає ефективність вирощування рослин, економічну доцільність експлуатації та довговічність споруди. У наступних підпунктах буде розглянуто приклади реалізації цих вимог на практиці.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.3 Види теплиць

1.3.1 Теплиця окремо стояча з двоскатним дахом (рис.1.1) (лист [БРМА25.00.00.000ДО]).

Окремо стояча теплиця з двоскатним дахом є одним із найпоширеніших типів тепличних конструкцій, який широко застосовується як у приватних господарствах, так і в промисловому овочівництві (рис.1.1). Основною особливістю цієї теплиці є симетрична дахова система, що складається з двох скатів, з'єднаних по коньковій лінії. Така конструкція забезпечує ефективне відведення дощової та талої води, а також сприяє природній вентиляції теплиці через фрамуги або конькові кватирки.

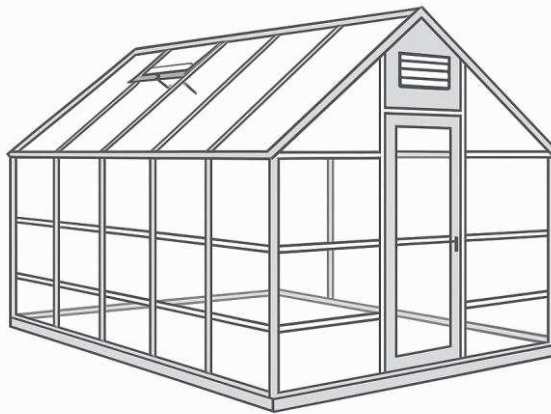


Рисунок 1.1 - Теплиця окремо стояча з двоскатним дахом

Каркас теплиці зазвичай виготовляється з оцинкованих сталевих або алюмінієвих профілів, що забезпечує високу міцність, стійкість до корозії та тривалий термін експлуатації. Покриття може бути виконане з поліетиленової плівки, склопакетів або стільникового полікарбонату. Найбільш поширеним рішенням є полікарбонатне покриття завдяки його високим теплоізоляційним і світлопропусним властивостям, легкій вазі та довговічності.

Серед переваг даного типу теплиці слід виділити універсальність у використанні. Конструкція дозволяє ефективно вирощувати широкий спектр овоче-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

вих і ягідних культур, зокрема огірки, томати, перець, суницю тощо. Завдяки достатній висоті до конька (зазвичай 2,5–3,5 метра) забезпечується комфортне обслуговування рослин, зокрема високорослих. Також важливою перевагою є добра освітленість внутрішнього простору, оскільки двоскатна форма забезпечує рівномірне проникнення природного світла впродовж дня. Конструкція легко адаптується до встановлення систем автоматизованого поливу, вентиляції, обігріву та освітлення, що дозволяє створити стабільний мікроклімат і підвищити врожайність.

До недоліків слід віднести дещо більші витрати на будівництво порівняно з арковими або прибудованими теплицями. Окремо стоячі двоскатні теплиці вимагають надійного фундаменту, особливо в зонах з сильним вітровим або сніговим навантаженням. Також у разі неефективної теплоізоляції можливі додаткові втрати тепла, що потребує встановлення сучасних енергозберігаючих матеріалів або обладнання.

Цей тип теплиці широко застосовується в аграрному секторі: від невеликих фермерських господарств до навчально-дослідних теплиць і промислових тепличних комплексів. Компанії «Профіль-М» та «ЕКО ТЕПЛИЦЯ» пропонують готові теплиці з двоскатною покрівлею, адаптовані до умов експлуатації в Україні, з можливістю інтеграції автоматизованих систем управління мікрокліматом. Така конструкція поєднує простоту, функціональність і високу ефективність при вирощуванні тепличних культур.

1.3.2 Пристінна теплиця з двоскатним дахом (рис.1.2) [10]

Пристінна теплиця з двоскатним дахом є компактним і економічно вигідним варіантом конструкції, що монтується безпосередньо біля зовнішньої стіни будівлі або споруди (житлового будинку, гаража, сараю тощо). Такий тип теплиць дозволяє ефективно використовувати вільний простір у господарстві та

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

зменшити втрати тепла, оскільки одна зі стін споруди виконує роль зовнішньої стінки теплиці.



Рисунок 1.2 – Пристінна теплиця з двоскатним дахом

Каркас пристінної теплиці виготовляється з тих самих матеріалів, що й для окремо стоячих конструкцій - оцинкованого металу, алюмінію чи дерева. Покриття зазвичай виконане з плівки або стільникового полікарбонату. Двоскатний дах утворюється за рахунок симетричного нахилу обох скатів до зовнішніх меж теплиці. Коньок розташовується вздовж центральної осі, паралельно до стіни будівлі, і найчастіше обладнується вентиляційними фрамугами або кватирками.

Основною перевагою такої конструкції є зменшення теплових втрат: стіна, до якої прилягає теплиця, частково акумулює тепло й захищає конструкцію від вітру. Крім того, спрощується підведення комунікацій (електропостачання, опалення, водопостачання), що дозволяє знизити витрати на обслуговування. Також зменшується об'єм фундаментних робіт - достатньо виконати стрічкову основу або просте кріплення до вже існуючого фундаменту.

До недоліків слід віднести обмеженість у розмірах та обов'язкову орієнтацію за сторонами світу: бажано, щоб прозора стіна теплиці була звернена на південь або південний схід. Недостатня освітленість із боку глухої стіни може потребувати встановлення додаткового штучного освітлення.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Пристінні теплиці з двоскатним дахом найчастіше використовуються в умовах обмеженої території, в міських господарствах або приватному секторі, де потрібно мінімізувати витрати на будівництво та експлуатацію. Вони можуть бути як сезонними, так і цілорічними при умові наявності джерел тепла і вентиляції.

1.3.3 Пристінна теплиця з односкатним дахом (рис.1.3) [10]

Пристінна теплиця з односкатним дахом є однією з найбільш простих, економічних і зручних конструкцій для вирощування овочевих культур, зелені або розсади в умовах обмеженого простору. Така теплиця прилягає до капітальної будівлі (житлового будинку, сараю, гаража тощо), використовуючи її стіну як частину власної огорожувальної конструкції. Це дозволяє значно зменшити тепловтрати і спростити підведення інженерних комунікацій (вода, електроенергія, тепло).



Рисунок 1.3 - Пристінна теплиця з односкатним дахом

Каркас теплиці виготовляється з металевого оцинкованого профілю або легких труб прямокутного перерізу, що забезпечує жорсткість і довговічність конструкції. В якості світлопрозорого покриття зазвичай застосовують стільниковий полікарбонат або поліетиленову плівку. Дах має односкатну форму з на-

хилом від стіни будівлі в бік відкритого простору, що сприяє ефективному стоку дощової води та спрощує встановлення фрамуг чи вентиляційних вікон для природної циркуляції повітря.

Основні переваги таких теплиць - низька вартість виготовлення, компактність, швидкість монтажу та можливість цілорічного використання. Завдяки тому, що одна зі стін конструкції є суміжною з будівлею, теплиця додатково обігривається, особливо якщо розміщена з південного боку. Це дозволяє подовжити вегетаційний період або вирощувати культури за знижених температур зовнішнього повітря.

До недоліків односкатної пристінної теплиці належить обмеження в розмірах - зокрема по ширині, що ускладнює вирощування високорослих культур або використання техніки всередині. Також можлива нерівномірність освітлення: зона біля стіни отримує менше сонячного світла, що може вимагати додаткового освітлення.

Цей тип теплиці особливо популярний серед власників приватних садиб, дач і фермерських господарств, які прагнуть максимально ефективно використовувати площу біля господарських споруд.

1.3.4 Арочна теплиця (рис.1.4) [11]

Арочна теплиця є однією з найпоширеніших і найбільш економічно ефективних конструкцій серед усіх типів тепличних споруд. Основною ознакою цієї теплиці є її напівциліндрична (аркова) форма, яка забезпечує добру аеродинаміку, стійкість до вітрових і снігових навантажень, а також рівномірне освітлення внутрішнього простору.

Каркас арочної теплиці складається з зігнутих дугоподібних рам, виготовлених переважно з оцинкованих сталевих або алюмінієвих труб. У простих побутових теплицях зазвичай використовують труби діаметром 20–25 мм. Арки з'єднуються горизонтальними перемичками, що забезпечують конструктивну

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

жорсткість. Покриття може бути виконане з поліетиленової плівки або стільникового полікарбонату. Полікарбонат має вищу вартість, але значно перевершує плівку за показниками довговічності, теплоізоляції та стійкості до ультрафіолету.



Рисунок 1.4 – Арочна теплиця

Серед переваг арочних теплиць: мінімальні витрати матеріалів при достатній жорсткості каркасу; проста й швидка збірка без потреби в складному фундаменті; хороше природне освітлення за рахунок відсутності кутових тіней; можливість легкої адаптації під крапельне зрошення, вентиляцію та обігрів; ефективний стік води і снігу з покрівлі завдяки вигнутій формі.

Разом із тим, арочна форма має певні обмеження. Зменшення корисної висоти поблизу бокових стін ускладнює встановлення вертикальних стелажів або вирощування високорослих культур по периметру. Також у невеликих теплицях шириною менше 3 м можуть виникати труднощі з вентиляцією при відсутності додаткових кватирок.

Арочні теплиці застосовуються як у присадибному городництві, так і в промисловому овочівництві - для вирощування огірків, томатів, полуниці, зелені, розсади. Вони можуть експлуатуватися сезонно або цілорічно, за умови оснащення системами обігріву.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.3.5 Багатокутна теплиця (рис.1.5) [12]

Багатокутна теплиця - це варіант тепличної споруди, що має геометричну форму з кількома гранями (зазвичай від шести до дванадцяти), які утворюють майже круглу або напівсферичну конфігурацію. Така конструкція вирізняється оригінальним зовнішнім виглядом, добрими аеродинамічними характеристиками та рівномірним розподілом сонячного світла протягом доби.



Рисунок 1.5 – Багатокутна теплиця

Каркас багатокутної теплиці зазвичай виготовляють із сталевих або алюмінієвих профілів, з'єднаних у вигляді рівномірно розташованих панелей. Світлопрозоре покриття виконується зі стільникового полікарбонату, рідше - зі скла чи армованої плівки. Покрівля може бути як багатогранною (з гранями), так і купольною. Конструкція допускає як симетричне, так і комбіноване розташування дверей, вентиляційних отворів і фрамуг.

Основні переваги багатокутної теплиці: ефективна інсоляція - завдяки великій кількості граней, поверхня теплиці рівномірно освітлюється з усіх боків; аеродинамічність - форма сприяє зменшенню вітрових навантажень, що актуально для відкритих ділянок; міцність - завдяки геометричній симетрії наванта-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

ження розподіляється рівномірно; естетичний вигляд - купольна або багатогранна форма добре інтегрується в ландшафт присадибної ділянки; енергоефективність - менше втрат тепла завдяки скороченій поверхні в порівнянні з прямокутними формами однакової площі.

Разом із тим, багатокутні теплиці мають і певні недоліки. Зокрема, складність виготовлення каркасу, більша кількість з'єднань, а також ускладнення при монтажі та підгонці елементів покриття. Для великих теплиць такого типу можуть знадобитися спеціальні кріплення, шаблони та точне проєктування.

Багатокутні теплиці найчастіше використовуються в умовах приватного господарства, на ландшафтних об'єктах, у демонстраційних та освітніх цілях. Вони придатні як для сезонного, так і для цілорічного вирощування культур — за умови забезпечення обігріву, вентиляції та поливу.

1.3.6 Куполоподібна теплиця (рис.1.6)

Куполоподібна теплиця - це інноваційний тип тепличної споруди, що має геодезичну або сферичну форму. Основною особливістю цієї конструкції є її просторове геометричне рішення, яке забезпечує рівномірне розподілення навантажень, максимальну світлопроникність та високу стійкість до вітрових і снігових впливів.



Рисунок 1.6 – Куполоподібна теплиця

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

23

Каркас куполоподібної теплиці складається з трикутних модулів, які об'єднуються у правильну геометричну сферу або частину сфери. Найчастіше каркаси виготовляють з металу (оцинкованого профілю або алюмінієвих труб), рідше - з дерева. Як покриття використовують стільниковий або монолітний полікарбонат, іноді - армовану плівку. Завдяки багатогранній формі покриття вдається мінімізувати тіні й забезпечити оптимальне освітлення внутрішнього простору з будь-якого кута падіння сонячного світла.

Переваги куполоподібної теплиці: міцність конструкції: геодезичний купол має високу стійкість до механічних навантажень, добре витримує сильний вітер і сніг; оптимальна інсоляція: сонячне світло рівномірно проникає всередину теплиці впродовж усього дня; енергоефективність: сферична форма зменшує площу зовнішніх стін, що знижує тепловтрати; природна вентиляція: форма сприяє формуванню ефективної циркуляції повітря, що позитивно впливає на мікроклімат; естетика і сучасність: незвична форма приваблює увагу та гармонійно виглядає в ландшафтному дизайні.

