

Міністерство освіти і науки України  
Криворізький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття ступеня вищої освіти – бакалавр  
за освітньо-професійною програмою  
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

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

тема роботи:

***«Система автоматичного керування мікрокліматом в теплиці  
індивідуального домогосподарства»***

Виконав студент гр. АКІТ-21ск \_\_\_\_\_ Фруль К. О.

Керівник \_\_\_\_\_ Савицький О. І.

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Маринич І. А.

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Рубан С. А.

# КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

« 25 » березня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студентові групи АКІТ-21ск Фруль Карині Олегівні

**1. Тема кваліфікаційної роботи:** «Система автоматичного керування мікрокліматом в теплиці індивідуального домогосподарства»

затверджено наказом по університету № 232с від 25.03.2024 р.

**2. Термін здачі кваліфікаційної роботи:** 03.06.2024 р.

**3. Склад кваліфікаційної роботи:** Пояснювальна записка обсягом 80с., презентація у Microsoft PowerPoint (15 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

**4. Консультанти кваліфікаційної роботи:**

Розділ 1-2

доц. Савицький О. І.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

## 5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	<i>Вступ</i>	<i>01.03.24</i>
2	<i>Розділ 1</i>	<i>05.04.24</i>
3	<i>Розділ 2</i>	<i>01.05.24</i>
4	<i>Висновки</i>	<i>25.05.24</i>
5	<i>Оформлення кваліфікаційної роботи</i>	<i>28.05.24</i>
6	<i>Підготовка презентації та графічного матеріалу</i>	<i>20.05.24</i>
7	<i>Підготовка доповіді до захисту</i>	<i>03.06.24</i>

6. Дата видачі завдання: 29.01.2024р.

Керівник \_\_\_\_\_ / Савицький О. І./

7. Запевнення: Я, Фруль Карина Олегівна, запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Студент \_\_\_\_\_ / Фруль К. О./

## АНОТАЦІЯ

Фруль К. О. «Система автоматичного керування мікрокліматом в теплиці індивідуального домогосподарства».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – бакалавр, за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Криворізький національний університет, Кривий Ріг, 2024.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку літератури з 28 позиції. Загальний обсяг роботи становить 77 сторінок, з яких основний зміст роботи викладено на 68 сторінках, робота включає 17 таблиці і 61 рисунок.

Об'єктом керування є система керування і аналіз процесів, пов'язані з підігрівом ґрунту та атмосфери у тепличному середовищі, забезпеченням оптимального зрошення рослин, вентиляцією в теплиці.

Метою роботи є створення та підтримка оптимального мікроклімату в теплицях. Дослідження системи автоматичного керування мікрокліматом теплиці, автоматизований контроль параметрів температура, вологість та вентиляція задля якісної та високоврожайної продукції.

У першому розділі наведено загальну характеристику процесу вирощування овочів в теплиці, описано характеристики існуючих систем автоматизації, висунуті вимоги до системи автоматичного керування.

У другому розділі проведена перевірка функціональності системи автоматичного керування та моделі, яка підтвердила, що програмне забезпечення для об'єкта керування, регулятора працює коректно і відповідає вимогам системи автоматичного керування мікрокліматом теплиці.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕПЛИЦЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>			<i>АНОТАЦІЯ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О. І.</i>					3	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>				<i>КНУ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронець В.В.</i>						

## ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	8
1.1 Загальна характеристика виробництва.....	8
1.2 Опис об'єкта керування та аналіз вирощування овочів.....	10
1.3 Принципи побудови об'єкту дослідження. Патентний пошук .....	18
1.4 Аналіз існуючих рішень автоматизації технологічного процесу .....	23
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТА ЇЇ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	30
2.1 Структура об'єкту керування.....	30
2.2 Математичний опис об'єкту керування.....	37
2.3 Моделювання об'єкту .....	42
2.4 Вибір технічних засобів автоматизації .....	51
2.5 Розробка структурної схеми системи керування.....	64
2.6 Розробка програмного забезпечення.....	69
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	75

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О. І.</i>			4	1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>					

*ЗМІСТ*

## ВСТУП

Актуальність теми «Система автоматичного керування мікрокліматом в теплиці індивідуального домогосподарства» визначається кількома ключовими аспектами. По-перше, ріст населення світу та зростання урбанізації призводять до зменшення доступної земельної площі для сільськогосподарського виробництва. По-друге, зміни клімату призводять до нестабільності погодних умов, що впливає на врожайність та якість агропромислового виробництва. По-третє, прогресуючий дефіцит робочої сили, не популярність монотонної і важкої фізичної ручної праці. Саме тут система автоматичного управління мікрокліматом теплиць стає ефективним інструментом для забезпечення стійкого та високопродуктивного вирощування рослин, знижуючи вплив зовнішніх факторів та оптимізуючи умови росту.

Система автоматичного управління мікрокліматом теплиці визначає новий рівень підходу до агропромислового виробництва, забезпечуючи точний та автоматизований контроль над умовами вирощування рослин, що стає ключовим елементом для оптимізації виробництва та підвищення врожайності, особливо в умовах зростаючого технологічного прогресу та глобальній потребі у продовольчій безпеці.

Метою кваліфікаційної роботи є створення та підтримка оптимального мікроклімату в теплицях. Дослідження системи автоматичного керування мікрокліматом теплиці, що забезпечує автоматизований точний контроль параметрів таких як температура, вологість та вентиляція грає вирішальну роль у формуванні якісної та високоврожайної продукції.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О. І.</i>				5	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>					
<i>ВСТУП</i>							

Для досягнення цієї мети були сформульовані наступні завдання:

1. Аналіз технологічного процесу та огляд існуючих рішень автоматизації;

2. Розробка систем автоматичного управління технологічним процесом та її програмно-технічна реалізація.

Об'єктом дослідження: Система керування і аналіз стають процесів, пов'язані з підігрівом атмосфери у тепличному середовищі, забезпеченням оптимального зрошення рослин, вентиляцією та системою освітлення в теплиці.

Предмет дослідження: Система автоматичного керування мікрокліматом в теплиці індивідуального домогосподарства.

Задачі проекту Зниження енергетичних витрат при вирощуванні різноманітних сільськогосподарських культур досягається через розробку та імплементацію автоматизованої системи контролю мікроклімату в теплиці.

У ході дослідження використовується комп'ютерна модель, розроблена за допомогою Matlab/Simulink, яка дозволяє симулювати та проводити аналіз процесів, пов'язаних із регулюванням температури і вологості, та ін.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

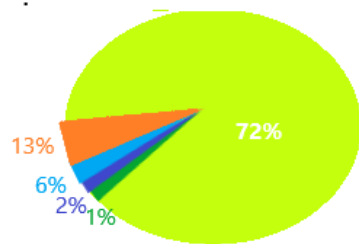
## РОЗДІЛ 1

# АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 1.1 Загальна характеристика виробництва

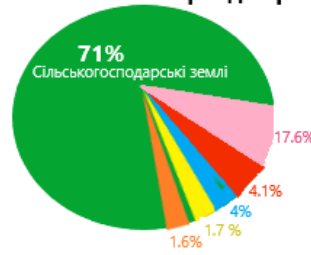
Вирощування помідорів є важливою галуззю сільськогосподарського виробництва, яка відбувається як в теплицях, так і на відкритому ґрунті.

**Використання сільськогосподарських земель**



- пасовища
- рілля
- сіножаті
- багаторічні насадження
- перелоги

**Земельний фонд України за типом**



- ліси та лісовкриті площі
- площа забудованих земель
- водна поверхня
- інші землі
- болота

Рисунок 1.1 – Структура сільськогосподарських угідь в Україні

Кривий Ріг є промисловим центром з великою кількістю промислових підприємств, які можуть випускати забруднюючі речовини в атмосферу. Це може вплинути на якість повітря і ґрунту, що використовується для вирощування рослин. Ґрунти в регіоні можуть мати свої особливості, такі як кислий або лужний реакція, низька плодючість або наявність шкідливих речовин. Це може вплинути на вибір підходящих сортів помідорів та необхідність внесення додаткових добрив або землеробських заходів

<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О.І.</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>		
<i>РОЗДІЛ 1</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
			8	25
<i>КНУ АКІТ-21ск</i>				



Технологічний процес вирощування помідорів в теплиці включає наступні етапи:

- Вибір сортів: Залежно від кліматичних умов, терміну вегетації та вимог до якості плодів обирають певні сорти помідорів;
- Підготовка ґрунту: Важливо забезпечити рівномірність та родючість ґрунту, а також його дренаж. Ґрунт у теплиці підготовлюється шляхом розпушування, додавання добрив та підготовки ґрунту до посадки;
- Посів або пересадка сіянців: Рослини можуть вирощуватися з насіння або пересаджуватися зі стартових розсад. Після підготовки ґрунту проводиться посів або пересадка сіянців помідорів у теплиці;
- Догляд за рослинами: Включає в себе регулярний полив, розпушування ґрунту, видалення бур'янів, обробку від шкідників та хвороб, внесення добрив, підв'язування рослин, видалення бокових пагонів та інші агротехнічні заходи;
- Плодоношення та збір врожаю: Після періоду вегетації рослини починають плодоносити, після чого проводиться збір врожаю.

Теплиця – це споруда, що складається зі стін і даху, виготовлених з прозорих матеріалів, наприклад, скла. Вона призначена для вирощування рослин, які потребують контролю температури та вологості. Менший варіант теплиці називається парником. Теплиці дозволяють продовжувати сезон вирощування, забезпечуючи стабільні умови для росту помідорів незалежно від погодних умов.

В таблиці 1.1 представлено характеристики при вирощуванні томатів.

Важливо передбачити вентиляційні отвори у теплиці не тільки на передній і задній стінах, але й зверху, оскільки помідорам необхідний ефективний повітрообмін. Це слід планувати заздалегідь. Тому вирощування помідорів у теплиці потребує ретельного підходу з урахуванням усіх деталей

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

Таблиця 1.1 – Основні характеристики оптимальних показників

Параметри	Помідори до плодоношення	Помідори в період плодоношення
Температура повітря вдень	21°C до 27°C	21°C до 27°C
Температура повітря вночі	18°C до 20°C	17°C до 20°C
Температура води при поливі	20°C	20°C
Вологість повітря	60-70%	60-70%
Температура ґрунту	від 16°C до 18°C	від 16°C до 18°C

Система, що проектується для вирощування помідорів, повинна бути пристосована до конкретних кліматичних умов регіону, вимог сортів помідорів, а також до фінансових можливостей фермера. Вона може включати автоматизовані системи поливу, системи контролю за кліматом, системи добривопостачання та інші технологічні рішення, спрямовані на підвищення урожайності та якості продукції. [1]. Вона може включати в себе датчики температури, датчики вологості, датчики освітлення та системи вентиляції та обігріву і охолодження.

Система використовує алгоритми для аналізу даних сенсорів і налаштовує середовище в теплиці до оптимальних умов для росту культур. Система автоматичного управління мікрокліматом, може значно полегшити процес вирощування помідорів.

## 1.2 Опис об'єкта керування та аналіз вирощування овочів

Теплиці є важливими спорудами для вирощування рослин у контрольованих умовах. Вони забезпечують захист від погодніх умов, створюють сприятливі умови для росту і розвитку рослин, а також дозволяють продовжити вегетаційний період протягом року. Вирощування в теплицях особливо популярне для культур, які потребують теплого і стабільного клімату, таких як помідори [2].

Теплиці можна класифікувати за різними критеріями, такими як розмір, матеріали, призначення, та технології. Розглянемо класифікацію загальну за такими параметри:

– За матеріалами покриття теплиці: плівкові теплиці; скляні таблиці; полікарбонатні теплиці.

– За типом призначенням: вирощування овочів і фруктів; вирощування квітів і рослин; вирощування розсади [3].