Недоліками куполоподібних теплиць є складність у проектуванні та монтажі, більша кількість стиків і вузлів, що вимагає високої точності під час виготовлення та збирання. Також обмежено використання вертикальних стелажів — через вигнуту форму стін простір біля периферії не повністю функціональний.

Куполоподібні теплиці все частіше використовуються не лише для вирощування овочевих культур, зелені, розсади, але й для створення зимових садів, ботанічних куточків, купольних оранжерей у приватному секторі, рекреаційних зонах або навчальних закладах.

1.4 Методи регулювання мікроклімату, водоспоживання і живлення в закритому ґрунті

1.4.1 Фактори життя рослин і їх значення

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Ріст і розвиток рослин у теплиці залежать від комплексу зовнішніх чинників, які впливають на фотосинтез, водопоглинання, дихання та інші фізіологічні процеси. До основних регульованих факторів у закритому ґрунті належать:

Світло - забезпечує енергію для фотосинтезу. Для більшості культур потрібно 12–16 год освітлення на добу. У похмурі дні застосовують фітолампи (LED, ДНаТ).

Температура - оптимальний діапазон: 20–28 °С вдень, 16–18 °С вночі. Відхилення викликають стрес, уповільнення росту або хвороби.

Вологість повітря - має бути в межах 65–80 %. Надлишок сприяє розвитку грибків, а дефіцит - знижує фотосинтез і викликає в'янення.

Вуглекислий газ (CO₂) - оптимальна концентрація в теплицях 800–1000 ppm. Збагачення повітря підвищує врожайність до 20 %.

Вода - крапельне зрошення дозволяє точно дозувати вологу, уникати пересихання й перезволоження ґрунту.

Мінеральне живлення - забезпечує надходження макро- і мікроелементів. Найефективніша форма - фертигація.

Субстрат - повинен бути структурованим, повітропроникним, з нейтральним рН (5.5–7.0). Часто використовують кокос, торф, перліт або мінеральну вату.

Раціональне керування цими факторами за допомогою автоматизованих систем дозволяє створити оптимальний мікроклімат і забезпечити стабільну врожайність у закритому ґрунті.

1.4.2 Оптимізація світлового режиму в закритому ґрунті

Світло є одним з головних факторів, що визначає інтенсивність фотосинтезу та, відповідно, темпи росту і врожайність рослин. У закритому ґрунті (теплицях) природне освітлення часто є недостатнім, особливо в осінньо-зимовий

період. Тому для підтримання оптимального світлового режиму застосовують різні методи штучного освітлення та регулювання інсоляції.

Оптимальні параметри освітлення:

- тривалість світлового дня для більшості овочевих культур має становити 12–16 годин;
- інтенсивність світла вимірюється у люксах або мкмоль/м²·с (PAR-діапазон). Для розсади достатньо 6–10 тис. лк, для плодоносних культур — 15–20 тис. лк;
- спектральний склад світла має включати синій (450–470 нм) для росту листя і червоний (620–660 нм) для цвітіння і плодоношення.

Засоби оптимізації світлового режиму.

1. Штучне освітлення. Найбільш поширені джерела - світлодіодні (LED) фітолампи, які забезпечують економічне та ефективне освітлення з необхідним спектром.

2. Натрієві лампи високого тиску (ДНаТ) - дають високу інтенсивність, але мають великий тепловий ефект.

3. Індукційні лампи та люмінесцентні - застосовуються рідше через меншу ефективність.

4. Автоматизація освітлення. Сучасні контролери дозволяють регулювати час, інтенсивність і спектр освітлення залежно від фази розвитку рослин.

Допоміжні методи:

- використання відбивних поверхонь (фольга, білий агроволок) для підвищення рівномірності освітлення;
- контроль прозорості покриття теплиці. Забруднення чи старіння матеріалу знижує рівень природного світла на 20–30 %;
- сезонне коригування розташування культур відповідно до куту падіння сонячного світла.

Оптимізація світлового режиму є ключовим фактором підвищення продуктивності теплиць, особливо при вирощуванні культур у короткоденному або зимовому циклі.

1.4.3 Оптимізація теплового режиму в закритому ґрунті

Температура повітря і ґрунту є критично важливими чинниками для нормального росту, розвитку та плодоношення рослин у закритому ґрунті. Кожна культура має свій оптимальний температурний діапазон, вихід за межі якого викликає фізіологічний стрес, затримку розвитку або зниження врожайності. У теплицях створення і підтримання стабільного теплового режиму є необхідною умовою для отримання якісної продукції.

Оптимальні температурні діапазони.

Для більшості овочевих культур у період вегетації температура повітря має становити:

- вдень - 20–28 °С,
- вночі - 16–18 °С.

Температура ґрунту - 18–22 °С для нормального функціонування кореневої системи. Коливання температури понад 10 °С між ніччю і днем призводить до зниження імунітету рослин.

Методи регулювання теплового режиму.

Обігрів:

- водяне опалення (теплові контури з циркуляцією гарячої води);
- повітряне опалення (теплогенератори, калорифери);
- інфрачервоні обігрівачі - створюють локальні теплі зони.
- кабельні або плівкові системи підігріву ґрунту - використовуються на початку сезону або для розсади.

Охолодження:

- природна вентиляція - кватирки, фрамуги, торцеві двері;

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- примусова вентиляція - витяжні вентилятори з термореле;
- затінення - сітки, побілка плівки або автоматичні штори.

Система туманоутворення або випарного охолодження - знижує температуру повітря при підвищеній вологості.

Автоматизація теплового контролю.

Сучасні теплиці обладнують датчиками температури, які з'єднані з контролерами, що автоматично керують вентиляцією, обігрівом, затіненням та сигналізацією при критичних відхиленнях.

Теплоізоляція:

- зменшення тепловтрат досягається за рахунок багат шарового полікарбонату, герметичних стиків, термоштор, утеплення фундаменту;
- оптимальний тепловий режим забезпечує інтенсивне поглинання поживних речовин, рівномірний розвиток культур та подовження вегетаційного періоду, особливо в зимово-весняний період.

1.4.4 Оптимізація водного режиму в закритому ґрунті

Раціональне водопостачання є одним із ключових чинників забезпечення нормальної життєдіяльності рослин у теплицях. Вода бере участь у фотосинтезі, транспортуванні мінеральних речовин, охолодженні та підтримці тургору клітин. Умови закритого ґрунту потребують точного регулювання як обсягів, так і способу подачі вологи, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до розвитку хвороб, дефіциту або надлишку поживних елементів.

У закритому ґрунті найчастіше застосовуються крапельне зрошення, субстратне зволоження, туманоутворення та зрошення по листю. Серед них крапельне зрошення є найбільш ефективним, оскільки забезпечує подачу води безпосередньо до кореневої зони з мінімальними втратами. До того ж, воно дозволяє комбінувати полив із фертигацією - одночасним внесенням добрив разом з водою.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Обсяг і частота поливу залежать від фази розвитку рослин, типу ґрунту або субстрату, температури повітря і рівня освітленості. Для більшості овочевих культур рекомендовано підтримувати вологість ґрунту на рівні 70–80 % від повної польової вологоємності. Надмірне зволоження спричиняє кисневе голодування коренів і розвиток гнилей, тоді як дефіцит води веде до в'янення, зменшення транспірації та порушення засвоєння поживних речовин.

У сучасних тепличних комплексах широко використовуються автоматизовані системи поливу, які працюють за сигналами з вологомірів, датчиків температури й вологості повітря, контролерів часу або програмованих циклів. Це дозволяє уникнути людського фактора і підтримувати стабільний гідротермічний режим.

Важливо також контролювати якість поливної води — вона має бути чистою, з нейтральним або слаболужним рН (6.0–7.5) і низькою мінералізацією. Вода з високим вмістом солей призводить до засолення субстрату і порушення обміну речовин у рослин.

Таким чином, оптимізація водного режиму у теплицях є комплексним завданням, що передбачає врахування біологічних потреб культур, технічних можливостей зрошувальної системи та екологічних характеристик води. Впровадження автоматизованих та енергоощадних технологій дозволяє досягти високої продуктивності при мінімальних витратах водних ресурсів.

1.5 Різновиди опалення в теплицях

Забезпечення стабільного температурного режиму в теплицях у холодну пору року є важливою умовою безперервного вирощування рослин. Опалювальні системи в тепличних спорудах відрізняються за джерелом енергії, принципом дії, типом теплоносія, способом розподілу тепла та рівнем автоматизації. Вибір конкретного виду обігріву залежить від площі теплиці, кліматичних умов регіону, вирощуваних культур та економічної доцільності.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеним є водяне опалення, при якому теплоносієм виступає гаряча вода, що циркулює трубопроводами, розміщеними вздовж стін, під стелажми або у ґрунті. Джерелом тепла можуть бути газові, електричні або твердопаливні котли. Така система забезпечує рівномірне прогрівання повітря і ґрунту, але вимагає значних капіталовкладень у монтаж та обслуговування.

Повітряне опалення передбачає використання теплогенераторів (калориферів), які нагрівають повітря і подають його у теплицю через вентиляційні канали. Цей тип опалення має високу швидкодію та підходить для невеликих теплиць або локального обігріву певних зон. Його недоліком є нерівномірний розподіл температури та пересушування повітря.

Для локального обігріву часто застосовують інфрачервоні обігрівачі, які передають тепло за рахунок випромінювання, нагріваючи поверхні, а не повітря. Вони дозволяють підтримувати комфортний мікроклімат для рослин без значних енерговитрат, але обмежені в зоні дії.

У сучасних умовах все більшого поширення набувають кабельні та плівкові системи підігріву ґрунту, які використовуються для прогрівання кореневої зони на ранніх етапах розвитку рослин або в розсадниках. Їх перевага — мінімальні тепловтрати, точкове застосування та можливість автоматичного контролю температури.

Як альтернативне джерело тепла використовують біологічне опалення — компост, гній або інші органічні матеріали, які виділяють тепло в процесі розкладання. Цей метод екологічний і недорогий, але потребує регулярного оновлення маси і контролю за температурою.

З урахуванням тенденцій енергоефективності все частіше застосовуються комбіновані системи опалення, які поєднують декілька способів нагріву (наприклад, водяне + інфрачервоне або повітряне + ґрунтове). Усі види опалення можуть бути інтегровані в автоматизовану систему керування мікрокліматом, що дозволяє забезпечити стабільність параметрів середовища за мінімальних енерговитрат.

Таким чином, правильний вибір типу опалення відповідно до умов експлуатації теплиці та агротехнічних вимог культур є важливою умовою отримання високих і стабільних урожаїв у закритому ґрунті.

1.6 Автоматизація технологічних процесів в захищеному ґрунті

1.6.1 Автоматизація обігрівання парників і теплиць

Згідно з НТП-СХ, у теплицях передбачається автоматичне регулювання температури, вологості повітря, температури ґрунту, води для поливу та розчинів добрив, а також вентиляції (фрамуги автоматично закриваються при швидкості вітру >10 м/с). Тепловий режим забезпечується автоматичними системами обігріву й вентиляції з точністю підтримання температури ± 1 °С, з урахуванням освітленості.

Для водного режиму використовують різні системи зрошення (надґрунтове, підґрунтове, крапельне). Поливна вода повинна мати температуру 20–25 °С. Живлення рослин здійснюється автоматичним дозуванням добрив з точністю $\pm 10\%$ за концентрацією і $\pm 0,1$ за рН. Газовий режим регулюється за вмістом CO_2 (0,1–0,35%), а швидкість повітря - на рівні 0,15 м/с. Штучне освітлення застосовується переважно для розсади, питома потужність - 100–300 Вт/м².

У парниках, де вирощують розсаду, часто використовують електрообігрів трубчастими або відкритими нагрівачами з питомою потужністю 100–200 Вт/м². Автоматичне керування температурою (рис. 1.7) здійснюється через магнітні пускачі, що вмикають/вимикають нагрівачі в залежності від показників температурних датчиків у повітрі та ґрунті.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

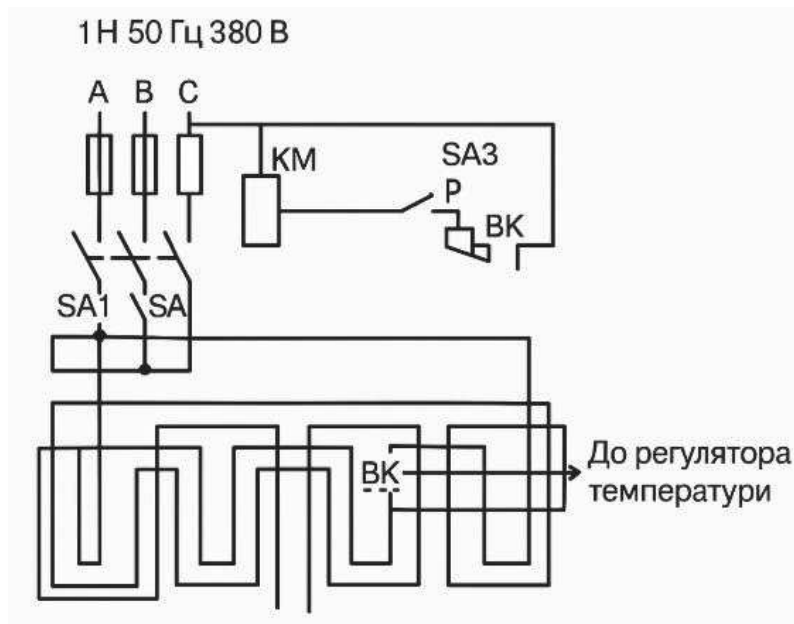


Рисунок 1.7 - Схема автоматичного керування температурою в парниках із ґрунтово-повітряним електрообігріванням

Система КП-1 (рис. 1.8, 1.9) дає змогу керувати температурою в парниках із повітряним і ґрунтовим обігрівом на площі до 0,5 га.

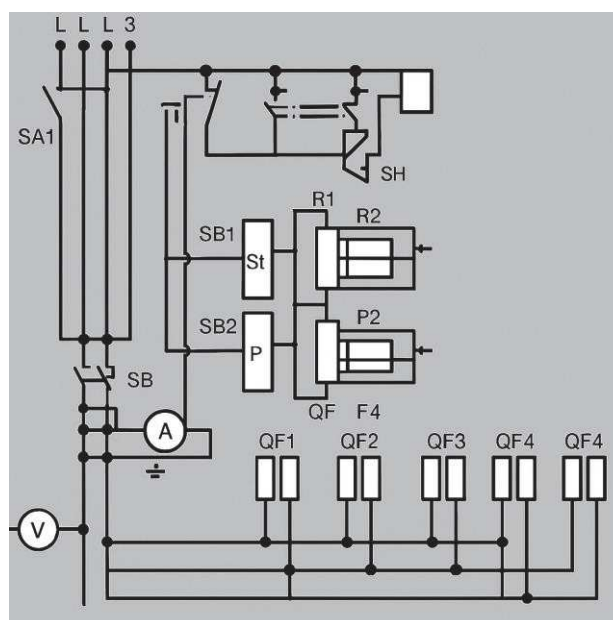


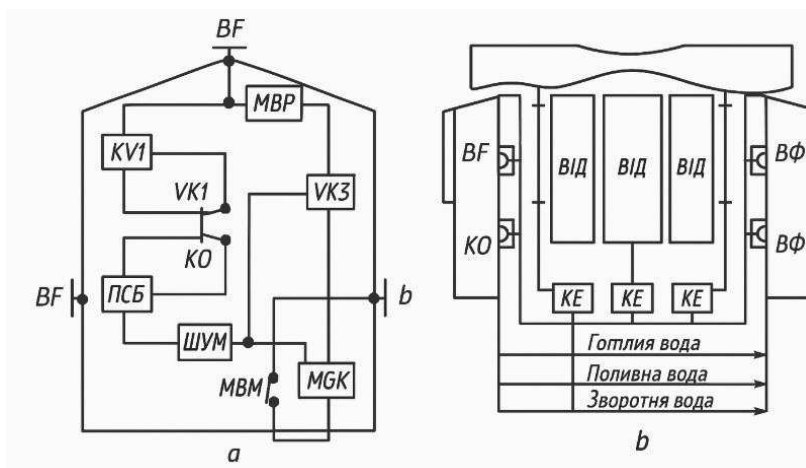
Рисунок 1.8 - Принципова електрична схема комплекту устаткування типу КП-1

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
32

Живлення - від ТМОБ-63 через понижуючі трансформатори зі зміною схеми живлення («зірка-зірка», «зірка-трикутник») та перемиканням напруг. Обладнання має точність регулювання температури до $\pm 1,5$ °С.



а – вигляд з боку, б – вигляд зверху

Рисунок 1.9 - Схема розміщення обладнання УТ-12 в теплиці:

1.6.2 Автоматичне керування мікрокліматом у теплицях

У сучасних ангарних теплицях застосовується комбінований обігрів: реєстри водяного обігріву ґрунту та повітря, калорифери для швидкого підігріву повітря, а також вентиляція через фрамуги. Зволоження виконується за допомогою розпилення води з форсунок, полив - дощувальними установками або шлангами. Температура води - 16–25 °С.

Комплекси УТ-12, СК-2, АМТ-600, ОРМ-1 здійснюють керування усіма параметрами мікроклімату в 12 відділеннях теплиці: температура повітря, ґрунту, води, вміст CO₂, освітлення, полив. УТ-12 забезпечує точність температурного регулювання $\pm 1,5$ °С і контроль осмотичного тиску розчинів з точністю $\pm 0,005$ МПа.

У шафах ШУ1–ШУ5 (рис. 1.9) розміщені САК (системи автоматичного керування) основними параметрами, пускозахисна апаратура насосів, електромагнітні клапани, панелі датчиків і блоки живлення. Схема електричного керу-

Україна", які пропонують як побутові, так і промислові конструкції з різними варіантами покриття та комплектації. Типологія конструкцій охоплює широкий спектр - від аркових і багатокутних до куполоподібних і пристінних варіантів, кожен з яких має свої переваги та обмеження у застосуванні.

Розглянуто основні елементи конструкції теплиці, включаючи каркас, світлопрозоре покриття, системи вентиляції, опалення, освітлення, поливу та автоматизації. Сформульовано основні технічні та агротехнологічні вимоги до будівництва тепличних споруд згідно з ДБН та НТП-СХ: надійність конструкції, енергоефективність, мікрокліматичний контроль, економічність і безпека.

Особливу увагу приділено аналізу методів підтримки оптимальних параметрів середовища у теплицях: світлового, теплового, водного режимів, мінерального живлення та CO₂.

Таким чином, системний підхід до вибору типу теплиці, її конструкції, інженерного оснащення та способів автоматизації технологічних процесів є критично важливим для підвищення ефективності вирощування овочевих культур у закритому ґрунті.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТЕПЛИЦІ

2.1 Вибір та опис конструкції теплиці

В якості об'єкту для розробки системи контролю мікроклімату була вибрана аркова теплиця приведена на рис.2.1.



Рисунок 2.1 – Теплиця аркового типу

2.1.1 Загальна характеристика конструкції аркової теплиці

Аркова теплиця представлена на рис.2.1 є однією з найбільш поширених і функціонально ефективних конструкцій для захищеного ґрунту. Такий тип теп-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
36

лиці широко використовується в приватних садибах, присадибних ділянках, невеликих фермерських господарствах та навіть в мікроагропромисловості. Її популярність пояснюється поєднанням низької вартості, простоти збірки, високої експлуатаційної надійності та оптимальних умов для вирощування сільськогосподарських культур.

Конструктивна схема теплиці передбачає наявність напівциліндричного склепіння, сформованого аркоподібними елементами каркасу, що рівномірно розміщені по довжині споруди. Така форма дозволяє зменшити опір повітряним потокам, ефективно відводити дощову й талу воду, а також мінімізує скупчення снігу в зимовий період.

Каркас теплиці виготовлено з оцинкованої сталевий труби діаметром 20–25 мм із товщиною стінки 1,2–1,5 мм, що забезпечує необхідну жорсткість, стійкість до корозії та довгий термін експлуатації навіть у вологому середовищі. Зварні або болтові з'єднання каркасних дуг і горизонтальних перемичок формують жорстку просторову конструкцію, здатну витримувати навантаження від снігу та вітру.

Світлопрозоре покриття виконано зі стільникового полікарбонату товщиною 4–6 мм - одного з найбільш ефективних сучасних матеріалів для теплиць. Його багатошарова структура з повітряними комірками створює тепловий бар'єр, що зменшує тепловтрати, одночасно забезпечуючи достатню світлопроникність (до 80 %) і захист від ультрафіолетового випромінювання.

Фундамент теплиці може бути спрощеним і виконуватись з дерев'яного бруса або металевий швелера з анкеруванням до основи. Для сезонної експлуатації допускається встановлення без фундаменту з фіксацією до ґрунту, але для підвищеної стабільності і герметичності доцільно використовувати стрічкову або точкову основу.

Типові розміри теплиці представленого типу становлять:

- довжина - 6 м;
- ширина - 3 м;

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- висота по коньку (центру) - 2 м.

Ці параметри дозволяють організувати дві грядки з центральним проходом, що забезпечує зручність обслуговування рослин.

2.1.2 Основні переваги аркової конструкції

Висока аеродинамічна стійкість: аркова форма зменшує тиск вітру на поверхню конструкції, що дозволяє знизити ризик деформації або руйнування при поривчастому вітрі. Завдяки відсутності плоских поверхонь сніг і дощ не затримуються на покрівлі, а природно стікають по вигнутій поверхні.

Рівномірне природне освітлення: напівциліндрична форма куполу забезпечує рівномірний розподіл світла по всьому внутрішньому об'єму теплиці. Відсутність різких кутів і тіньових зон позитивно впливає на фотосинтетичну активність рослин.

Простота монтажу: конструкція розрахована на збирання без використання спеціалізованої техніки. Для монтажу достатньо стандартного набору інструментів (шуруповерт, гайкові ключі), а окремі моделі постачаються з попередньо просвердленими отворами та інструкцією.

Доступність матеріалів: як каркасні елементи, так і полікарбонат є стандартними на ринку, легко замінюваними у разі пошкодження. Можливе також нарощення теплиці за модульним принципом.

Раціональне використання площі: конструкція дозволяє ефективно вирощувати низькорослі та середньорослі культури (огірки, перець, баклажани, салати), а також використовувати підвісні системи або шпалери для високорослих рослин.

Таким чином, аркова теплиця є оптимальним рішенням для приватного і фермерського вирощування овочевих культур в умовах помірного клімату. Вона забезпечує надійність, універсальність, добру світлопроникність і високу енергоефективність при невисоких витратах на будівництво. У подальших розділах

можна деталізувати технічні розрахунки з урахуванням площі покриття, об'єму повітряного простору, тепловтрат та потреби в обігріві.

2.2 Мета створення та призначення системи контролю мікроклімату

Мета створення системи контролю мікроклімату.

Основна мета створення системи автоматизованого контролю мікроклімату в теплиці полягає у забезпеченні оптимальних умов для вирощування сільськогосподарських культур незалежно від зовнішніх погодних впливів. Це досягається шляхом постійного моніторингу та регулювання ключових параметрів внутрішнього середовища: температури повітря і ґрунту, вологості, освітленості, вмісту вуглекислого газу та рівня зрошення.

До основних завдань системи належать:

1. Підтримання заданого режиму вирощування рослин відповідно до агротехнічних вимог конкретної культури (огірки, томати, перець тощо), що сприяє підвищенню врожайності та якості продукції.

2. Автоматизація процесів догляду за рослинами — зокрема систем поливу, вентиляції, обігріву, зволоження та штучного освітлення. Це дозволяє зменшити потребу у постійному перебуванні людини в теплиці та знизити навантаження на обслуговуючий персонал.

3. Реагування на зміни зовнішніх і внутрішніх умов — наприклад, при різкому зниженні температури або перегріві система автоматично вмикає обігрів або вентиляцію. Це захищає рослини від стресових ситуацій і забезпечує стабільні умови розвитку.

4. Зниження витрат ресурсів - води, електроенергії, добрив — завдяки точному дозуванню й адаптивному керуванню на основі фактичних потреб.

5. Можливість зберігання та аналізу даних з датчиків для подальшого оптимального планування вирощування культур та адаптації технологічного процесу.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Призначення системи контролю мікроклімату.

Система призначена для автоматичного або напівавтоматичного управління параметрами внутрішнього середовища в тепличному комплексі. Її функціональні можливості охоплюють такі напрямки.

1. Моніторинг і регулювання температури та вологості повітря, а також температури ґрунту відповідно до встановлених меж, специфічних для різних фаз розвитку культур.

2. Автоматичне керування виконавчими механізмами, такими як кватирки, вентилятори, електронагрівачі, насоси систем поливу, клапани подачі вуглекислого газу, фітолампи тощо.

3. Гнучке налаштування режимів мікроклімату для вирощування різних культур одночасно або поетапно в різних відділеннях теплиці (мультизональне керування).