– За технологіями: традиційні теплиці з натуральною вентиляцією; теплиці з автоматичною системою вентиляції і контролем клімату; гідропонні теплиці; голландська теплиця.

– За конструкцією (формою теплиці): односкатна; двоскатна; арочна; краплеподібна; багатокутна; куполоподібна теплиця.

– За матеріалом каркасу, які впливають на складання, міцність та довговічність: дерев'яні; пластмасові; алюмінієві; сталеві;

– Залежно від часу і способу експлуатації: зимові; літні [3]

В таблиці 1.2 представлено переваги і недоліки за матеріалом покриття теплиці. На рисунку 1.2 зображено різновиди теплиць за матеріалом.

Полікарбонатні теплиці - вони є добрим компромісом між вартістю та якістю. Полікарбонатні теплиці довговічні, мають високу теплоізоляцію і можуть працювати в різних кліматичних умовах. Цей матеріал витримує удари, не боїться граду і може ефективно протистояти сніговим навантаженням, що робить його ідеальним вибором для регіонів з суворими зимами. Крім того, полікарбонат забезпечує рівномірне розсіювання світла, що зменшує ризик опіків рослин і сприяє більш рівномірному росту.

Скляні теплиці - це преміум-варіант, відмінний для тих, хто шукає вишуканість, естетику та максимальну проникність світла. Вони можуть бути дорогими, але вартість виправдовується їх довговічністю та стійкістю до зовнішніх факторів. Скло є хімічно нейтральним матеріалом, тому не впливає на мікроклімат всередині теплиці і забезпечує оптимальні умови для росту

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

рослин. Крім того, скляні теплиці мають естетичний вигляд, що може бути важливим для декоративних садів та ландшафтного дизайну. [5].

Плівкові теплиці - це економічний варіант для початківців городників або для тих, хто шукає швидке та просте рішення для вирощування рослин у невеликому масштабі [6].

Таблиця 1.2 – Основні переваги і недоліки за матеріалом покриття

Аспект	Плівкові	Полікарбонатні	Скляні
Вартість	Нижча вартість	Помірна вартість	Висока вартість, в будівництві та утриманні
Теплоізоляція	Нижча теплоізоляція	Добре утримує тепло	Відмінна, ефективно утримує тепло
Довговічність	Менш довговічні, схильні до порізів та проколів	Більш довговічні, аніж плівка, але можуть погіршуватися з часом	Дуже довговічні, стійкі до погодних умов та руйнування
Пропускання світла	Добре пропускають світло	Високе пропускання світла, рівномірно розсіює світло	Високе пропускання світла
Стійкість до ультрафіолетного випромінювання	Схильні до ушкодження, потребують частої заміни	Стійкі до ушкодження, довший термін служби	Стійкі до ушкодження, довговічні
Монтаж	Легко та швидко	Потребує середніх зусиль та експертизи у монтажі	Складний процес монтажу
Опції кастомізації	Обмежені можливості	Більше, ніж у плівки	Обмежені через структурну жорсткість

Таким чином, перед вибором теплиці слід ретельно зважити всі вищезгадані фактори, а також врахувати власні потреби та можливості.



**Плівкова теплиця**



**Полікарбонатна**

**Скляна**

**Рисунок 1.2 - Різновиди теплиць за матеріалом**

На рисунку 1.3 зображені різновиди теплиці за конструкцією (формою теплиці). В таблиці 1.3 представлено визначення та переваги і недоліки різновиду теплиць.



**Односкатна**

**Двоскатна**

**Арочна**

**Краплеподібна**

**Багатокутна**

**Куполоподібна**

**Рисунок 1.3 - Різновиди теплиць за конструкцією**

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 1.3 – Основні характеристики різновиди теплиці за конструкцією

Форма теплиці	Визначення	Переваги	Недоліки
Односкатна	Теплиця з однією нахиленим покрівлею, яка зазвичай спрямована на північ.	Простота у монтажі. Зручність у використанні для однорічних культур.	Обмежена висота та використання простору. Може вимагати додаткових підтримок.
Двоскатна	Теплиця з двома нахиленими покрівлями, яка нагадує класичний будинок.	Ефективне використання сонячного світла. Добре витримує навантаження від снігу та дощу.	Висока вартість монтажу. Потребує більше матеріалів для будівництва.
Арочна	Теплиця з покрівлею у формі півкруга або дуги.	Добра стійкість до вітру та снігових навантажень, циркуляція повітря.	Вимагає простору для дверей. Висока вартість будівництва.
Краплеподібна	Теплиця з покрівлею, яка має нерівномірну форму, схожу на краплю.	Ефективне використання сонячного світла. Добра здатність утримувати тепло та вологу.	Складний процес будівництва. Менш естетична у порівнянні з іншими формами.
Багатокутна	Теплиця зі складною формою, має кутові стіни.	Можливість оптимального використання простору.	Складний монтаж та обслуговування.
Купольна	Теплиця з купольною формою або півкулеподібну форму.	Оптимальне використання простору та ефективно розподілення світла.	Складний процес будівництва та монтажу.

Голландська теплиця - це тип теплиці, який походить з Нідерландів і широко використовується в сільському господарстві для вирощування овочів, квітів та інших сільськогосподарських культур, де в таблиці 1.4 представлено основні характеристики. Голландські теплиці є прикладом теплиці з автоматичною системою вентиляції і контролем клімату на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 - Голландська теплиця

Таблиця 1.4 – Основні характеристики голландської теплиці

Особливості Голландської теплиці	Переваги	Недоліки
Високе покриття	Ефективне використання простору.	Висока вартість будівництва.
Часто має скляні або полікарбонатні стіну	Висока продуктивність та ефективність.	Вимагає спеціалізованих компонентів та професійного монтажу.
Часто обладнана системами автоматизованого контролю клімату	Забезпечує стабільні умови для росту рослин.	Вимагає постійного технічного обслуговування.
Може бути обладнана системами зрошення	Дозволяє оптимально керувати вологістю	Вимагає додаткових витрат на обслуговування систем.
Високе покриття	Забезпечує ефективне використання простору.	Висока вартість будівництва.
Часто має скляні або полікарбонатні стіну	Висока продуктивність та ефективність.	- Вимагає спеціалізованих компонентів та професійного монтажу.

Голландські теплиці є високопродуктивними і часто використовуються в комерційному сільському господарстві, ефективним інструментом для вирощування рослин у контрольованих умовах. Однак, їх висока вартість і потреба у спеціалізованому обслуговуванні може зробити їх менш доступними для невеликих господарств або городників.

Гідропонні теплиці - це системи вирощування рослин, де коріння рослин занурене у водному середовищі, а не в ґрунті, що зображено на рисунку 1.5. У гідропоніці, рослини отримують необхідні поживні речовини через водну розчин, яка постійно циркулює навколо коренів. За допомогою методики гідропоніки можна помітно підвищити врожайність. Цей метод підходить для умов дефіциту родючих ґрунтів, скелястих місцевості [7].

Гідропоніка вирізняється можливістю забезпечувати рослини корисними речовинами, такими як калій, цинк, кальцій, сірка, магній, залізо, фосфор та азот. Для субстрату використовуються поролон, керамзит та інші подібні матеріали. У гідропонній теплиці важливо забезпечити рівномірний потік та відведення рідини, що досягається за допомогою електричної помпи, яка створює необхідні умови для розвитку рослин.



Рисунок 1.5 – Гідропонна теплиця



В таблиці 1.5 представлені характеристики гідропонних теплиць.

В цілому, гідропонні теплиці є ефективними для вирощування рослин у контрольованих умовах і можуть бути особливо корисними у регіонах з обмеженими ресурсами води або поганим якістю ґрунту. Однак їх використання вимагає ретельного планування та управління для досягнення оптимальних результатів.

Таблиця 1.5 – Основні характеристики гідропонних теплиць

Особливості гідропонної теплиці	Переваги	Недоліки
Вирощування рослин у водному розчині	Ефективне використання води та поживних речовин.	Висока вартість налаштування системи.
Використання мінеральних розчинів	Контрольоване надання поживних речовин рослинам.	Потребує постійного контролю параметрів води та розчинів.
Відсутність ґрунту	Зменшення ризику зараження хворобами та шкідниками, не потребують очищення від бур'янів	Спеціалізована знання та навички для ефективного використання.
Автоматизовані системи контролю	Забезпечення оптимальних умов для росту рослин.	Вразливість до відмови електронних систем.
Використання системи рециркуляції	Економія води шляхом повторного використання.	Висока потреба у енергії для роботи насосів та системи фільтрації.
	В рослинах не скупчуються радіонуклеїди. Не відчувають дефіциту кисню	

Теплиця для вирощування помідорів є сучасним технологічним комплексом, який складається з наступних елементів: Каркас і оброблювана

площа: Теплиця має металевий або дерев'яний каркас, покритий полікарбонатом або плівкою. Оброблювана площа теплиці може бути різною в залежності від розміру та конфігурації теплиці:

– Системи забезпечення мікроклімату: Теплиця обладнана системами автоматичного контролю температури, вологості, освітлення та вентиляції для створення оптимальних умов для росту помідорів;

– Система поливу: для забезпечення необхідного рівня вологості ґрунту в теплиці встановлена автоматична система поливу, яка рівномірно розподіляє воду серед рослин;

– Додаткове обладнання: до складу теплиці можуть входити додаткові елементи, такі як системи добривопостачання, освітлення для раннього або додаткового вирощування, системи захисту від шкідників тощо [8].

### 1.3 Принципи побудови об'єкту дослідження. Патентний пошук

Система автоматичного керування (САК) мікрокліматом теплиці – це комплексний набір технологій і пристроїв, який призначений для автоматизації контролю та підтримки оптимальних параметрів мікроклімату всередині теплиці.

Мікроклімат теплиці може бути контрольованим за допомогою дій з регулювання, таких як опалення, вентиляція, збагачення вуглекислотою, щоб створити відповідні умови для культур.

Для досягнення складних процесів, пов'язаних з балансуванням енергії в теплицях, потрібен оптимальний контроль навколишнього середовища, включаючи низькі викиди та зменшення виробничих витрат. [9].

На рисунку 1.6 представлено теплиця на сонячних панелях як альтернативний вид джерела енергії.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

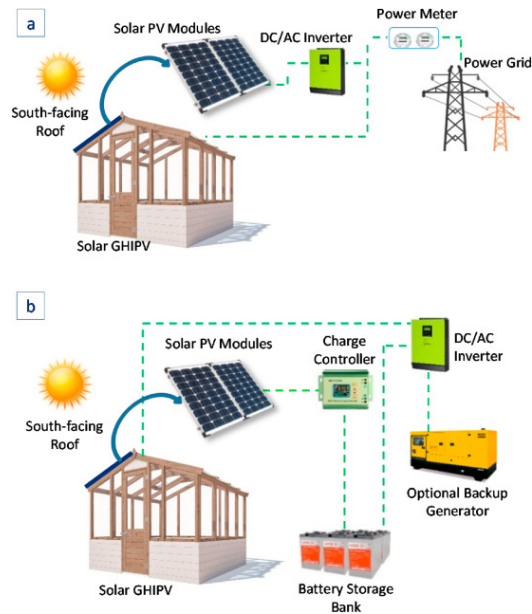


Рисунок 1.6 – Сонячні панелі в теплиці

Вимоги до системи автоматичного керування теплицею:

- Надійність: Система повинна бути стабільною та надійною, щоб уникнути випадків відмови під час вирощування рослин;
- Автоматизація: Система повинна автоматично виконувати різні функції, такі як полив, контроль клімату, добривопостачання тощо, зменшуючи необхідність в ручній роботі;
- Гнучкість: Вона повинна бути гнучкою та легко адаптуватися до різних типів теплиць та потреб культур;
- Ефективність використання ресурсів: Система повинна ефективно використовувати воду, енергію та добрива, щоб забезпечити оптимальні умови для росту рослин;
- Моніторинг та звітність: Система повинна надавати можливість моніторингу параметрів середовища теплиці, а також генерувати звіти про її роботу;
- Захист від вторгнень: Важливо, щоб система була захищена від несанкціонованого доступу та вторгнень для запобігання можливим проблемам з безпекою;

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Простота в експлуатації: Система повинна бути легкою у використанні та налаштуванні, щоб оператори могли легко взаємодіяти з нею;
- Сумісність: Важливо, щоб система була сумісною з іншими обладнанням та програмним забезпеченням [10].