4. Дистанційне керування через мобільні додатки або інтернет — оператор або власник теплиці може змінити параметри, перевірити стан системи або отримати повідомлення про критичні відхилення в режимі реального часу.

5. Забезпечення стабільності мікроклімату у випадках, коли присутність людини неможлива, наприклад, на дачних ділянках, що відвідуються лише у вихідні.

Таким чином, система контролю мікроклімату в теплицях не лише спрощує процес вирощування, а й виступає ключовим елементом сучасного ресурсоефективного агровиробництва, спрямованого на стабільність, прогнозованість і високий рівень технологічності.

2.3 Розробка і опис структурної схеми системи керування мікрокліматом теплиці

На рис. 2.2 (лист [БРМА25.00.00.000С2]) представлено структурну схему мікропроцесорної системи автоматизованого керування мікрокліматом теплиці.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Система призначена для моніторингу і підтримання параметрів середовища, зокрема температури, вологості повітря, вологості ґрунту і рівня освітленості, шляхом керування виконавчими пристроями. Вона складається з чотирьох основних функціональних блоків: сенсорного, обчислювального, виконавчого і інтерфейсного.

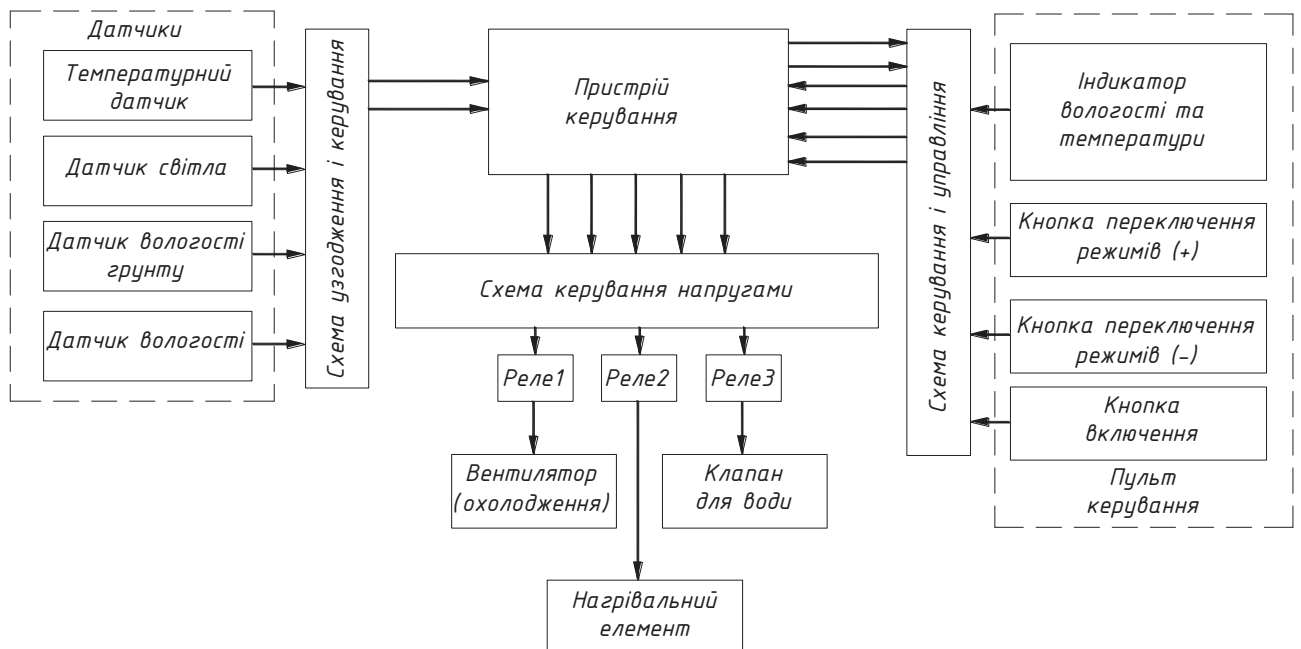


Рисунок 2.2 – Структурна схема мікропроцесорної системи

1. Блок сенсорного контролю

До складу входять:

- температурний датчик – вимірює температуру повітря в теплиці;
- датчик світла – дозволяє оцінювати рівень природного освітлення;
- датчик вологості повітря – контролює вологість середовища;
- датчик вологості ґрунту – забезпечує зворотний зв'язок про стан зволоження кореневої зони.

Дані з цих сенсорів надходять до схеми узгодження, де сигнали адаптуються до рівнів, придатних для обробки пристроєм керування.

2. Пристрій керування

Центральним елементом системи є мікропроцесорний контролер, який виконує такі функції:

- обробка інформації з датчиків;
- реалізація алгоритмів керування відповідно до заданих параметрів;
- передача команд на виконавчі елементи;
- взаємодія з оператором через пульт керування.

Контролер забезпечує замкнене регулювання температури, вологості та освітлення у відповідності до агротехнічних вимог.

3. Блок виконавчих елементів

Сигнали з контролера подаються на схему керування навантаженням, яка через релейні виходи керує:

- нагрівальним елементом (обігрів);
- вентилятором охолодження (вентиляція);
- електромагнітним клапаном подачі води (полив).

У схемі передбачено щонайменше три канали релейного керування (реле 1, реле 2, реле 3), кожен з яких відповідає за окремий виконавчий механізм.

4. Пульт керування та інтерфейс користувача

Пульт включає:

- індикатор температури та вологості (відображення поточних значень);
- кнопки перемикання режимів (ручний / автоматичний);
- кнопки керування нагрівом, поливом і вентиляцією;
- кнопка увімкнення/вимкнення системи.

Завдяки цьому користувач може як змінювати налаштування, так і здійснювати оперативний контроль параметрів теплиці.

Представлена структурна схема є основою для побудови ефективної, енергоощадної автоматизованої системи керування мікрокліматом у теплицях малого і середнього формату. Вона забезпечує надійне підтримання оптимальних параметрів середовища для вирощування культур, мінімізуючи

вплив людського чинника і покращуючи врожайність.

2.4 Розробка системи керування мікрокліматом теплиці

Опишемо мікропроцесорну систему керування мікрокліматом, що призначена для часткової автоматизації процесу вирощування овочевих культур у побутовій теплиці, конструкція якої наведена на рис.2.1. Застосування такої системи дозволяє забезпечити підтримання оптимальних параметрів навколишнього середовища без постійної участі оператора, що значно підвищує ефективність вирощування, знижує трудові витрати та мінімізує вплив людського чинника. Розроблений зразок буде апробовано в умовах реальної експлуатації в домашньому присадибному господарстві.

Для розробки схеми керування було обрано інтерактивне середовище моделювання Fritzing, що є спеціалізованою системою автоматизованого проектування (САПР), орієнтованою на платформу Arduino. Fritzing забезпечує зручний перехід від створення прототипу на макетній платі до виготовлення друкованої плати кінцевого пристрою [15]. Програмне середовище дозволяє візуалізувати електронні з'єднання у трьох режимах: монтажна плата (breadboard), принципова схема (schematic) та друкована плата (PCB), що забезпечує повний цикл розробки з апаратної точки зору.

Серед доступних елементів у Fritzing є макетні плати Arduino (UNO, Nano, Mega), аналогові та цифрові мікросхеми, резистори, конденсатори, діоди, датчики, кнопки, реле, світлодіоди, двигуни, дисплеї, джерела живлення тощо. Робоче поле програми підтримує перетягування компонентів мишкою, їх з'єднання провідниками, а також подальше налаштування властивостей. Таким чином, Fritzing ідеально підходить для розробки прототипів електронних систем автоматизації на основі Arduino.

Слоган Fritzing - «From prototype to product» — точно відображає її концепцію, яка полягає в доступному для широкого кола користувачів створенні реа-

льних робочих пристроїв із мінімальними витратами на апаратну розробку. На рис. 2.3 подано приклад базової схеми проекту на основі Arduino — програму “Blink”, яка є демонстрацією роботи мікроконтролера. Ця проста схема послужить основою для поступової реалізації повноцінної системи моніторингу та керування параметрами мікроклімату в теплиці.

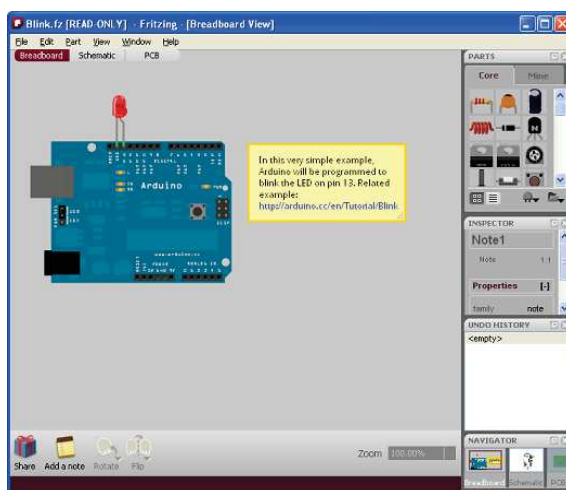


Рисунок 2.3 – Стандартний Blink програми Fritzing

Розроблена система управління мікрокліматом теплиці в програмному середовищі Fritzing представлена на рис.2.4 (лист [БРМА25.00.00.000С3]).

2.5 Вибір елементів системи керування мікрокліматом теплиці

2.5.1 Вибір контролера для системи керування

Центральним елементом системи автоматичного керування мікрокліматом теплиці є плата Arduino Mega 2560, зображена на рис. 2.4 (лист [БРМА25.00.00.000С3]). Вона побудована на базі мікроконтролера ATmega2560 і є розширеною версією популярної серії Arduino, сумісною з платами розширення для Uno або Duemilanove [16].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- частота: 16 МГц;
- вхідна напруга: 7–12 В (оптимально), до 20 В (макс.);
- інтерфейси: UART, SPI, I2C, ICSP;
- цифрові входи/виходи: 54, аналогові - 16;
- ШІМ-виводи: 15;
- струм на пін: до 40 мА.

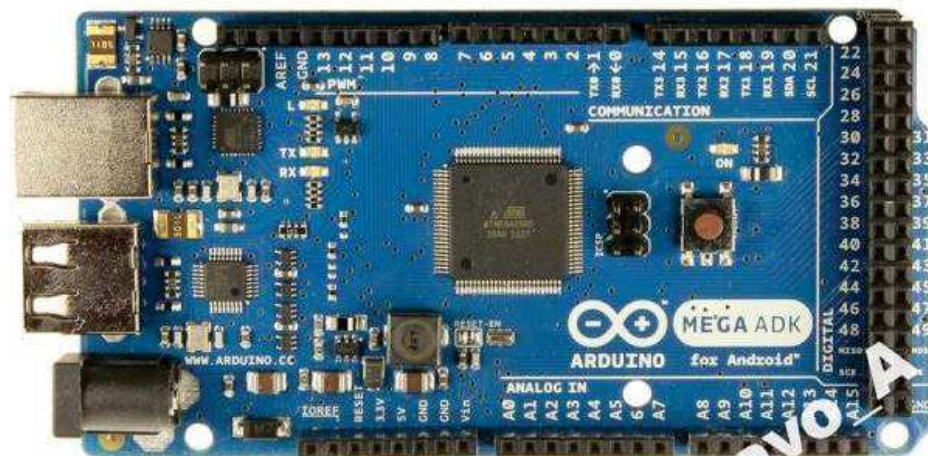


Рисунок 2.5 - Загальний вигляд контролера Arduino Mega

2.5.2 Вибір датчиків і модулів для підключення до Arduino Mega

Система передбачає автоматичний полив, контроль вологості, температури води, повітря та освітлення. Для цього до контролера підключено відповідні сенсори.

Датчик вологості ґрунту (рис. 2.6) виконано на базі мікросхеми LM393. Він має аналоговий і цифровий виходи, дозволяє оцінити вологість за зміною електропровідності між двома зондами. Під час калібрування встановлюється граничний рівень вологості [17].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------



Рисунок 2.6 - Датчик вологості ґрунту

Аналоговий термодатчик LM335Z (рис. 2.7) використовується для вимірювання температури води. Це термостабілітрон, у якого напруга змінюється на 10 мВ/К. Робочий діапазон - від -40 °С до +100 °С. Підключення вимагає резистора на 2.2 кОм [17].

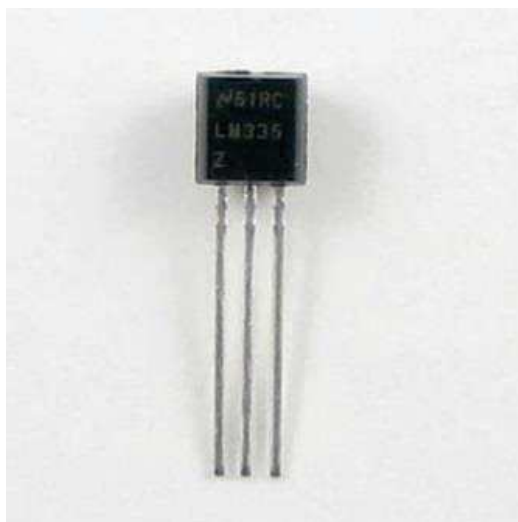


Рисунок 2.7 - Аналоговий термодатчик LM335Z

Схема підключення наведена на рис. 2.8.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
47

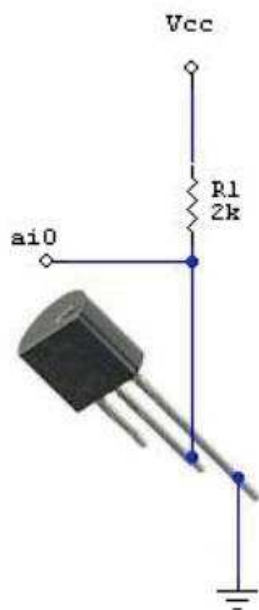


Рисунок 2.8 - Схема підключення термодатчика

Для визначення рівня освітленості використовується датчик BH1750 (рис. 2.9). Це високоточний цифровий сенсор, що працює через інтерфейс I2C і дозволяє вимірювати освітленість у люксах з високою точністю. В системі застосовується два таких сенсори, що дозволяє активувати полив у темний час доби [18].

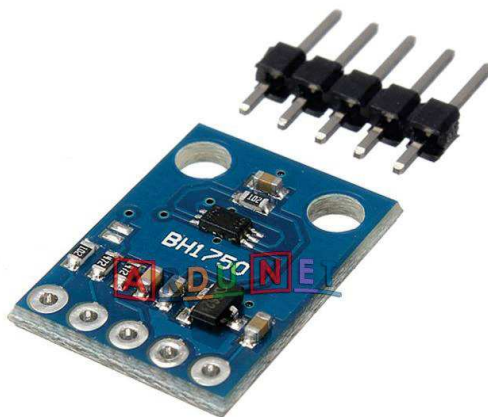


Рисунок 2.9 — Датчик світла Light Sensor-BH1750

Схема підключення - рис. 2.10.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

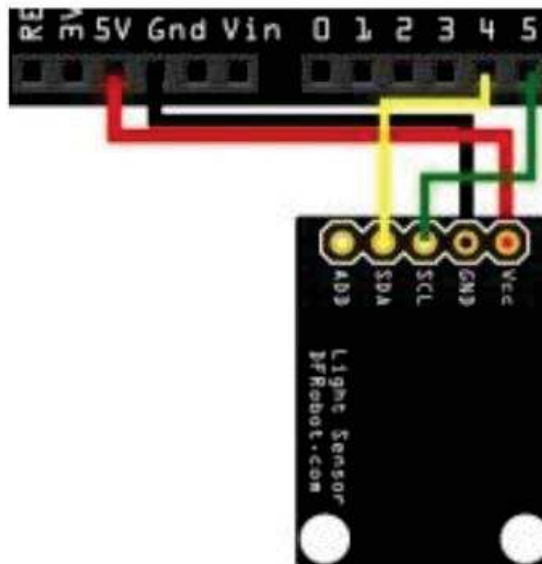


Рисунок 2.10 - Підключення датчика світла Light Sensor-BH1750

Для вимірювання температури та вологості повітря використовується датчик DHT11 (рис. 2.11) [19]. Працює через цифровий вихід і передає дані на відстань до 20 м. Має точність ± 2 °C і $\pm 5\%$ відповідно для температури і вологості.

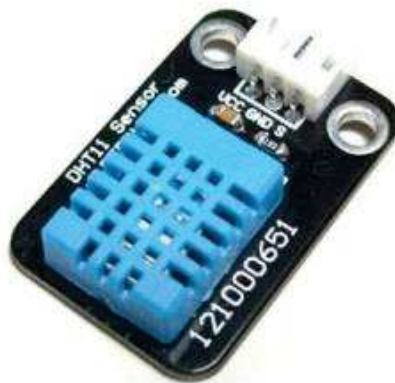


Рисунок 2.11 - Датчик температури і вологості DHT11

2.5.3 Вибір реле для керування навантаженнями

Для включення навантажень (електроклапанів, вентиляторів) використовується релейний модуль на основі реле SONGLE SRD-05VDC-SL-C (рис. 2.12) [20]. Реле підтримує комутацію до 10 А, 250 В AC або 30 В DC.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

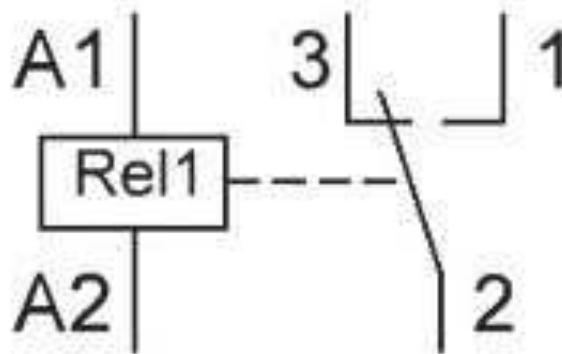


Рисунок 2.12 — Електрична схема реле

Одноканальний модуль підключається до Arduino через три виводи: VCC, GND та IN (рис. 2.13).

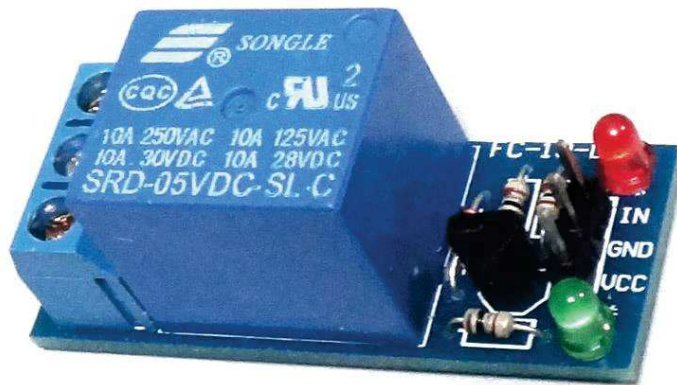


Рисунок 2.13 - Загальний вигляд одноканального модуля реле

2.5.4 Вибір сервоприводів

Для відкриття кватирок у режимі пасивного провітрювання використовуються сервоприводи Futaba T306 MG995 (рис. 2.14) [21]. Мають зусилля до 15 кг*см, живлення 4.8–7.2 В, габарити 40×19×43 мм. Для кожної кватирки використовується окремий сервопривід.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



Рисунок 2.14 - Сервопривод Futaba T306 MG995

2.5.5 Вибір карти пам'яті

Зчитані показники записуються на SD-карту, підключену через модуль DFRobot SD Card Module (рис. 2.15) [22]. Підтримує як SD, так і microSD-карти через перехідник. Працює з напругою 5 В, забезпечує збереження даних для подальшої обробки.



Рисунок 2.15 - Модуль SD-карт

2.5.6 Вибір LCD-дисплея

Для виводу параметрів мікроклімату в реальному часі використовується LCD-дисплей WH1602B на базі контролера HD44780 (рис. 2.16) [23]. Має роз-

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

дільну здатність 2×16 символів з підсвічуванням. Підключення здійснюється за допомогою 8-бітного інтерфейсу або через I2C адаптер.



Рисунок 2.16 - LCD-дисплей та схема підключення до Arduino

Схема підключення приведена на рис.2.17.

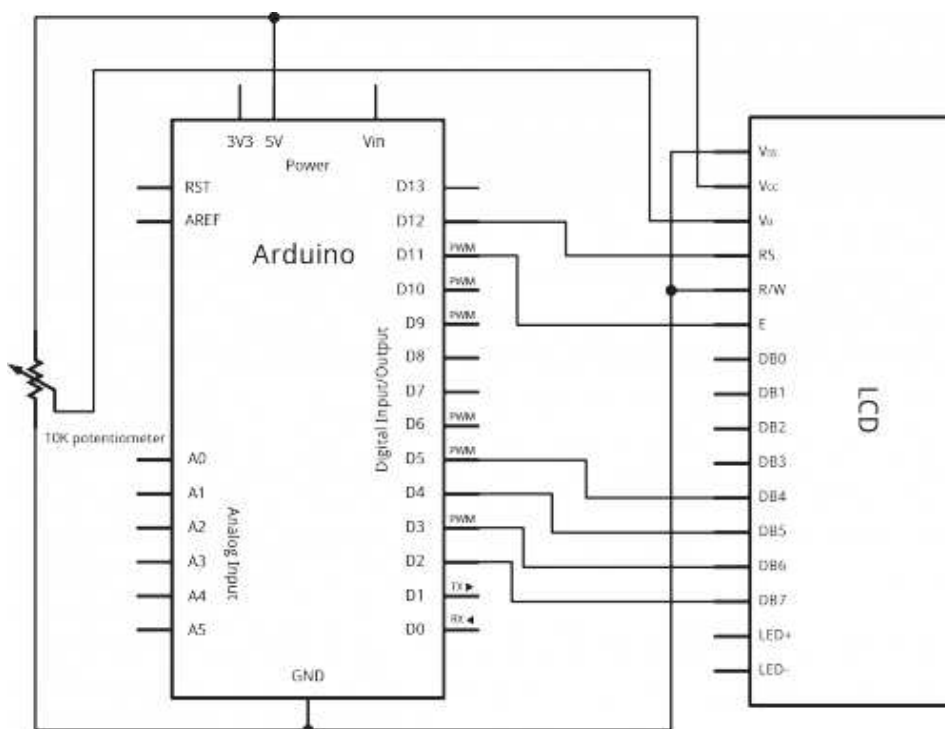


Рисунок 2.17 – Схема підключення LCD до Arduino

2.6 Зовнішній вигляд пристрою і схема зв'язків

Метою даного проекту є створення системи контролю мікрокліматом теплиці на базі мікроконтролера Arduino Mega.

Розроблена частина системи керування мікрокліматом теплиці без корпусу приведена на рис.2.18 (лист [БРМА25.00.00.000ДІ3]).

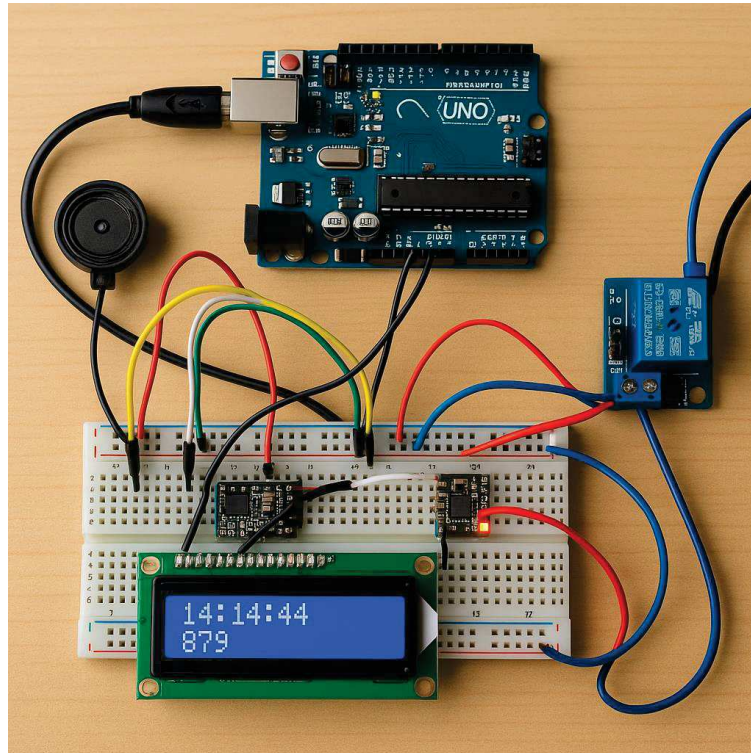


Рисунок 2.18 – Система керування мікрокліматом теплиці

Зовнішній вигляд розробленого пристрою і схема зв'язків показана на рис. 2.19 (лист [БРМА25.00.00.000ДІ1]).

На поданій схемі представлена функціональна структура пристрою для контролю та регулювання параметрів мікроклімату в теплиці. Центральною частиною є блок керування з цифровим дисплеєм, клавішами керування, індикаторами режимів та елементами виконавчої частини. Система реалізує контроль температури, вологості повітря, рівня освітлення, а також управління підігрівом, вентиляцією, поливом і відкриттям кватирок.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.