На рисунку 1.7 наведено схему розташування датчиків та механізмів управління теплицею.

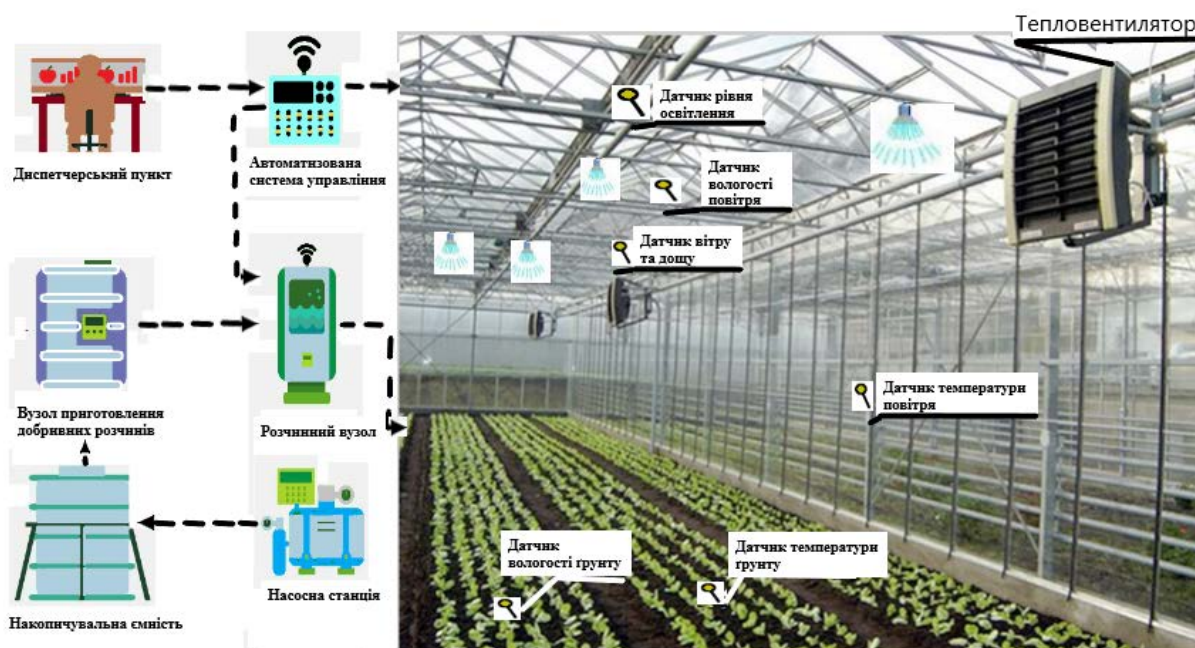


Рисунок 1.7 – Технологічна схема САК мікроклімату теплиці

Основні складові системи автоматичного управління теплицею включають в себе:

- Контроль температури: за допомогою датчиків температури та системи опалення/охолодження забезпечується підтримка оптимального рівня тепла всередині теплиці;
- Регулювання вологості: Система поливу та вентиляції, туманної установки дозволяють підтримувати оптимальний рівень вологості в повітрі та в ґрунті;
- Контроль освітлення: Автоматичне ввімкнення та вимкнення освітлення в залежності від потреб рослин та часу доби;

- Система вентиляції: Забезпечується обмін повітря в теплиці, що допомагає уникнути перегріву та забруднення повітря;
- Контроль вологості ґрунту: Датчики вологості в ґрунті дозволяють автоматично поливати рослини в залежності від їх потреб;
- Система моніторингу та керування: Це включає в себе комп'ютерні системи або контролери, які отримують дані від датчиків і приймають рішення щодо управління різними аспектами мікроклімату.

Види автоматизованих систем:

- Системи контролю клімату: Ці системи включають в себе автоматизовані контролери, які регулюють температуру, вологість, освітлення та вентиляцію у теплиці. Вони дозволяють створити оптимальні умови для росту рослин у будь-який час року;
- Системи поливу: Ці системи дозволяють автоматично поливати рослини в теплиці за розкладом або на основі вимірювань вологості ґрунту. Вони забезпечують рівномірне забезпечення водою та допомагають уникнути пере-або недополиву;
- Система вентиляції: Забезпечується обмін повітря в теплиці, що допомагає уникнути перегріву та забруднення повітря;
- Системи добривопостачання (фертигація): Ці системи автоматично додають добрива до поливної води, щоб рослини отримували всі необхідні поживні речовини для здорового росту;
- Системи контролю шкідників та хвороб: Вони використовуються для моніторингу та автоматичного введення пестицидів або фунгіцидів, щоб захистити рослини від шкідників та хвороб;
- Системи моніторингу та діагностики: Ці системи включають в себе датчики, які вимірюють рівень рН та електропровідність в ґрунті, а також інші параметри, такі як рівень світла та CO<sub>2</sub>. Вони дозволяють оперативно реагувати на будь-які зміни у середовищі теплиці;

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

- Системи туманної установки – для створення туману з води, який потім розпилюється в повітряному просторі теплиці, для збільшення вологості повітря;
- Система обігріву/ охолодження – забезпечення підвищення/пониження температури повітря [11].

Системи можуть контролювати підтримку параметрів процесу в заданих діапазонах. В екстрених ситуаціях система сигналізує про необхідність втручання оператора. Система автоматизації виконує ті ж завдання, що й звичайний персонал, з більшою точністю та швидкістю. Система складається з набору датчиків, апаратно-програмного комплексу для збору та обробки інформації, що надходить, і формування керуючих сигналів. Системою можна керувати на місці або дистанційно через веб-інтерфейс. Це дозволяє збирати дані, аналізувати та прогнозувати. [12]. На рисунку 1.8 представлено систему водопостачання та освітлення в теплиці

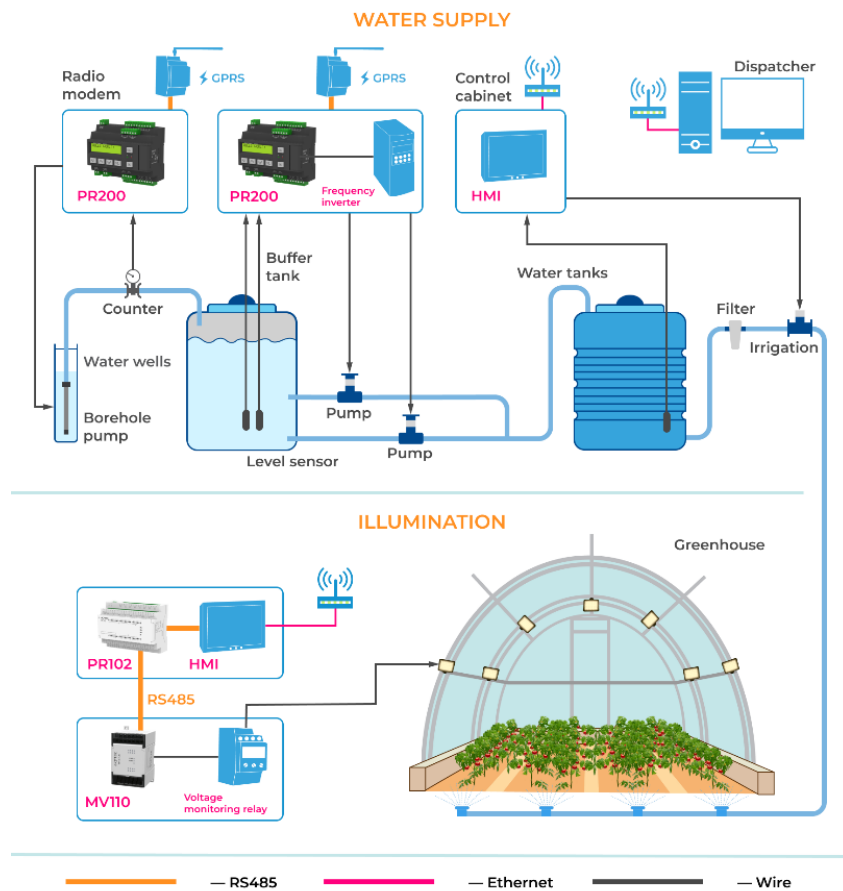


Рисунок 1.8 – Система водопостачання та освітлення в теплиці

Патентний пошук.

У патенті [13] представлена «Теплиця з сонячними панелями», що складається з сонячних панелей та чергуючихся світлопроникних вікон, а також світлопроникні огорожувальні елементи, комутатор енергії, акумулятори та нагрівальні елементи.

Також зареєстрований патент «Енергозберігаюча теплиця для вирощування овочевих культур», де вікна і двері обладнані механізмом відкривання, що дозволяє зміщувати їх по висоті рами[14].

Для запобігання хворобам рослин в теплиці розроблено по даним патенту «Прилад для боротьби з хворобами тепличних рослин», який подає хлорну кислоту, а також для дезінфекції і стерилізації рослин є гіпохлориста кислота та озон. [15].

У патенті [16] представлено «Пристрій для вирощування розсади тепличних овочів», який розкриває пристрій для висіву розсади для висадки овочів у теплиці.

Прикладом патенту «Екологічна чиста та енергозберігаюча теплиця», яка складається з вузла для вироблення електроенергії, корпусу теплиці та основи, вузла посадки нерухомо встановлено в корпусі теплиці, водонепроникного вузла нерухомо встановлено у верхній частині корпусу теплиці, сонячних акумуляторних батарей. рухомо встановлені з двох сторін внутрішньої частини водонепроникного вузла, а основа нерухомо встановлена на основі. [17].

У патенті «Система контролю тепличного середовища», яка містить модуль контролера з'єднаний з модулем віддаленого терміналу та хмарною коробкою, модулем інтелектуального перемикачання сигналізації [18].

#### 1.4 Аналіз існуючих рішень автоматизації технологічного процесу

Системи автоматичного регулювання теплиць є важливою складовою

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки вони забезпечують оптимальні умови для росту рослин навіть у непередбачуваних погодних умовах. У цьому підрозділі детально розглянемо різні системи автоматичного регулювання, які використовуються для підтримання оптимального мікроклімату в теплицях, їх принципи роботи, складові частини та характеристики. За допомогою огляду та аналізу ми спробуємо з'ясувати переваги та недоліки кожної системи з точки зору їхньої структури, функціональності та ефективності.

Принципи роботи систем автоматичного регулювання теплиць. Системи автоматичного регулювання теплиць зазвичай базуються на зборі та аналізі даних про мікроклімат в теплиці, а також на автоматичному управлінні системами опалення, вентиляції, зрошення та інших параметрів. Основні принципи роботи таких систем полягають у відповідній реакції на зміни у внутрішньому середовищі теплиці для забезпечення оптимальних умов для росту рослин. В таблиці 1.6 зображено характеристики двох варіантів систем автоматичного регулювання теплиць

Таблиця 1.6 – Характеристики систем автоматичного регулювання теплиць

	Система на основі контролера Arduino	Система на основі контролера PLC
Складові	Датчики температури, вологості, контролер Arduino, вентилятори, клапани для поливу.	PLC, високоточні датчики, електромеханічні пристрої для вентиляції та опалення.
Переваги	Низька вартість, можливість розширення та модифікації.	Висока точність, стабільність роботи, можливість роботи в умовах високого навантаження.
Недоліки	Обмежена функціональність та надійність.	Вища вартість, складніша налаштування та програмування.