53

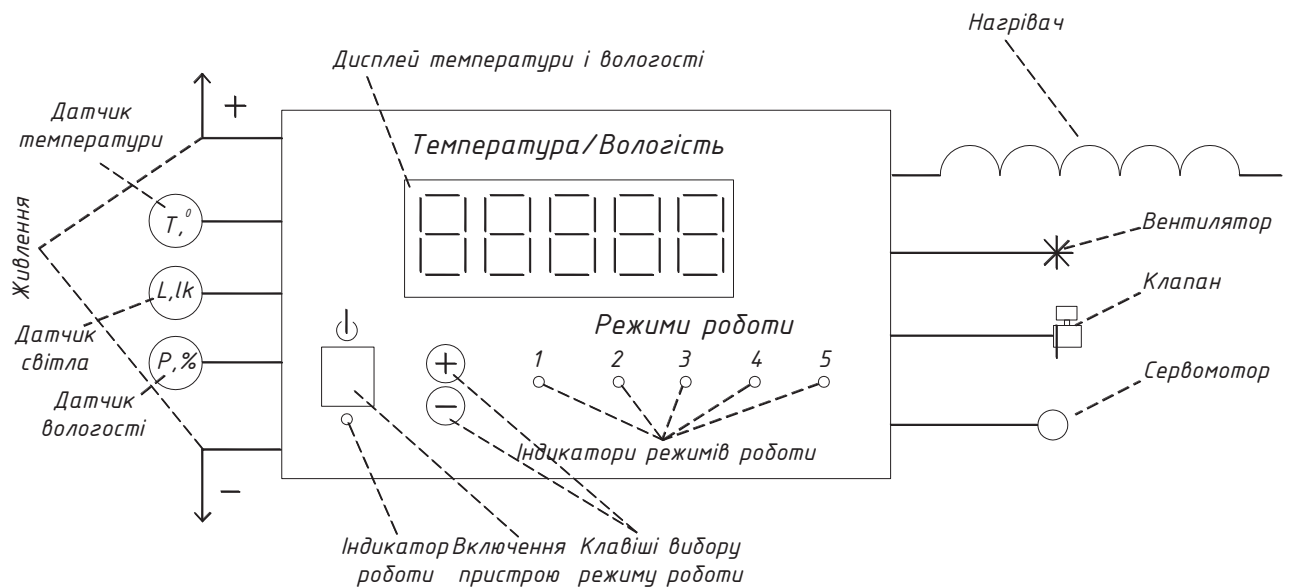


Рисунок 2.19 – Зовнішній вигляд пристрою і схема зв'язків

Основні компоненти:

- датчики:

- T – датчик температури - вимірює температуру повітря в теплиці;

- L – датчик освітлення (світла) - фіксує рівень природного освітлення;

- P – датчик вологості повітря або ґрунту - контролює рівень вологості.

Підключення датчиків відбувається через окремі входи з живленням.

Блок керування:

- дисплей температури і вологості - відображає актуальні значення, отримані з датчиків;

- клавіша ввімкнення живлення - подає живлення на систему, активуючи основні вузли;

- кнопки «+» та «-» - призначені для зміни режимів роботи;

- світлодіодні індикатори режимів роботи - відображають активний режим (від 1 до 5).

Виконавчі пристрої:

- нагрівач - вмикається для підвищення температури.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

- вентилятор - охолоджує повітря при перегріві або забезпечує повітрообмін;
- клапан - керує подачею води для поливу.
- сервомотор - забезпечує відкриття кватирок для природного провітрювання.

2.7 Порядок роботи з пристроєм

Крок 1. Увімкнення системи.

Пристрій необхідно під'єднати до постійного джерела живлення через відповідні контакти «Живлення». Натиснути кнопку увімкнення. Одразу ж засвітиться індикатор роботи пристрою, а на дисплеї з'являться актуальні значення температури та вологості, які передають відповідні датчики.

Крок 2. Автоматичний запуск.

Після активації система автоматично починає роботу. Активуються ті виконавчі елементи (нагрівач, вентилятор, клапан, сервомотор), які відповідають поточним умовам в теплиці. Наприклад:

- якщо температура нижча за встановлену - вмикається нагрівач;
- якщо вище - активується вентилятор;
- при нестачі вологи - відкривається клапан подачі води;
- при потребі вентиляції - сервомотор відкриває кватирку.

Крок 3. Режими роботи.

За замовчуванням система активується в 1-му режимі роботи, який містить базові значення температури та вологості (табл. 2.1). Для зміни режиму використовуються кнопки «+» та «-» на панелі керування:

- кожне натискання змінює режим (від 1 до 5);
- активний режим вказується засвічуванням відповідного світлодіода;
- при зміні режиму система автоматично адаптує порогові значення температури та вологості, відповідно активуючи або деактивуючи виконавчі

елементи.

Цей пристрій забезпечує частково автоматизоване керування мікрокліматом, зменшуючи потребу в постійному контролі та підвищуючи ефективність вирощування культур у захищеному ґрунті.

2.8 Функціонування системи керування мікрокліматом

Після увімкнення системи мікрокліматичного керування в теплиці здійснюється вибір типу вирощуваної культури, що дозволяє активувати один із попередньо заданих режимів роботи. Кожен із цих режимів містить індивідуальні параметри мікроклімату (температури, вологості повітря та ґрунту), оптимальні для відповідної культури, відповідно до значень, наведених у таблиці 2.1.

Після вибору режиму система переходить до цифрового моніторингу температури. Значення, отримане з температурного датчика, виводиться на індикатор температури, де виконується його порівняння з заданим пороговим значенням. У разі відхилення температури від допустимого діапазону система приймає відповідне керуюче рішення:

- якщо температура нижча за задану норму - активується нагрівальний елемент;
- якщо температура перевищує норму - вмикається вентиляційний пристрій або відкривається кватирка за допомогою сервомеханізму.

Далі проводиться зчитування поточних значень вологості повітря або ґрунту (в залежності від типу датчика), які також виводяться на дисплей. За результатами аналізу цієї інформації система приймає рішення щодо необхідності зрошення. Якщо рівень вологості нижчий за встановлений поріг, здійснюється включення електромагнітного клапана, що забезпечує подачу води до поливної системи.

Таким чином, система працює в замкнутому циклі автоматичного

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

контролю мікрокліматичних параметрів, адаптуючи свою роботу під конкретну культуру, що забезпечує стабільні умови для її росту та розвитку.

Таблиця 2.1 – Режими роботи системи

Режим	Вирощувана культура	Температура повітря, °C		Вологість, %
		Min	Max	
1	томат	17	22	30-60
2	огірок	19	23	60-80
3	перець	18	21	35-65
4	троянди	21	24	70-90
5	баклажани	25	30	40-65

2.9 Розробка алгоритмів роботи програми

Базовий алгоритм роботи програми наведено на рис.2.20.

Алгоритм реалізує логіку прийняття рішень на основі показників із датчиків вологості ґрунту, температури, освітлення, рівня води тощо.

Опис основних етапів алгоритму:

Початок роботи системи.

Система запускається й переходить у режим безперервного моніторингу стану мікроклімату.

Перевірка вологості ґрунту.

Якщо ґрунт вологий, переходимо до аналізу часу доби.

Якщо ґрунт сухий, перевіряється рівень води в баку:

- якщо рівень води нормальний, включається насос і виконується чекання до зволоження;

- якщо рівень недостатній - сповіщення про необхідність поповнення води та завершення циклу.

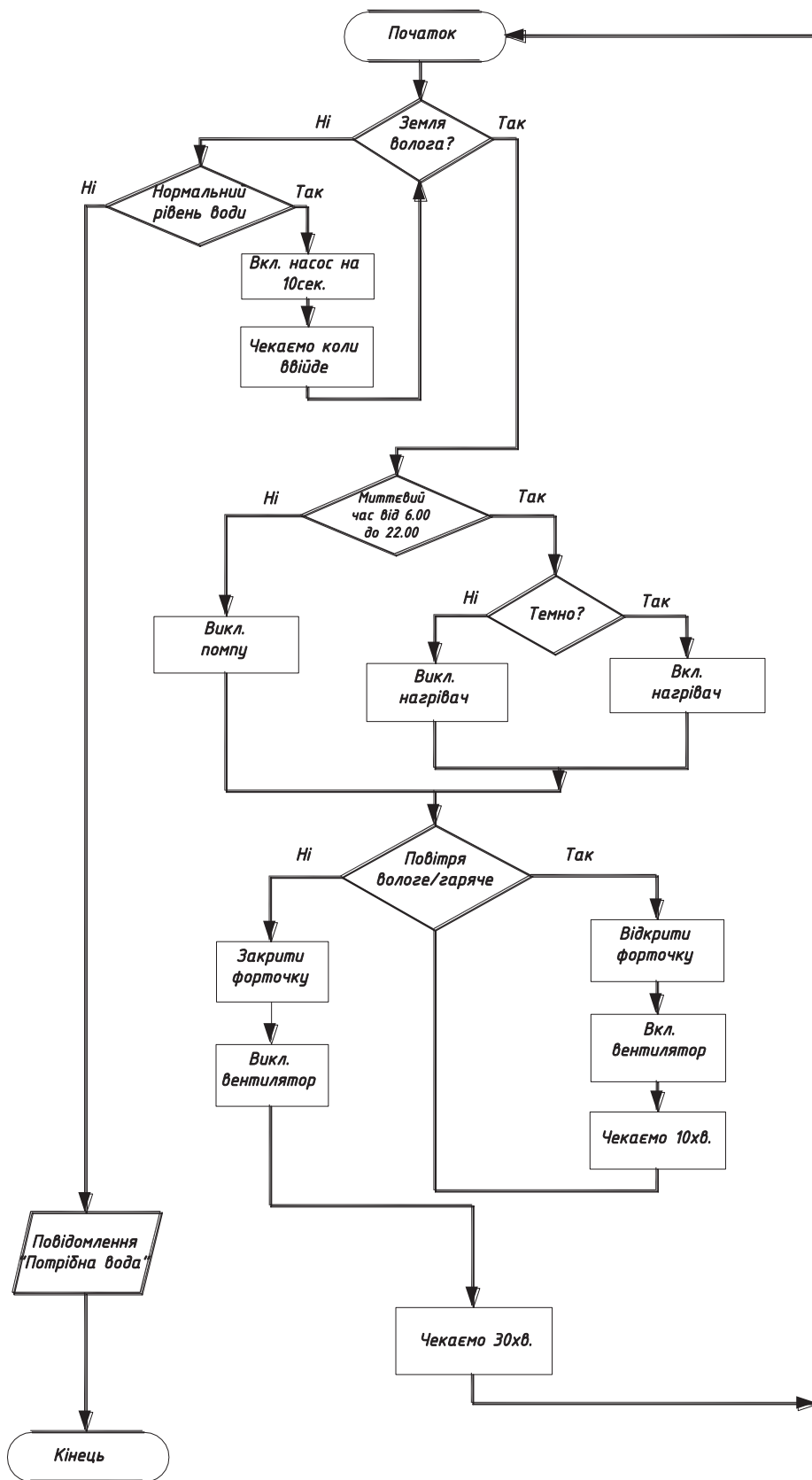


Рисунок 2.20 – Базовий алгоритм роботи програми

Аналіз часу доби.

Якщо поточний час між 6:00 і 22:00, перевіряється освітленість:

- якщо темно, активується нагрівач;

- якщо світло, нагрівач не вмикається;

- якщо час не входить у діапазон, насос поливу не вмикається (економія води вночі).

Контроль температури повітря.

Якщо температура вища заданого значення, система ініціює відкриття кватирки та включення вентилятора.

Якщо температура нормальна, виконується закриття кватирки та вимикання вентилятора.

Чекання стабілізації (затримка для досягнення ефекту).

Система очікує стабілізації умов перед новим циклом перевірки.

Циклічність.

Після завершення перевірки всіх параметрів цикл повторюється з початку.

Цей алгоритм дозволяє автоматизувати процеси зволоження, обігріву та вентиляції теплиці, забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин з мінімальним втручанням людини. Він враховує рівень вологості, температуру, освітленість і доступність води, діючи лише за потреби.

2.10 Загальний вигляд пристрою для керування температурно-вологісними характеристиками теплиці

Загальний вигляд пристрою для керування температурно-вологісними характеристиками теплиці наведено на рис.2.21 (лист [БРМА25.00.00.000ДІ2]), який є частиною автоматизованої системи управління температурою, вологістю, освітленням та вентиляцією. Корпус пристрою виконаний у компактному прямокутному дизайні з зеленого пластику з чітко промаркованими елементами інтерфейсу користувача та надрукований на 3D принтері.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1-корпус; 2-розєм; 3-рідкокристалічний екран; 4-індикатор; 5-кнопка
включення-виключення

Рисунок 2.21 - Загальний вигляд пристрою для керування температурно-вологісними характеристиками теплиці:

Основні елементи конструкції:

1. Центральна панель

Цифровий дисплей 7-сегментного типу (4 або 5 розрядів), що відображає поточні значення температури або вологості.