Аналіз ефективності та недоліків: Обидва варіанти систем



автоматичного регулювання теплиць мають свої переваги та недоліки.

Система на основі Arduino підходить для невеликих теплиць або для домашнього використання, тоді як система на основі PLC може бути оптимальним варіантом для великих комерційних або промислових теплиць, де потрібна висока точність та стабільність роботи.

Також є системи «Теплична газова автоматика», яка базується на використанні газу як джерела енергії для підтримання оптимального теплового режиму в теплиці і система «Автоматичне поливання з використанням сонячної енергії», яка використовує сонячні панелі для живлення насосів, які автоматично поливають рослини у теплиці.

В таблиці 1.7 зображено характеристики двох варіантів систем автоматичного регулювання теплиць.

Таблиця 1.7 - Характеристики систем автоматичного регулювання теплиць

	Теплична газова автоматика	Автоматичне поливання з використанням сонячної енергії
Складові	газову піч, термостат, газові клапани та датчики температури	сонячні панелі, акумулятори, насоси та систему крапельного зрошення
Джерело енергії	Сонячна енергія	Газ
Екологічність	Висока, використання сонячної енергії	Залежить від джерела газу
Залежність від погодних умов	Може бути залежність від сонячної активності	Немає залежності
Надійність	Залежить від наявності сонячної енергії та стану панелей	Стабільна
Ефективність	Залежить від сонячної активності та роботи насосів	Стабільна
Витрати	Мінімальні витрати на електроенергію	Залежить від ціни газу

Висновок: Обираючи систему автоматичного регулювання для теплиці з контролером PLC та джерелом енергії у вигляді сонячних панелей, потрібно враховувати кілька ключових факторів.

По-перше, варто звернути увагу на екологічність обраної системи. Використання сонячної енергії є відмінним вибором з точки зору збереження навколишнього середовища, оскільки це джерело енергії є відновлюваним та не забруднює навколишнє середовище.

Другим важливим аспектом є надійність системи. Використання контролера PLC дозволяє забезпечити стабільну та надійну роботу системи автоматичного регулювання. Крім того, сонячні панелі, як джерело енергії, можуть забезпечити постійне живлення системи при належному догляді та обслуговуванні.

Ефективність такої системи також важлива. Використання контролера PLC дозволяє оптимізувати роботу системи та забезпечити точне та ефективне регулювання мікроклімату в теплиці, що в свою чергу може позитивно впливати на врожайність та якість вирощених рослин.

Отже, вибір системи автоматичного регулювання з контролером PLC та сонячними панелями являє собою екологічно чистий, надійний та ефективний варіант, який може допомогти підтримувати оптимальні умови для росту рослин у теплиці.

Моє рішення щодо вибору матеріалу і складу системи автоматичного керування мікрокліматом теплиці ґрунтується на ретельному аналізі різних варіантів та урахуванні факторів. Після уважного вивчення всіх можливостей, я прийшла до висновку, що забезпечить підтримку оптимальних параметрів мікроклімату всередині теплиці.

За матеріалами покриття теплиці – полікарбонатну теплицю. Якщо в регіоні часті дощі та град, полікарбонатну теплицю як кращий варіант. Ось чому:

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

– Міцність: Полікарбонат має високу міцність і витривалість до ударів, тому він може краще витримувати атмосферні умови, такі як град.

– Захист від ультрафіолету: Багато полікарбонатних матеріалів мають захист від ультрафіолетового випромінювання, що допомагає зберегти якість та прозорість матеріалу протягом тривалого часу.

– Економічність: Полікарбонатні теплиці можуть бути менш витратними в установці та обслуговуванні порівняно зі скляними.

Будуть використані системи:

- Системи контролю клімату;
- Системи моніторингу та діагностики;
- Системи туманної установки;
- Система автоматичного поливу;
- Система обігріву;
- Система вентиляції;

Розглянемо деякі з існуючих рішень систем:

Системи контролю та керування поділяється:

– Програмно-логічні контролери (PLC): Використовуються для автоматизації управління різними параметрами мікроклімату. PLC збирає дані з датчиків і керує виконавчими механізмами (вентиляція, опалення, зрошення тощо).

– SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition): Ці системи дозволяють здійснювати моніторинг і управління процесами в реальному часі. Вони збирають дані, візуалізують їх і надають інструменти для керування теплицею.

Датчики та вимірювальні пристрої:

- Температурні датчики: Вимірюють температуру повітря та ґрунту.
- Гігрометри: Вимірюють відносну вологість повітря.
- Датчики освітленості: Вимірюють рівень природного і штучного освітлення.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		27

- Датчики CO<sub>2</sub>: Вимірюють концентрацію CO<sub>2</sub> в повітрі.
- Вологості ґрунту: Вимірюють вологість ґрунту для контролю системи зрошення.

Виконавчі механізми:

- Системи опалення та охолодження: Керуються для підтримки оптимальної температури.
- Вентиляційні системи: Керують потоком повітря для підтримки необхідного рівня CO<sub>2</sub> і вологості.
- Системи зрошення: Автоматизоване поливання на основі даних про вологість ґрунту.
- Штучне освітлення: Регулюється залежно від потреб рослин в освітленні.

Програмні рішення:

- Спеціалізоване програмне забезпечення: Використовується для налаштування, моніторингу та управління всіма аспектами мікроклімату теплиці. Ці програми можуть включати в себе алгоритми машинного навчання для оптимізації параметрів на основі історичних даних.
- Мобільні додатки: Дозволяють фермерам контролювати та керувати системами теплиці віддалено.
- Інтернет речей (IoT):
- IoT платформи: Використовуються для інтеграції різних датчиків і виконавчих механізмів в єдину систему. IoT дозволяє здійснювати збір даних, їх аналіз і управління в реальному часі.
- Безпроводні мережі: Використовуються для підключення датчиків і контролерів без використання кабелів, що знижує витрати на інсталяцію та обслуговування.

Приклади існуючих систем:

- Priva: Priva пропонує комплексні рішення для автоматизації теплиць, які включають системи контролю клімату, зрошення,

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						28
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

енергоменеджменту та управління живленням рослин. Їх програмне забезпечення дозволяє здійснювати точне керування мікрокліматом і отримувати аналітичні дані для оптимізації процесів;

– HortiMaX: HortiMaX спеціалізується на розробці інтелектуальних систем управління теплицями. Вони пропонують рішення для автоматичного керування кліматом, поливом і живленням рослин, використовуючи передові алгоритми для підвищення врожайності;

– Argus Control Systems: Argus надає автоматизовані системи контролю клімату, які використовуються в теплицях по всьому світу. Вони пропонують інтегровані рішення для управління температурою, вологістю, освітленням і рівнем CO<sub>2</sub>.

Переваги автоматизації:

Підвищення врожайності: Автоматизовані системи забезпечують оптимальні умови для росту рослин, що сприяє підвищенню врожайності.

Економія ресурсів: Оптимізація використання води, енергії та добрив.

Зниження трудовитрат: Автоматизація знижує необхідність в ручному управлінні, що економить час і зусилля.

Покращення якості продукції: Забезпечення стабільних умов вирощування покращує якість продукції

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.01.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		29

РОЗДІЛ 2  
 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ  
 ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ТА ЇЇ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНА  
 РЕАЛІЗАЦІЯ

2.1 Структура об'єкту керування

Система автоматичного керування мікрокліматом теплиці (СКМ) є комплексним технологічним рішенням, яке забезпечує підтримання оптимальних умов для вирощування рослин шляхом автоматизації процесів контролю температури, вологості. Це досягається за допомогою інтеграції різних датчиків, контролерів, виконавчих механізмів та спеціалізованого програмного забезпечення. В даній роботі програмним забезпеченням є Tia Portal.

Для створення керування мікроклімату в теплиці необхідно використати основні компоненти системи такі як:

- Датчики, де вони є ключовими елементами системи, які безперервно збирають інформацію про поточні умови в теплиці;
- Контролери, які відіграють роль центрального елемента в системі, аналізуючи дані з датчиків і приймаючи рішення щодо управління виконавчими механізмами;
- Виконавчі механізми, де виконують команди контролерів для забезпечення необхідних умов мікроклімату;
- Програмне забезпечення є невід'ємною частиною системи, що забезпечує її інтеграцію та ефективне функціонування.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О. І.</i>				30	43
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>					

Вхідні параметри керування мікроклімату САК теплиці:

- Температура повітря в теплиці (°C): Вимірюється термодатчиками, розташованими на різних рівнях теплиці;
- Вологість повітря (%): Контролюється гігрометрами, встановленими в різних зонах теплиці;
- Температура ґрунту (°C): Контролюється термодатчиками, вмонтованими в ґрунт на різних глибинах;
- Вологість ґрунту (%): Вимірюється датчиками вологості ґрунту, розміщеними на різних рівнях глибини.

Вихідні параметри:

- Керування системою опалення: Підтримка оптимальної температури повітря;
- Керування системою вентиляції: Регулювання вологості в теплиці;
- Керування системою зрошення: Забезпечення оптимальної вологості ґрунту.