Надпис: «Температура/Вологість» - вказує на тип параметрів, що виводяться.

Система індикації режимів:

- світлодіоди - індикатори активних режимів (позначені цифрами 1–4);
- підпис "Індикатори" розташований прямо над ними.

Кнопка живлення з піктограмою ввімкнення - дозволяє запуск системи.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА25.00.00.000 ПЗ

Арк.
60

2. Інтерфейс вибору режимів

Нижче індикаторів розміщено напис «Режими роботи», який вказує на призначення кнопок режимів.

3. Бокові підключення (лівий бік) - Вхідні датчики

Температура - підключення температурного датчика.

Освітлення - підключення датчика освітлення.

Вологість - підключення ґрунтового датчика вологості.

Кожен роз'єм має підпис, розташований навпроти відповідного входу.

4. Бокові підключення (правий бік) - Виконавчі елементи

Вентилятор - керування вентиляцією (активне охолодження).

Клапан - електромагнітний клапан для системи поливу.

Сервомотор - приводи для відкриття/закриття фрамуг або шторок.

Призначення пристрою:

Даний контролер дозволяє автоматично керувати мікрокліматом у теплиці залежно від показників датчиків і заданого режиму. Він забезпечує:

- моніторинг температури та вологості з відображенням на екрані;
- керування вентилятором і нагрівачем для підтримки температури;
- управління поливом через клапан за сигналом з датчика вологості ґрунту;
- керування положенням вентиляційних отворів через сервомотори;
- зміна режимів вирощування через кнопковий інтерфейс.

Цей пристрій ідеально підходить для домашніх теплиць, де необхідно забезпечити автономну підтримку оптимальних умов для рослин.

2.11 Висновки до другого розділу

У другому розділі було розглянуто та реалізовано основні етапи розробки автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиці на базі мікроконтролера Arduino Mega. Як об'єкт дослідження обрано аркову теплицю,

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

що завдяки своїм конструктивним і експлуатаційним перевагам є придатною для впровадження автоматизованих систем у приватному і фермерському господарстві.

Було обґрунтовано вибір конструкції теплиці, описано її геометричні параметри, матеріали каркасу й покриття, а також переваги з точки зору рівномірного освітлення, стійкості до атмосферних навантажень та простоти монтажу.

Розроблено структурну схему автоматизованої системи керування, що включає сенсорний блок (датчики температури, вологості повітря та ґрунту, освітлення), мікропроцесорний контролер, виконавчі пристрої (нагрівач, вентилятор, сервоприводи, насос, клапан) і інтерфейс користувача. Система забезпечує замкнене керування на основі зворотного зв'язку від датчиків і здатна підтримувати мікроклімат у заданих межах.

У середовищі Fritzing розроблено схему підключення компонентів, виконано вибір оптимальних електронних модулів та сенсорів, зокрема: датчиків DHT11, BH1750, LM335Z, реле, LCD-дисплеїв, SD-карт, сервомоторів. Особливу увагу приділено сумісності компонентів із Arduino Mega та енергоефективності системи.

Також було описано логіку роботи системи, реалізовану в алгоритмі керування, що враховує показники температури, вологості, освітленості, часу доби і рівня води. В алгоритмі передбачено автоматичне прийняття рішень щодо увімкнення/вимкнення виконавчих елементів залежно від заданого режиму вирощування певної культури.

Таким чином, розроблена система є технологічно обґрунтованою, функціонально завершеною та готовою до експериментальної перевірки. Її гнучкість, модульність та масштабованість дозволяють адаптувати систему як для побутових умов, так і для перспективного застосування у великих тепличних комплексах.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИМ РЕЖИМОМ ТЕПЛИЦІ

3.1 Розробка макету розумної міні теплиці

Макет міні теплиці був створений з метою перевірки працездатності розробленого пристрою автоматичного регулювання температурно-вологісних характеристик, з подальшим планом його використання у великогабаритній теплиці. Експериментальна установка дозволяє дослідити роботу системи в умовах, максимально наближених до реальних, та провести налагодження функціональних модулів перед впровадженням у повноцінне агропромислове середовище.

Макет розумної міні теплиці, представлений на рис. 3.1 (лист [БРМА26.00.00.000ДД]), розроблено для комплексного дослідження параметрів мікроклімату у контрольованому середовищі. Каркас міні теплиці виготовлений із жорсткого пластику й обшитий прозорими панелями, що забезпечують хорошу інсоляцію та дозволяють візуально контролювати внутрішній простір.

Усередині теплиці встановлено горщик із розсадою томатів. Для збору даних про стан мікроклімату передбачено встановлення таких датчиків:

- датчик температури повітря - розташований під стелею теплиці, що дозволяє зчитувати дані з області максимального теплового скупчення;
- датчик освітленості змонтований на бічній панелі, орієнтований на зону над рослиною для визначення рівня природного або штучного освітлення;
- датчик вологості повітря розташований на середній висоті теплиці, що відповідає зоні листяного апарату рослини, де критично важливо контролювати вологість для фотосинтезу;
- датчик вологості ґрунту занурений у субстрат горщика в зоні кореневої системи, дозволяє оперативно реагувати на нестачу вологи в корені.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – Макет розумної міні теплиці

Усі сенсори підключені до блоку керування “Температура/Вологість”, що розміщений поряд із теплицею. Пристрій містить:

- рідкокристалічний дисплей для оперативного відображення поточних значень температури та вологості;
- панель світлодіодних індикаторів режимів роботи;
- клавіші перемикання режимів, що дають змогу користувачу обирати один з п’яти попередньо запрограмованих сценаріїв кліматичного керування;
- окремі роз’єми для підключення датчиків (зліва) та виконавчих елементів (справа).

В якості виконавчих елементів у макеті задіяно:

- електричну нагрівальну лампу червоного кольору, яка вмикається при зниженні температури нижче заданого порогу;
- вентилятор, закріплений на задній стінці теплиці, який активується при надлишковому нагріванні і сприяє провітрюванню та охолодженню середовища;
- помпу, яка автоматично подає воду з резервуара до кореневої зони

рослини при виявленні дефіциту вологи в ґрунті.

Всі виконавчі елементи з'єднані з блоком управління через модуль реле, що забезпечує автоматичне вмикання/вимикання пристроїв за командами контролера, залежно від поточних показників, отриманих від сенсорів.

Макет працював під мережевим живленням у звичайних лабораторних умовах. На основі зчитаних даних мікроконтролер активував виконавчі елементи відповідно до встановлених режимів - таким чином реалізовувався замкнутий цикл регулювання мікроклімату в теплиці.

Отже, розроблений макет розумної міні теплиці є ефективною дослідною платформою для апробації методів автоматизованого керування середовищем, адаптованою до подальшого масштабування. Він демонструє принцип роботи системи зворотного зв'язку та може бути використаний для навчальних, науково-дослідних або прикладних агротехнологічних цілей.

Тестування розробленої системи відбувалося на протязі тижня. За допомогою системи керування виставлялися необхідні параметри вологості і температури. Дані параметри витримувалися на протязі заданого періоду часу. Тобто це свідчить про роботоздатність даної системи.

3.2 Перевірка працездатності розробленої системи для регулювання параметрів теплиці

У ході експериментального дослідження функціонування автоматизованої системи керування температурно-вологісним режимом міні теплиці здійснювався моніторинг основних параметрів мікроклімату в реальному часі протягом доби - 28.05.2025 року. Це дозволило оцінити стабільність роботи системи, її здатність реагувати на коливання зовнішніх умов та підтримувати внутрішні параметри в межах заданих діапазонів.

Вимірювання проводилися у двох контрольних точках теплиці: одна - у верхній частині (точка 1), де зазвичай накопичується тепле повітря, інша -

ближче до рівня розміщення рослини (точка 2), що є критичною зоною для контролю температури та вологості, безпосередньо пов'язаної з умовами росту.

Датчики температури та вологості були налаштовані на зчитування даних із заданою періодичністю, що дозволило сформувати повну добову картину зміни кліматичних умов усередині теплиці. Отримані дані передавалися на мікроконтролер, де оброблялися в режимі реального часу. У разі виявлення відхилення значень температури або вологості від встановлених меж автоматично активувалися відповідні виконавчі механізми — нагрівач, вентилятор або помпа.

Крім того, у конструкцію системи було інтегровано датчик освітленості, що дозволив контролювати рівень природного або штучного освітлення всередині теплиці. Показники освітленості також зчитувалися в реальному часі, але на дисплеї керуючого модуля не відображались. Завдяки цьому стало можливим встановити добовий профіль зміни інтенсивності світла, який дозволив визначити періоди, коли освітлення є недостатнім для нормального фотосинтезу.

Аналіз зібраної інформації показав, що рівень освітленості суттєво впливає на стабільність температурного режиму, а його зміни корелюють із температурними коливаннями. Це дозволяє у майбутньому реалізувати адаптивні алгоритми керування, які враховують не лише температуру та вологість, але й інтенсивність світлового потоку.

Ці заходи дозволили з високою точністю імітувати поведінку повнофункціональної системи кліматичного регулювання. Моніторинг параметрів у двох просторових точках дозволив виявити температурний і вологісний градієнти, оцінити ефективність вентиляції та нагрівання, а також уточнити розміщення сенсорів і світлових джерел у подальших прототипах. У свою чергу, спостереження за освітленістю надали уявлення про її зміну впродовж доби, що є важливою складовою для створення збалансованої агрокліматичної системи.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3.3 Результати експериментальних досліджень

На основі отриманих експериментальних даних були побудовані графіки залежності температури та вологості повітря в теплиці від часу протягом доби 28.05.2025. Дані графіки наведено на рис. 3.2 та 3.3.

Температурні характеристики (рис. 3.2)

Графік відображає зміни температури в двох контрольних точках усередині теплиці. Значення температури коливаються в межах від 18.0 °С до 20.0 °С.

Синя крива відповідає першій контрольній точці - ймовірно, ближчій до джерела обігріву або центра теплиці.

Зелена крива відображає температуру в другій точці, яка може бути ближче до зовнішньої стінки або до вентилятора.



Рисунок 3.20 – Графік залежності температури від часу

Упродовж доби обидві криві демонструють помітні флуктуації, що свідчить про динамічну зміну мікроклімату в теплиці. Водночас температурні

коливання перебувають у межах заданого діапазону, що підтверджує ефективність роботи системи підтримання температури.

Вологісні характеристики (рис. 3.3).

На другому графіку показано залежність вологості повітря в теплиці від часу у тих самих двох контрольних точках. Діапазон значень - від 45% до 50%, що є допустимим для вирощування більшості розсад.

Синя крива демонструє зміну вологості в першій контрольній точці.

Зелена крива - у другій точці, яка, можливо, розміщена ближче до зони поливу.

Спостерігається тенденція до коливань вологості, пов'язаних із періодичним включенням зволожувальних пристроїв (наприклад, помпи) та природним випаровуванням. Це вказує на роботу зворотного зв'язку між сенсорами та виконавчими механізмами.

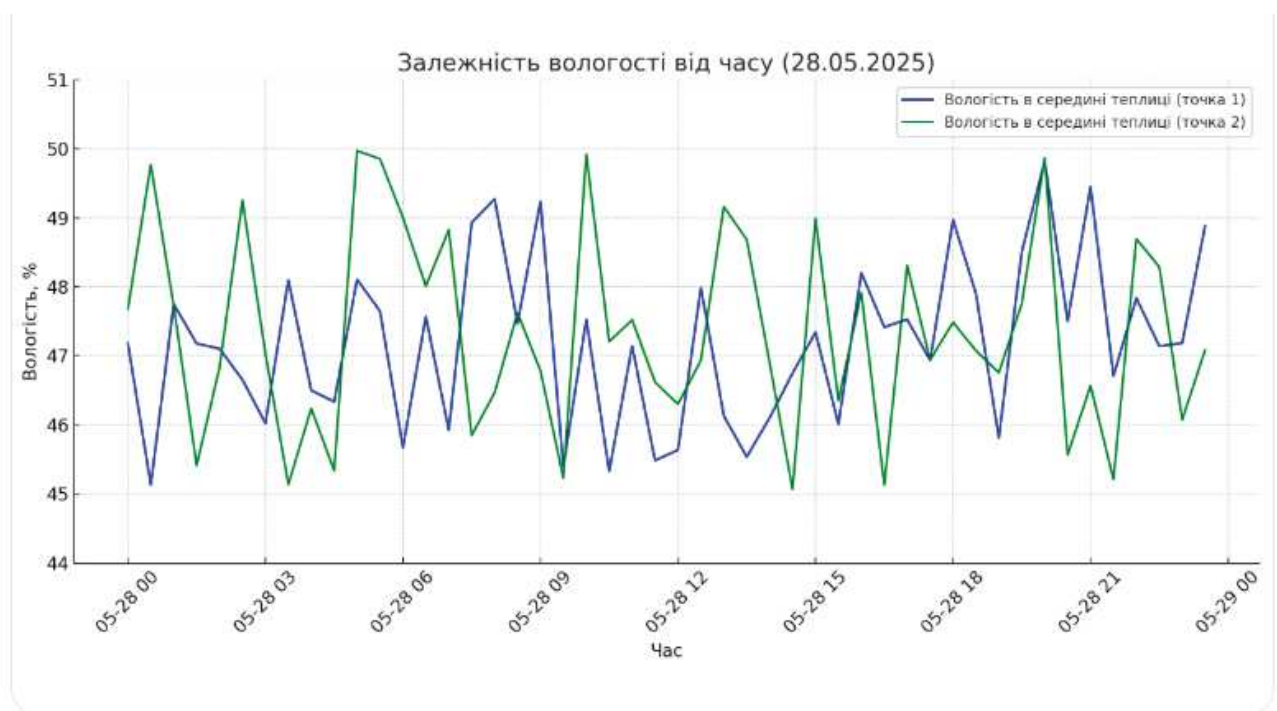


Рисунок 3.21 – Графік залежності вологості від часу

Загалом обидва графіки підтверджують коректне функціонування

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

системи: усі показники температури та вологості підтримуються в межах заданих режимом параметрів, а відгук системи на зміни довкілля є оперативним і стабільним.