На рисунку 2.1 зображено структуру об'єкту керування

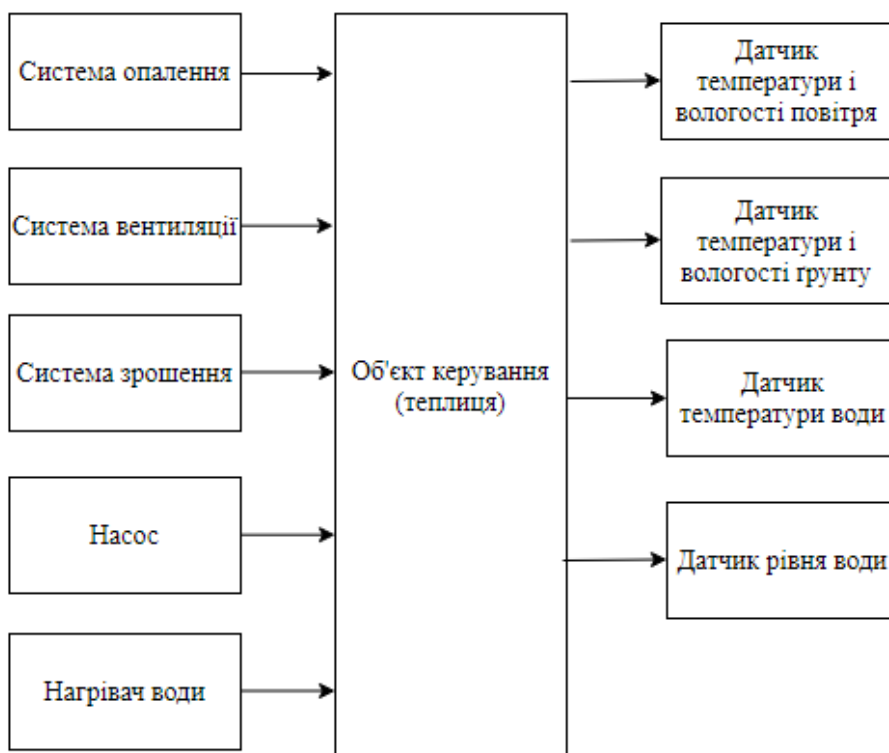


Рисунок 2.1 Структура теплиці

На рисунку 2.2 представлено структурну схему системи керування об'єкту

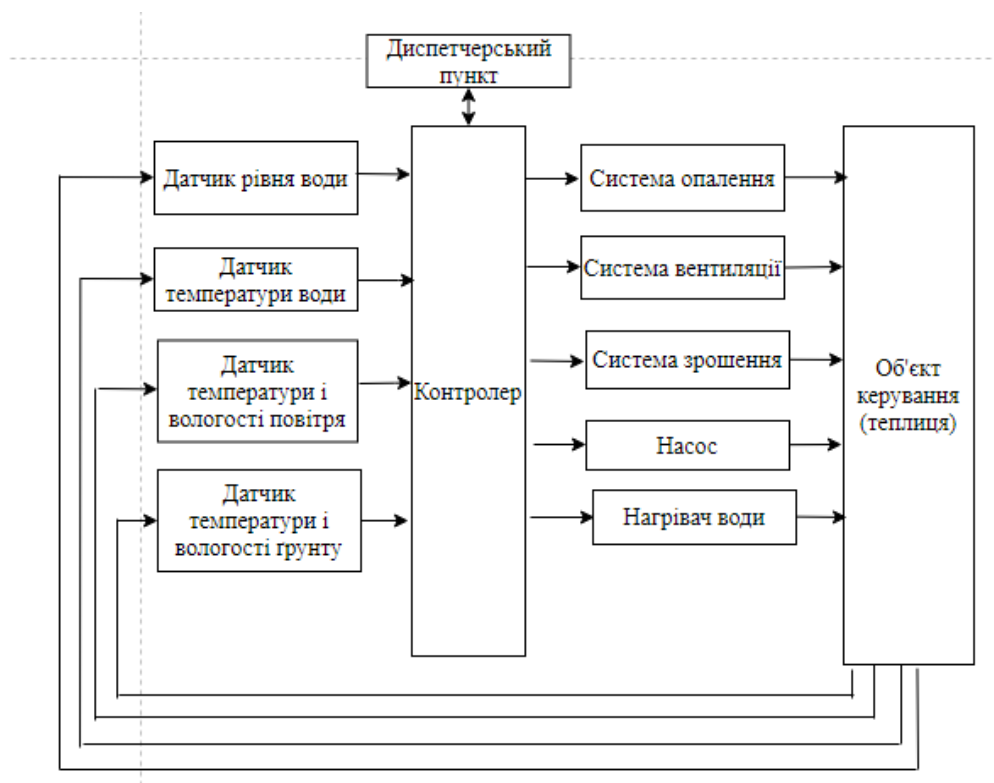


Рисунок 2.2 – Структурна схема системи теплиці

Об'єктом автоматизації обрано "домашню теплицю площею 40 м<sup>2</sup>". Така теплиця будується на індивідуальних ділянках для особистого використання вирощеної продукції.

Ця підсистема складається з пристроїв збору даних (датчики рівня води, температури та вологості), контрольних точок стану обладнання (рівень ввімкнення насоса, температури та вологості), системи автоматичного контролю стану обладнання, а також програми керування, яка реалізує керування насосом, нагрівачем, вентилятором.

Система в теплиці забезпечує різні режими функціонування, які дозволяють оптимально налаштовувати параметри середовища для забезпечення найкращих умов для росту рослин. Основні режими керування включають:



- Літній режим, де забезпечується адекватна вентиляція та запобігання перегріву;
- Зимовий режим: підтримка оптимальної температури та зменшення вологості;
- Автоматичний і ручний режими.

Алгоритм функціонування технічних засобів мікрокліматом теплиці узагальнено на рисунку 2.3. Можна поділити найбільш автоматизовану систему керування на різні функціональні компоненти, такі як система зрошення, вентиляції та обігріву, залежно від їх призначення.

Алгоритм роботи системи управління мікрокліматом включає таку основну послідовність:

- Збір даних, де контролер збирає дані з різних датчиків, які вимірюють параметри мікроклімату, такі як температура повітря і води, вологість повітря і ґрунту;
- Аналіз даних, де отримані дані аналізуються для визначення поточного стану мікроклімату в теплиці та виявлення потенційних проблем або відхилень від заданих стандартів;
- Прийняття рішень, де на основі результатів аналізу контролер приймає рішення щодо корекції параметрів мікроклімату для забезпечення оптимальних умов для рослин;
- Виконання дій, де відповідно до прийнятих рішень система автоматично регулює роботу обладнання в теплиці;
- Моніторинг та звітність, де протягом робочого процесу система постійно моніторить параметри мікроклімату та реагує на зміни.

Цей алгоритм допомагає забезпечити оптимальні умови для росту та розвитку рослин в теплиці, забезпечуючи максимальний врожай та знижуючи споживання ресурсів, таких як вода і енергія. На рисунку 2.4 зображено алгоритм поливу води для забезпечення мікроклімату теплиці оптимальних умов для рослин.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

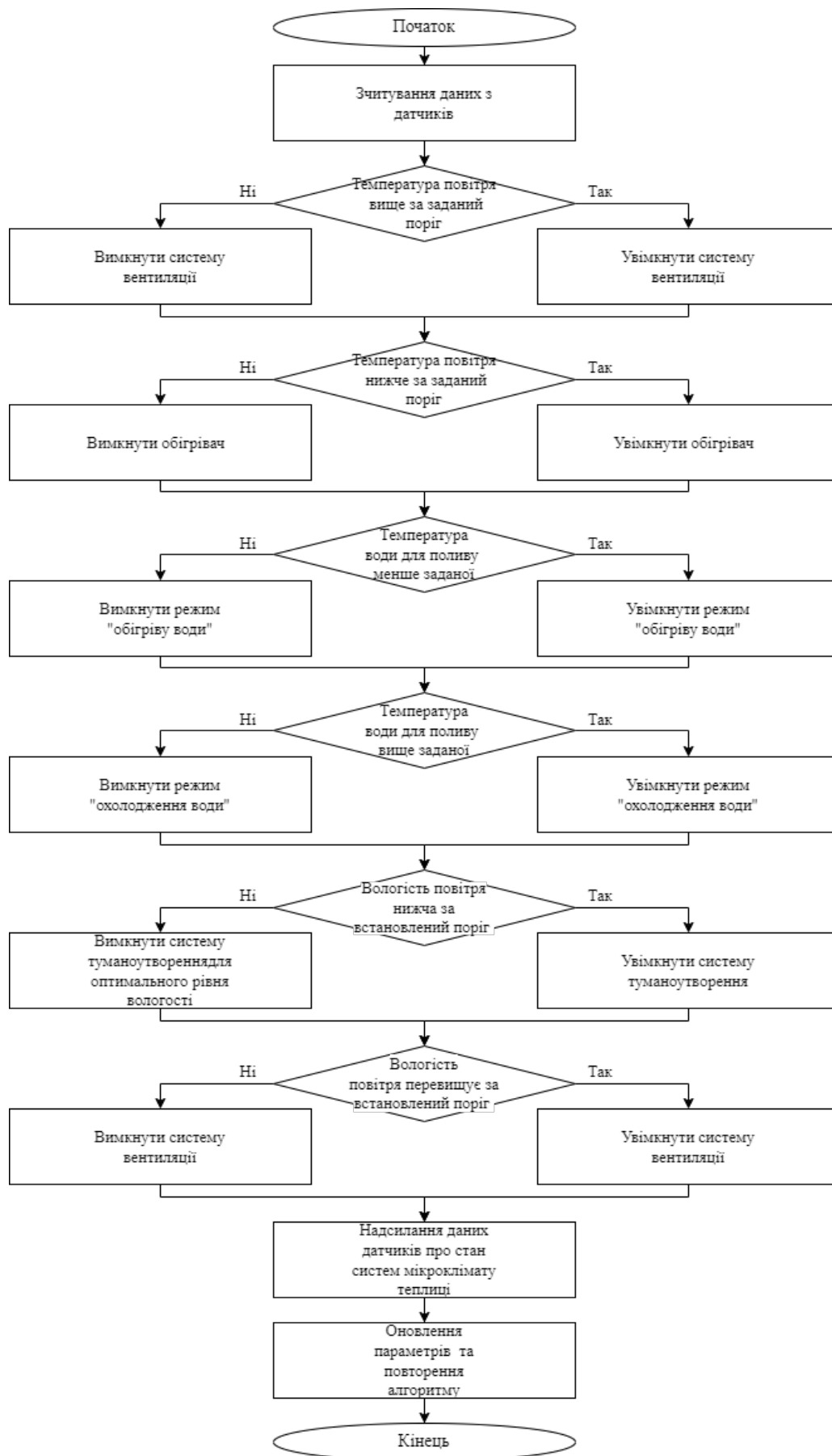


Рисунок 2.3 – Алгоритм роботи САК мікрокліматом теплиці

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

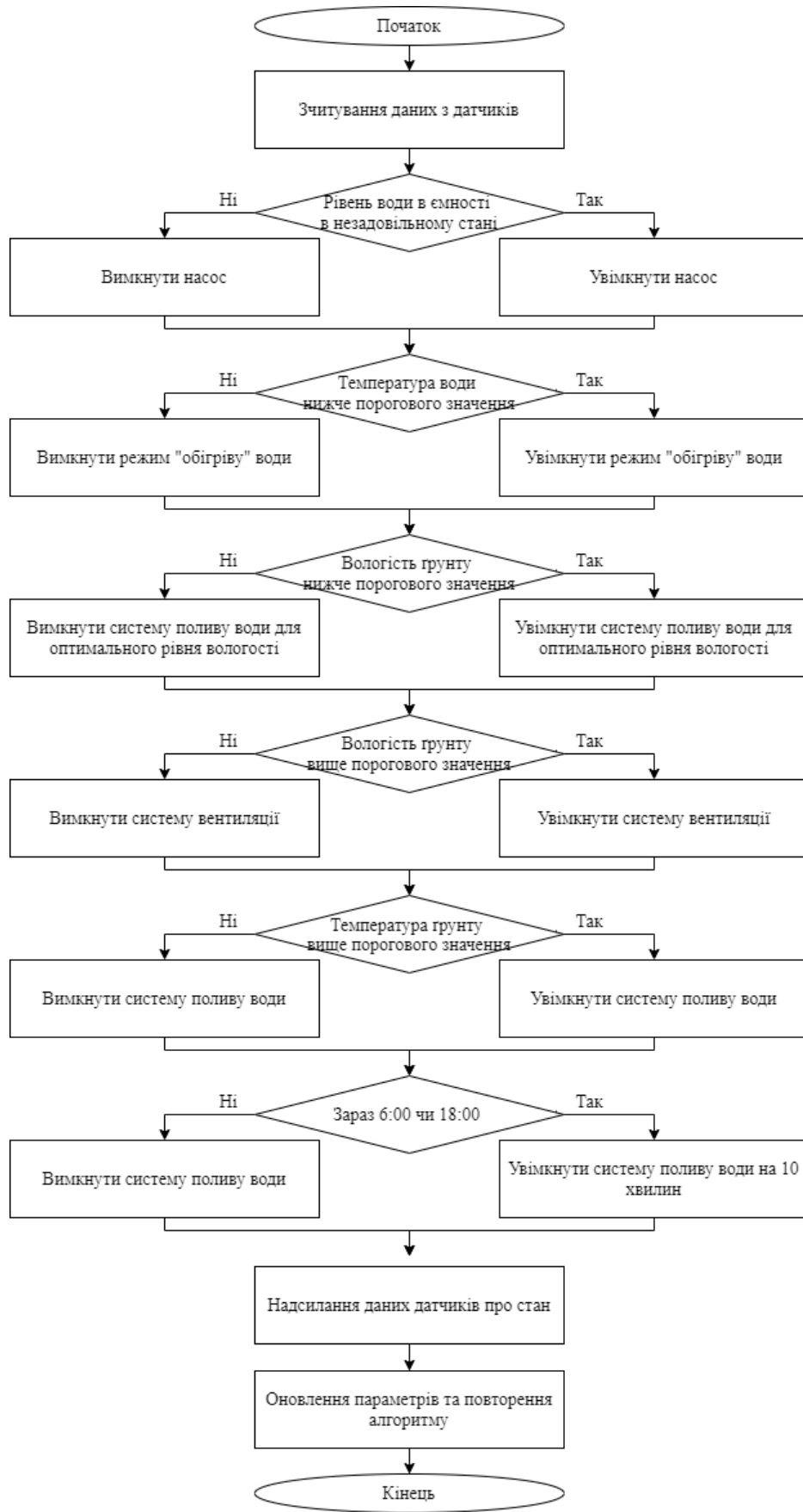


Рисунок 2.4 – Алгоритм системи полив у води

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На рисунку 2.5 структуру мікроклімату теплиці керування температури, де вимірювальними пристроями є датчики температури повітря та ґрунту, виконавчі механізми – насос, електропривод, вентилятор, а керування відбувається програмованим логічним контролером.

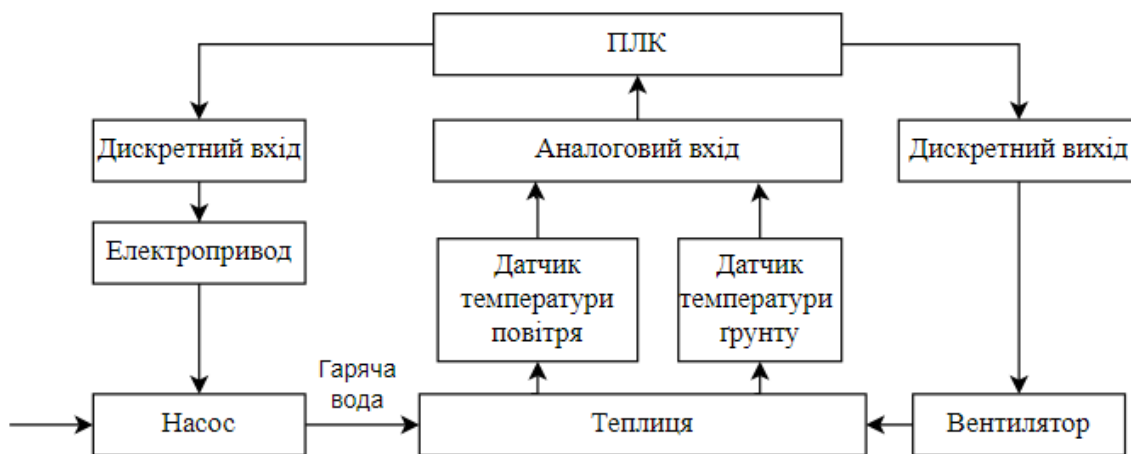


Рисунок 2.5 – Структура керування температурою

На рисунку 2.6 представлено структура регулювання вологості за допомогою системи туманоутворення.

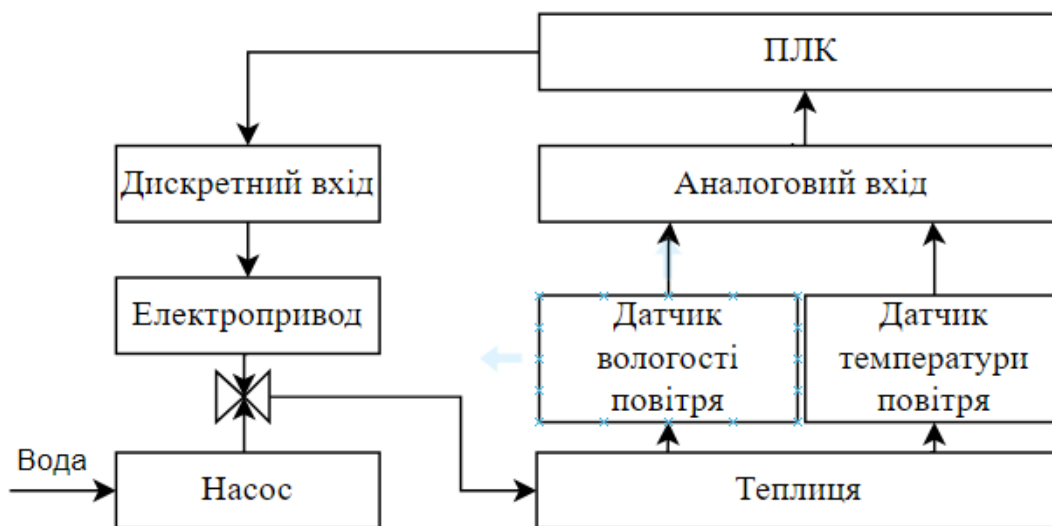


Рисунок 2.6 – Структура роботи системи туманоутворення

Система туманоутворення складається вимірювальних приладів – датчик вологості повітря та датчик температури повітря, виконавчих

механізмів – насос, електропривод, а керування відбувається програмованим логічним контролером та регулюючим органом заслінки.

На рисунку 2.7 зображено структуру керування поливом

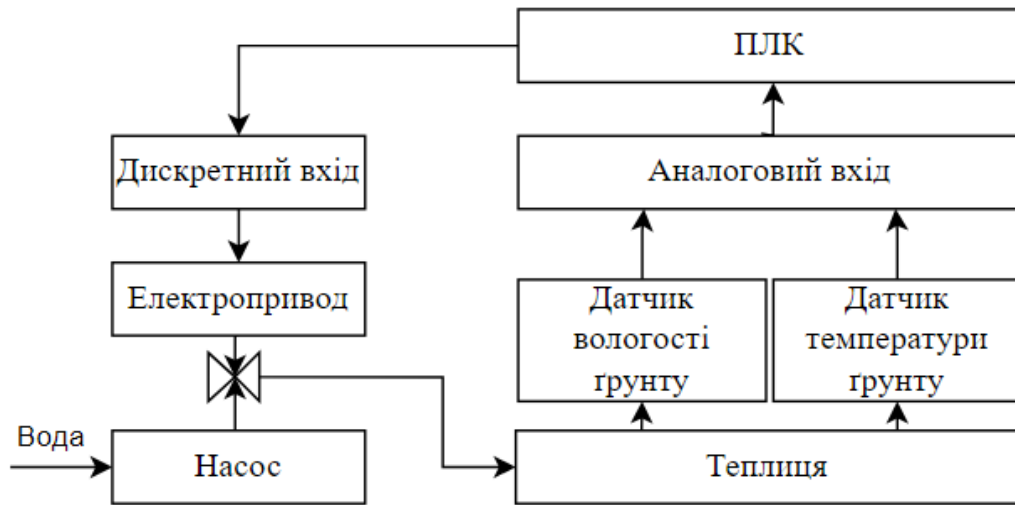


Рисунок 2.7 – Структура керування поливом

Система поливу складається вимірювальних приладів – датчик вологості ґрунту та датчик температури ґрунту, виконавчих механізмів – насос, електропривод, а управління відбувається за допомогою програмованим логічним контролером та регулюючого органу - клапану.

## 2.2 Математичний опис об'єкту керування

Теплиця – це споруда, призначена для вирощування рослин у контрольованих умовах. Основні задачі керування теплицею включають підтримку оптимальної температури, вологості для росту рослин, де на рисунку 2.8 зображена функціональна схема.

Процеси в об'єкті. Теплові процеси:

- Поглинання сонячної енергії;
- Нагрівання повітря та ґрунту за допомогою опалювальних систем;
- Випаровування та конденсація вологи.

Гідродинамічні процеси:

- Циркуляція повітря за допомогою вентиляторів;
- Поливання рослин через систему зрошення;
- Рух води в ґрунті.

Механічні процеси:

- Робота насосів для поливу;
- Робота вентиляторів для вентиляції та перемішування повітря.

Масообмінні процеси:

- Обмін вологи між рослинами та повітрям (транспірація);
- Подача та видалення повітря (вентиляція).

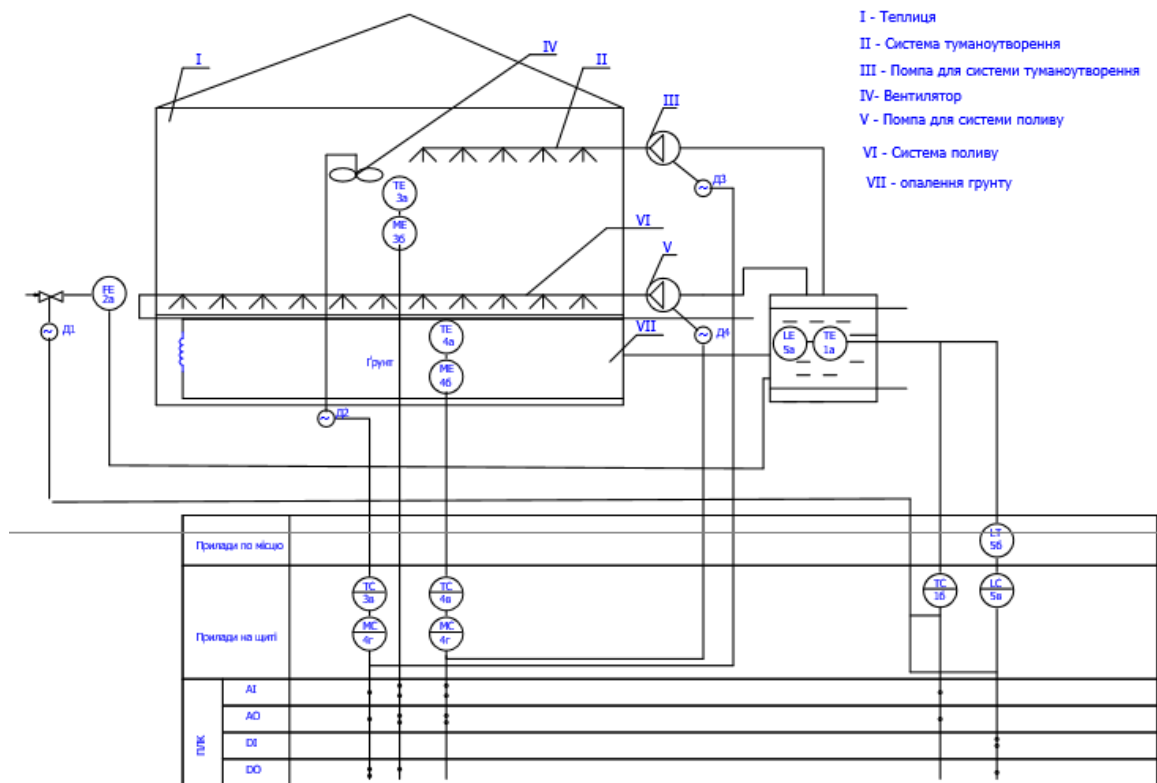


Рисунок 2.8 – Функціональна схема

Функціональна схема представлена чотирма контурами регулювання, а саме: контур вентиляції, контуру обігріву ґрунту, контуру поливу та контуру туманоутворення.