Світлові характеристики.

Графік залежності освітленості від часу за добу 28.05.2025 року наведено на рис.3.4. На ньому відображено:

- денне природне освітлення в період із 6:00 до 20:00 (750–900 лк);
- штучне освітлення в нічний період (300–500 лк), яке забезпечує цілодобове освітлення всередині теплиці.

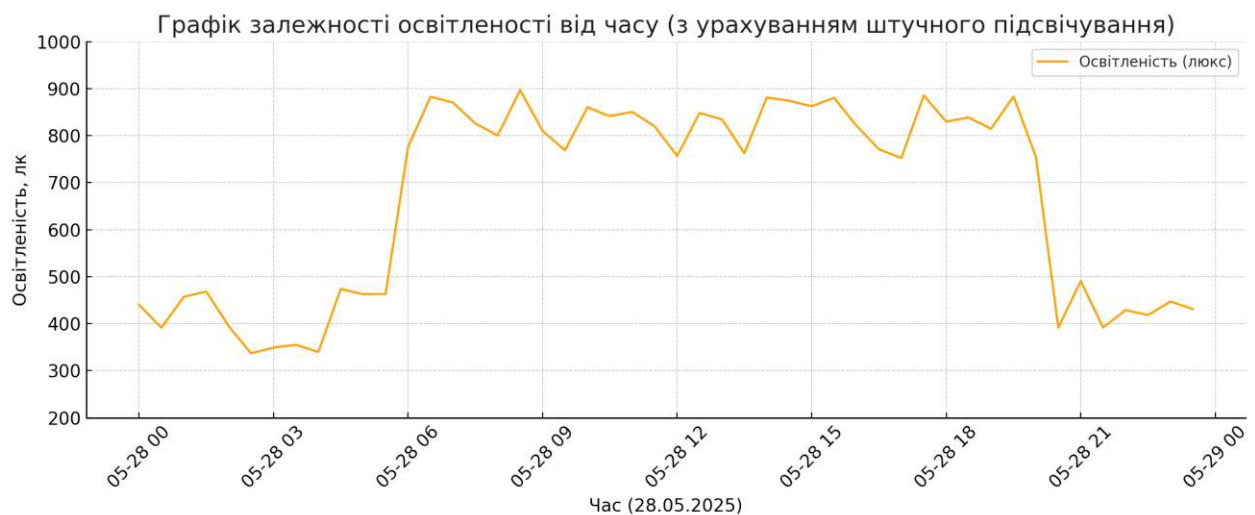


Рисунок 3.4 – Графік залежності освітленості від часу

На графіку залежності освітленості від часу за добу 28.05.2025 року (рис. 3.4) простежуються чіткі зміни інтенсивності світла протягом дня, що демонструє ефективність поєднання природного та штучного освітлення в системі керування мікрокліматом теплиці.

У часовому інтервалі з 00:00 до 06:00 та з 20:00 до 24:00 рівень освітленості утримується в межах 300–500 лк, що відповідає штучному підсвічуванню. Увімкнення штучного джерела світла забезпечує підтримання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

мінімально необхідного рівня освітленості для життєдіяльності рослин у темну пору доби.

Після 6:00 відбувається різке зростання освітленості - показники піднімаються до рівня 750–900 лк, що свідчить про початок денного освітлення. У цей період активізується природне світло, яке забезпечує основне освітлення в теплиці. Максимальні значення фіксуються приблизно між 08:00 і 18:00, після чого спостерігається поступове зниження освітленості.

Цілодобова наявність освітлення, а також стабільна інтенсивність у денний період свідчать про ефективну роботу системи керування освітленням. Такий режим дозволяє створити оптимальні умови для фотосинтезу і росту рослин, забезпечуючи безперервну світлову стимуляцію, особливо в умовах недостатнього природного освітлення.

3.4 Висновки до розділу

У результаті проведеного експериментального дослідження функціонування розробленої системи автоматизованого керування мікрокліматом у міні теплиці були досягнуті наступні результати:

- створено функціональний макет розумної міні теплиці, який імітує умови великогабаритного тепличного господарства. Конструкція дозволила в реальному часі здійснювати моніторинг і регулювання параметрів мікроклімату - температури, вологості повітря, вологості ґрунту та рівня освітленості;

- сформовано замкнуту систему автоматичного регулювання, у якій реалізовано зворотній зв'язок між сенсорними елементами і виконавчими пристроями. Система виявила здатність оперативно реагувати на відхилення від заданих параметрів, забезпечуючи стабільність кліматичних умов у контрольованому середовищі.

- проведено тестування системи у лабораторних умовах протягом доби 28.05.2025 року з реєстрацією динаміки параметрів у двох просторових точках

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

теплиці. Результати спостережень свідчать про стабільність температури в межах 18–20 °С та вологості в межах 45–50 %, що відповідає агротехнічним нормам для вирощування томатів.

- графіки температури та вологості повітря (рис. 3.2–3.3) демонструють коректну роботу системи: температурні та вологісні флуктуації залишались у встановлених межах, а включення відповідних виконавчих механізмів (нагрівача, вентилятора або помпи) відбувалося своєчасно і відповідно до логіки керування.

- здійснено аналіз освітленості в теплиці (рис. 3.4). Спостереження за добовим профілем освітлення дозволили виявити ефективність комбінованого використання природного та штучного світла. Цілодобове підтримання освітленості у межах 300–900 лк забезпечило належні умови для фотосинтетичної активності рослин.

Макет підтвердив працездатність і ефективність запропонованої системи, а також її придатність для масштабування та подальшого впровадження у промислові теплиці. Досвід, отриманий під час розробки і тестування, може бути використаний для удосконалення апаратно-програмного забезпечення, зокрема для впровадження адаптивних алгоритмів керування з урахуванням зовнішніх впливів.

Система виявила потенціал як навчально-дослідна платформа, що дозволяє демонструвати принципи побудови інтелектуальних агросистем, а також проводити дослідження у сфері оптимізації мікрокліматичних параметрів у контрольованих середовищах.

Таким чином, експериментальне дослідження підтвердило доцільність і результативність впровадження автоматизованої системи керування мікрокліматом у захищеному ґрунті. Надалі можлива її модифікація з урахуванням специфіки культури, масштабу теплиці та кліматичних умов регіону.

ВИСНОВОК

У результаті виконання комплексного дослідження, присвяченого розробці системи автоматизованого керування мікрокліматом у теплицях, було досягнуто наступних результатів.

У першому розділі проведено системний аналіз сучасних технологічних і конструктивних рішень у сфері тепличного господарства. Визначено ключові фактори, що впливають на продуктивність вирощування культур у захищеному ґрунті, зокрема: стабільний температурно-вологісний режим, ефективне освітлення, вентиляція, полив та можливість автоматизованого керування цими параметрами. Проаналізовано наявні конструкції теплиць на українському ринку, виділено основні вимоги до проєктування теплиць згідно з нормативами, а також обґрунтовано необхідність впровадження адаптивних інтелектуальних систем для підвищення енергоефективності та агротехнічної продуктивності.

У другому розділі розроблено концепцію, структурну схему та технічне рішення автоматизованої системи керування мікрокліматом на базі мікроконтролера Arduino Mega. Визначено склад електронних компонентів, зокрема сенсорів температури, вологості, освітленості, а також виконавчих механізмів – нагрівача, вентилятора, насоса, сервомотора. Описано логіку керування за допомогою зворотного зв'язку та алгоритмів контролю на основі попередньо заданих режимів вирощування. Важливу увагу приділено оптимальному компонованню елементів, енергоефективності та масштабованості системи.

У третьому розділі здійснено експериментальну перевірку працездатності системи на основі розробленого макета міні теплиці. Було підтверджено стабільну роботу системи протягом доби, включаючи контроль та регулювання температури, вологості повітря та ґрунту, а також рівня освітленості. Аналіз отриманих графіків свідчить про відповідність динаміки параметрів заданим нормам. Усі компоненти системи діяли злагоджено, демонструючи здатність

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

автономно підтримувати мікроклімат в оптимальних межах.

Таким чином, проведене дослідження підтвердило ефективність запропонованої автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиці. Система є гнучкою, модульною та придатною для масштабування – як у межах побутового або навчального середовища, так і для застосування в умовах фермерських чи промислових теплиць.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Теплиці з Вороновиці - якість в кожній деталі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://profil-m.vn.ua/?utm_source=chatgpt.com.
2. Фабрика теплиць Грінхаус [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://fabrika-teplic.com/?utm_source=chatgpt.com
3. Нова Теплиця. 1-й Виробник якому довіряють [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://novateplica.com.ua/uk/onas/?srsltid=AfmBOoqvtGLBl8Hlo1qOWw1rVQbgCTJ3kYztITgJInmAB5XLnIffprqx&utm_source=chatgpt.com.
4. Про компанію Київський завод теплиць і парників [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zavod-teplic.ibud.ua/?utm_source=chatgpt.com
5. Теплиці, системи зрошення, освітлення та опалення від ЕКО ТЕПЛИЦЯ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://teplitca.kiev.ua/ua/?srsltid=AfmBOoq7diep1siJuXrUNlv4XGnd5YnSHEAA6dnZT_sc3W6FkAzRgilu&utm_source=chatgpt.com
6. ТОВ АТС - Україна – комплексний підхід до вирішення завдань [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.agrotechnical.net.ua/?utm_source=chatgpt.com.
7. Діденко М.М., Распопіна С.П., Швиденко І.М., Гармаш А.В. Тепличне господарство. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт. – Харків: Редакційно-видавничий відділ Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, 2020. – 80с.
8. ДБН В.2.2-2:2024 Будівлі та споруди. Теплиці і парники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=110670
9. Коваленко В. М., Білик Т. П. Основи конструкцій захищеного ґрунту. - Київ: Центр учбової літератури, 2019. — 198 с.
10. Теплиця пристінна [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

20086286791&gbraid=0AAAAADIXhI5UP6Y_zyxW9Zaw0gt4rTpZp&gclid=Cj0KCQjw9O_BBhCUARIsAHQMjS506rJvSxTszQWBxRxoXwA_2PxXdEXzjRs1SySD ES5PPczBIF1ThZQaAjh5EALw_wcB.

21. Futaba T306 MG995 сервопривод для Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino-kit.com.ua/futaba-t306-mg995-servoprivod-dlya-arduino-15-kg.html>.

22. Модуль для зчитування та запису microSD карт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vseplus.com/ua/product/modul-dla-zcituвання-ta-zapisu-282393?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=21393827196&utm_term=&gad_source=1&gad_campaignid=21393827196&gbraid=0aaaaadexgrljnsa6irt3gapifszl5kfbk&gclid=Cj0KCQjw9O_BBhCUARIsAHQMjS4tCwa8Yn99gAjqURbgYRQMje6XgvqTgve8j1BGFXIJq2Y340uxlTAaAvZyEALw_wcB.

23. LCD дисплей WH1602B-TFH-CT [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vseplus.com/ua/product/lcd-displej-wh1602b-tfh-ct-419918?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20476014236&utm_term=&gad_source=1&gad_campaignid=20476014236&gbraid=0aaaaadexgrlbn9ygas6x54wmiqjuonl6&gclid=Cj0KCQjw9O_BBhCUARIsAHQMjS6Qixtk6SIJI_lIFAhWpJknVVj2rIA1A5GWP-rFjviZ_JDH6HS5M60aAo7EEALw_wcB.

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

					БРМА25.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		