На рисунку 2.9 представлено вхідні та вихідні потоки в теплиці

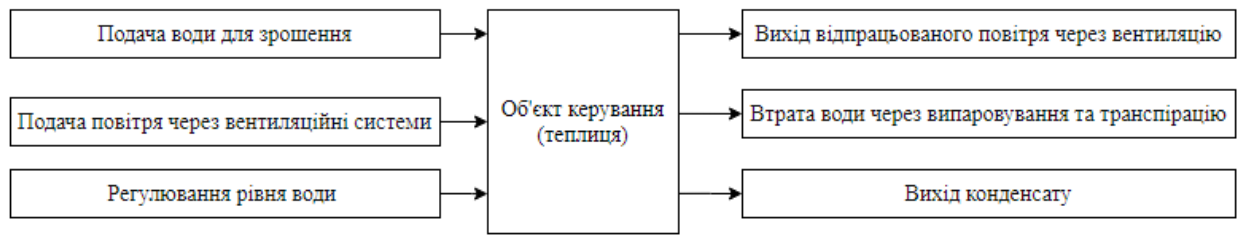


Рисунок 2.9 – Потоки в теплиці

На рисунку 2.10 зображено вхідні та вихідні параметри в теплиці

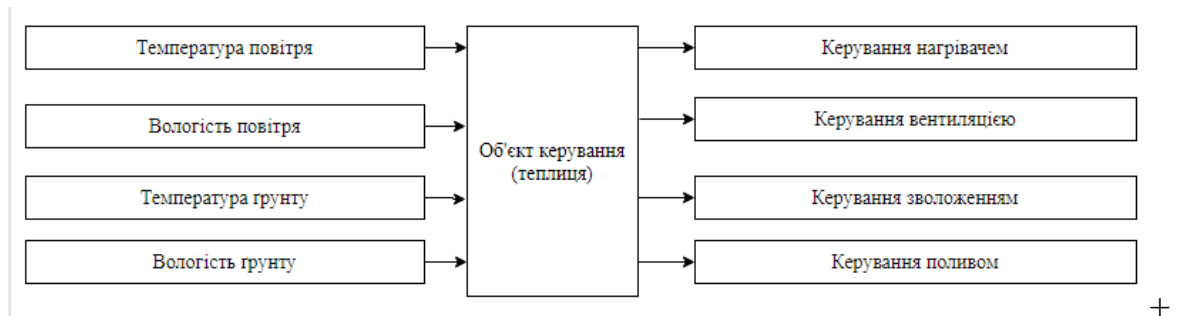


Рисунок 2.10 – Параметри теплиці

Для побудови математичної моделі теплиці необхідно врахувати рівняння, що описують теплові, гідродинамічні, механічні та масообмінні процеси.

Рівняння теплового балансу для теплиці можна записати як:

$$Q_{\text{сон}} + Q_{\text{опал}} = Q_{\text{втрати}} + Q_{\text{випар}} + Q_{\text{нагр}} \quad (2.1)$$

де  $Q_{\text{сон}}$  - тепловий потік від сонячного випромінювання,

$Q_{\text{опал}}$  - тепловий потік від опалювальних систем,

$Q_{\text{втрати}}$  - втрати тепла через стінки та вентиляцію,

$Q_{\text{випар}}$  - тепло, витрачене на випаровування води,

$Q_{\text{нагр}}$  - тепло, що накопичується в повітрі та ґрунті.

Рівняння водного балансу для теплиці:

$$W_{\text{полив}} + W_{\text{конденсат}} = W_{\text{транспір}} + W_{\text{випар}} + W_{\text{витік}} \quad (2.2)$$

де  $W_{\text{полив}}$  - подача води для поливу,

$W_{\text{конденсат}}$  - конденсація вологи,

$W_{\text{транспір}}$  - транспірація рослин,

$W_{\text{випар}}$  - випаровування води з поверхонь,

$W_{\text{витік}}$  - витік води.

Для побудови математичної моделі представлено спрощену систему диференціальних рівнянь, що описують залежність основних параметрів теплиці від вхідних даних.

1. Температура повітря  $T_a$ :

$$\frac{dT_a}{dt} = k_1(T_3 - T_a) + k_2S + k_3U_{h_a} + k_4U_{h_w} - k_5U_f \quad (2.3)$$

де  $T_3$ - температура зовнішня;

$S$  – кількість сонячного світла;

$U_{h_a}$ - керування нагрівачем повітря;

$U_{h_w}$ - керування нагрівачем води;

$U_f$ - керування вентилятором.

2. Вологість повітря  $H_a$ :

$$\frac{dH_a}{dt} = k_6(H_3 - H_a) + k_7U_m - k_8U_f + k_9U_p \quad (2.4)$$

де  $H_3$ - вологість зовнішня;

$U_m$ - керування системою туманоутворення;

$U_p$ - керування насосами та клапанами системи поливу.

3. Температура ґрунту  $T_g$ :

$$\frac{dT_g}{dt} = k_{13}(T_a - T_g) + k_{14}U_{h_w} \quad (2.5)$$

4. Вологість ґрунту  $H_g$ :

$$\frac{dH_g}{dt} = k_{15}(H_a - H_g) + k_{16}U_p \quad (2.6)$$

Передатна функція для регулятора поливу води:

$$W_{\text{спл}} = \frac{K_{\text{спл}}}{T_{\text{спл}}s + 1} \quad (2.7)$$

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



де  $K_{\text{СПЛ}}$ - коефіцієнт пропорційності передатної функції регулятора поливу,  
 $T_{\text{СПЛ}}$ - постійна часу передатної функції регулятора поливу

Передатна функція залежності поливу від вологості ґрунту

$$W_{\text{ПЛВ}} = \frac{K_{\text{ПЛВ}} \cdot e^{-\tau_{\text{ПЛВ}}s}}{T_{\text{ПЛВ}}s + 1} \quad (2.8)$$

де  $K_{\text{ПЛВ}}$ - коефіцієнт пропорційності поливу,  $T_{\text{ПЛВ}}$ - постійна часу передатної функції,  $T_{\text{ПЛВ}}$ - постійна часу поливу на вологість ґрунту,  $\tau_{\text{ПЛВ}}$ - затримка часу контура поливу ґрунту

Передатна функція контуру як впливає полив на температуру ґрунту:

$$W_{\text{ПТ}} = \frac{K_{\text{ПТ}} \cdot e^{-\tau_{\text{ПТ}}s}}{T_{\text{ПТ}}s + 1} \quad (2.9)$$

де  $K_{\text{ПТ}}$ - коефіцієнт пропорційності контуру поливу,  $T_{\text{ПТ}}$ - постійна часу.

Передатна функція регулятора контуру вода-ґрунт

$$W_{\text{СГ}} = \frac{K_{\text{СГ}}}{T_{\text{СГ}}s + 1} \quad (2.10)$$

де  $K_{\text{СГ}}$ - коефіцієнт пропорційності контуру вода-ґрунт,  $T_{\text{СГ}}$  - постійна часу контуру вода - ґрунт

Передатна функція перетворення витрат води обігріву ґрунту:

$$W_{\text{ВГ}} = \frac{K_{\text{ВГ}} \cdot e^{-\tau_{\text{ВГ}}s}}{T_{\text{ВГ}}s + 1} \quad (2.11)$$

де  $K_{\text{ВГ}}$ - коефіцієнт пропорційності витрат води на обігрів ґрунту,  $T_{\text{ВГ}}$ - постійна часу контура вода-ґрунт,  $\tau_{\text{ВГ}}$ - затримка часу контура вода-ґрунт.

Передатна функція контура вентиляції:

$$W_{\text{QВ}} = \frac{K_{\text{В}}}{T_{\text{В}}s + 1} \quad (2.12)$$

$K_{\text{В}}$ - коефіцієнт пропорційності витрат контура вентиляції,  $T_{\text{В}}$ - постійна часу контура вентиляції

Передатна функція зворотнього зв'язку контура вентиляції

$$W_{\text{ТО}} = \frac{K_{\text{ТО}}}{T_{\text{ТО}}s + 1} \quad (2.13)$$

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $K_{TO}$ - коефіцієнт пропорційності зворотнього зв'язку контура вентиляції,  
 $T_{TO}$ - постійна часу контура зворотнього зв'язку контура вентиляції

Передатна функція ґрунт повітря контура вентиляції:

$$W_{ГП} = \frac{K_{ГП} \cdot e^{-\tau_{ГП}s}}{T_{ГП}s + 1} \quad (2.14)$$

де  $K_{ГП}$  - коефіцієнт пропорційності ґрунт повітря контура вентиляції,  
 $T_{ГП}$  - постійна часу ґрунт повітря контура вентиляції.

Передатна функція нормованого регулятора туманоутворення

$$W_{HT} = \frac{K_T}{T_Ts + 1} \quad (2.15)$$

де  $K_T$ - коефіцієнт пропорційності туману,  $T_T$ - постійна часу туманоутворення

Передатна функція впливу туману на вологість:

$$W_{ТВ} = \frac{K_{ТВ}}{T_{ТВ}s + 1} \quad (2.16)$$

де  $K_{ТВ}$ - коефіцієнт пропорційності залежності туману на вологість,  $T_{ТВ}$ -  
 постійна часу впливу туманоутворення на вологість

### 2.3 Моделювання об'єкту

Моделювання системи автоматичного керування мікрокліматом у теплиці включає створення та налаштування контурів обігріву, поливу і туманоутворення, які керують і регулюють значення в теплиці параметрів вологості повітря і ґрунту, температури повітря і ґрунту проводилося як контроль нормативного рівня цих параметрів , якщо вони не дорівнюють цьому рівню , то продовжувалося дослідження.

На рисунку 2.11 зображено контур обігріву вода – ґрунт керування мікрокліматом теплиці, а на рисунках 2.12 представлено перехідну характеристику контуру обігріву вода – ґрунт, де на рисунку 2.13 налаштування регулятора.

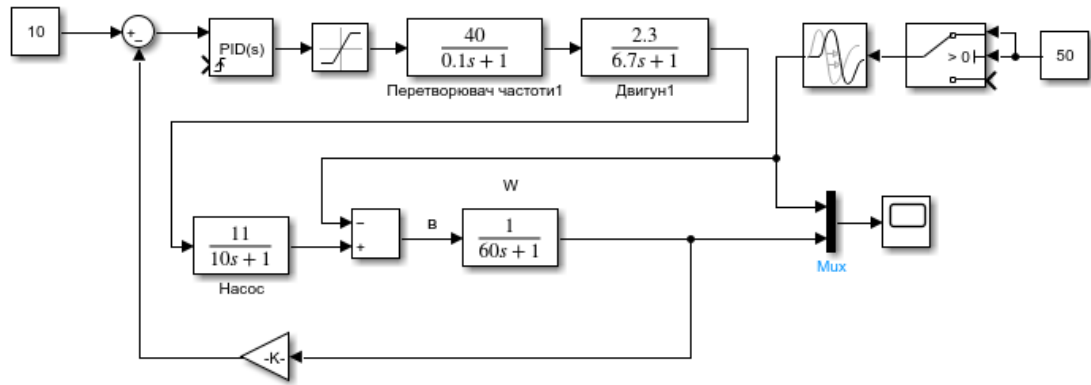


Рисунок 2.11 – Контур обігріву вода – ґрунт

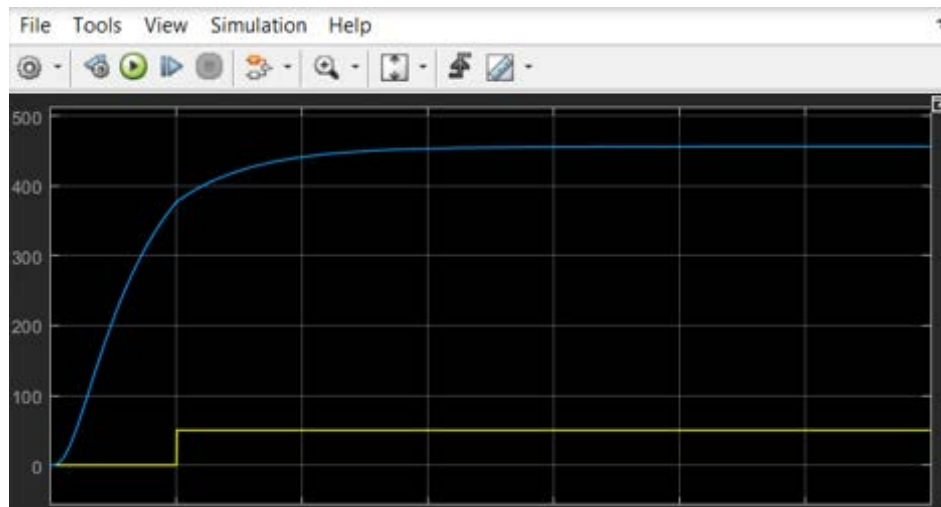


Рисунок 2.12 – Перехідна характеристика

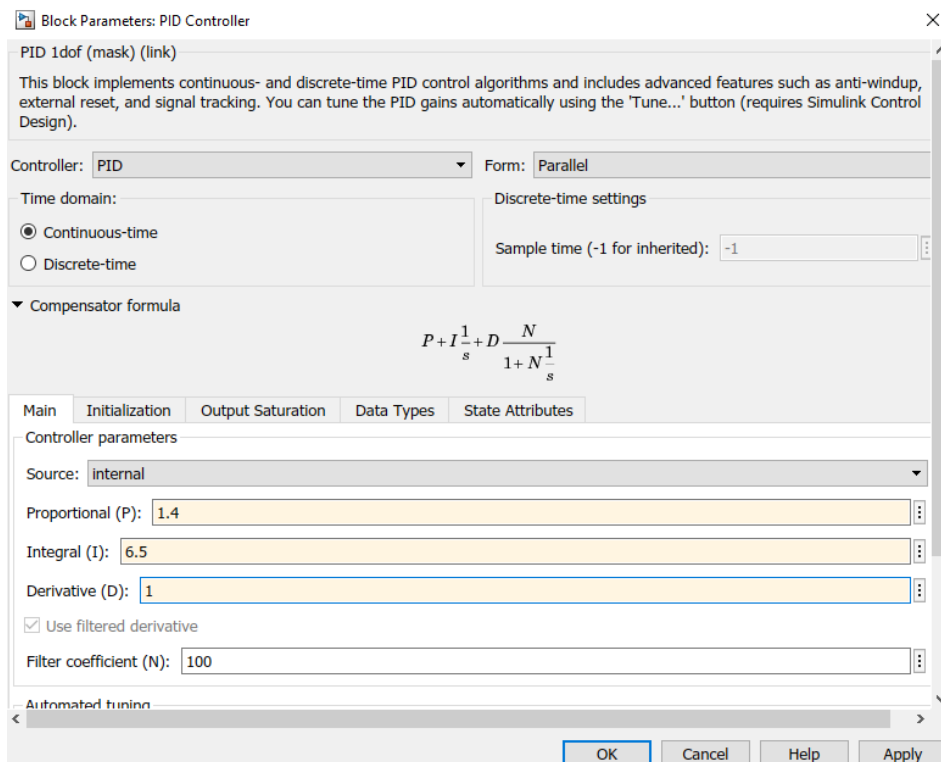


Рисунок 2.13 – Налаштування регулятора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В даному контурі обігріву вода – ґрунт для оптимальної роботи та підтримки мікроклімату було розраховано передатні функції перетворювача частоти, двигуна і інші. Передатна функція перетворювача частоти:

$$W_{пч} = \frac{K_{пч}}{T_{пч}s + 1} = \frac{40}{0.1s + 1} \quad (2.17)$$

Передатна функція двигуна:

$$W_{дв} = \frac{K_{дв}}{T_{дв}s + 1} = \frac{2.3}{6.7s + 1} \quad (2.18)$$

Передатна функція насоса:

$$W_{н} = \frac{K_{дв}}{T_{дв}s + 1} = \frac{2.3}{6.7s + 1} \quad (2.19)$$

Передатна функція труб обігріву:

$$W_{тро} = \frac{K_{тро}}{T_{тро}s + 1} = \frac{1}{60s + 1} \quad (2.20)$$

На рисунку 2.14 зображено контур вентиляції керування мікрокліматом теплиці, а на рисунках 2.15 представлено перехідну характеристику контуру вентиляції, де на рисунку 2.16 налаштування регулятора

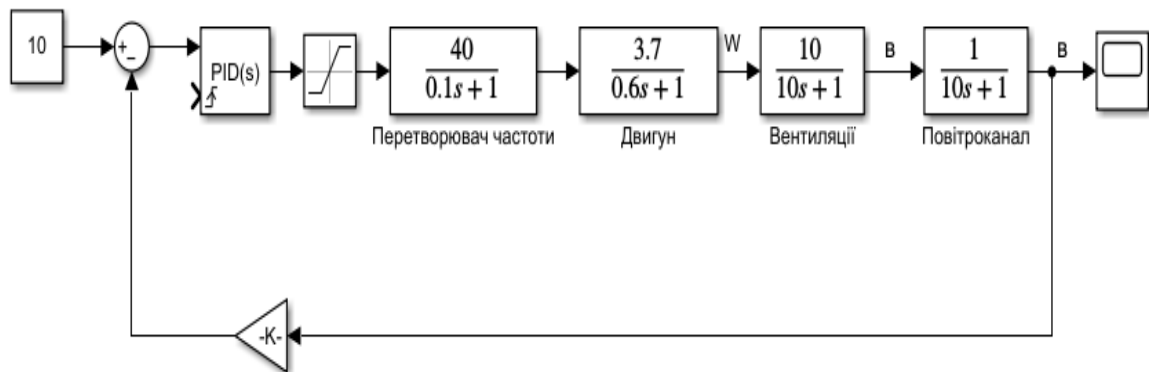


Рисунок 2.14 – Контур вентиляції

В даному контурі вентиляції для оптимальної роботи та підтримки мікроклімату було розраховано передатні функції в програмі Matlab в пакеті розширення функцій розрахунку регулятора для керування вентиляцією, перетворювача частоти, двигуна, вентиляції, повітроканалу .

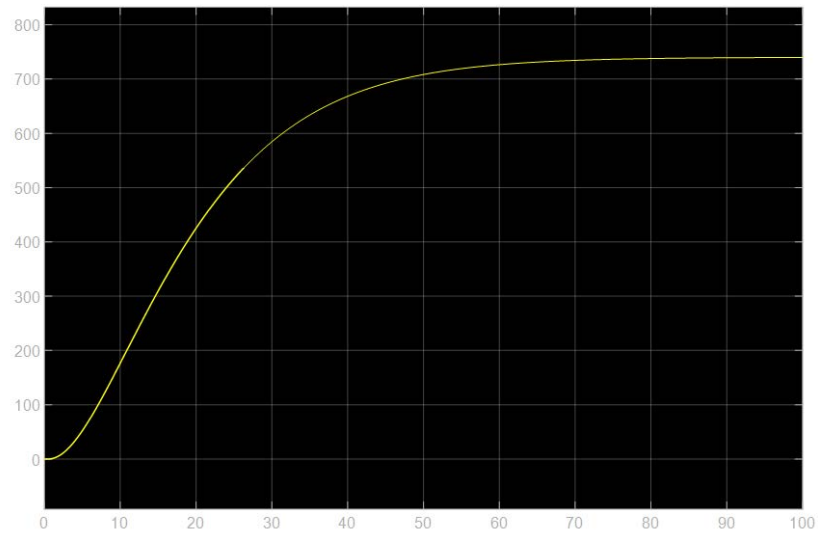


Рисунок 2.15 – Перехідна характеристика контуру вентиляції

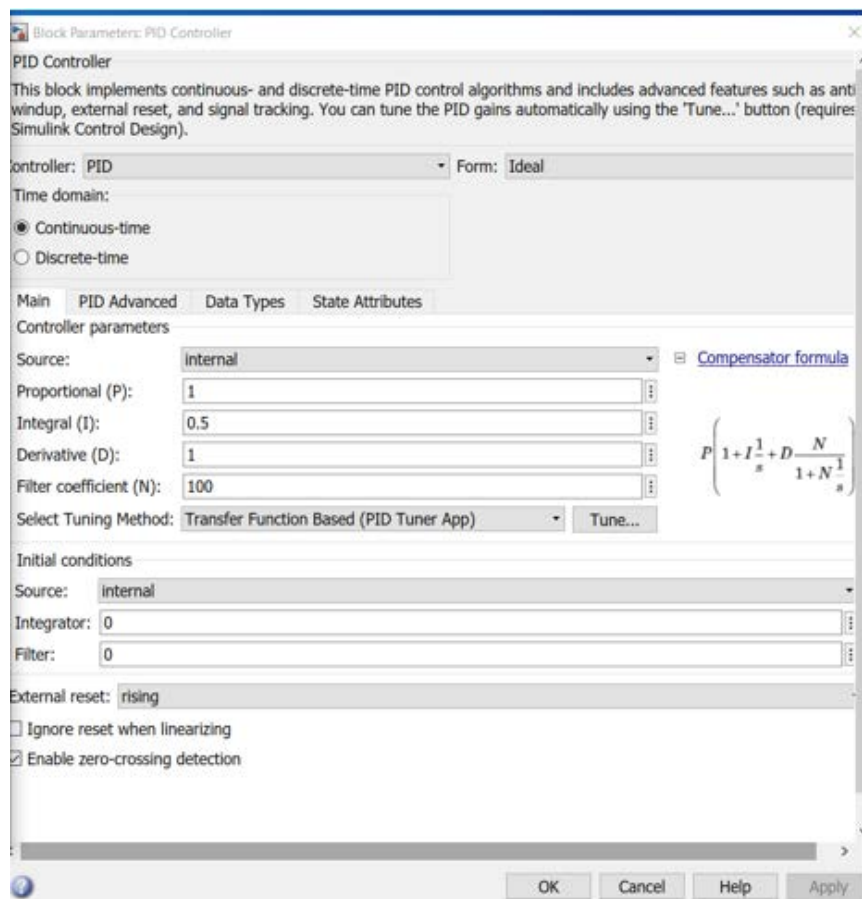


Рисунок 2.16 – Налаштування регулятора

Передатна функція перетворювача частоти:

$$W_{\text{пч}} = \frac{K_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}}s + 1} = \frac{40}{0.1s + 1} \quad (2.21)$$

Передатна функція двигуна:

$$W_{\text{дв}} = \frac{K_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}}s + 1} = \frac{3.7}{0.6s + 1} \quad (2.22)$$

Передатна функція вентиляції:

$$W_{\text{вен}} = \frac{K_{\text{вен}}}{T_{\text{вен}}s + 1} = \frac{10}{10s + 1} \quad (2.23)$$

Передатна функція повітроканалу:

$$W_{\text{пвк}} = \frac{K_{\text{пвк}}}{T_{\text{пвк}}s + 1} = \frac{1}{10s + 1} \quad (2.24)$$

В Matlab введені параметри задля передатних функцій регулювання вологості повітря і ґрунту, температури повітря і ґрунту на рисунку 2.17

```
Command Window
>> %Визначення параметрів
>> K_Ta = 1.0; %коефіцієнт для температури повітря
>> tau_Ta = 5.0; %Часова константа для температури повітря
>> K_Tg = 0.8; % коефіцієнт для температури ґрунту
>> tau_Tg = 10.0; % Часова константа для температури ґрунту
>> K_Ha = 0.9; %коефіцієнт вологості температури
>> tau_Ha = 3.0; %часова константа для вологості повітря
>> K_Hg = 0.7; % коефіцієнт для вологості ґрунту
>> tau_Hg = 7.0; % часова константа для вологості ґрунту
```

Рисунок 2.17 – Введення параметрів

На рисунку 2.18 зображено введення передатних функцій

```
>> % Створення передатних функцій
>> s = tf('s');
>> H_Ta = K_Ta / (tau_Ta * s + 1);
>> H_Tg = K_Tg / (tau_Tg * s + 1);
>> H_Ha = K_Ha / (tau_Ha * s + 1);
>> H_Hg = K_Hg / (tau_Hg * s + 1);
```

Рисунок 2.18 – Введення передатних функцій

На рисунку 2.19 представлено введення функції задля виведення перехідної характеристики для температури повітря.

```

>> % Імітація ступінчастої реакції для кожної функції передаточної
>> t = 0:0.1:50; % часовий вектор
>> figure;
>> subplot(2, 2, 1);
>> step(H_Ta, t);
>> title('Step Response of Air Temperature');
>> xlabel('Time (s)');
>> ylabel('Temperature (°C)');

```

Рисунок 2.19 – Виведення графіку температури повітря

На рисунку 2.20 перехідна характеристика температура повітря передатної функції, а властивості цієї характеристики на рисунку 2.21

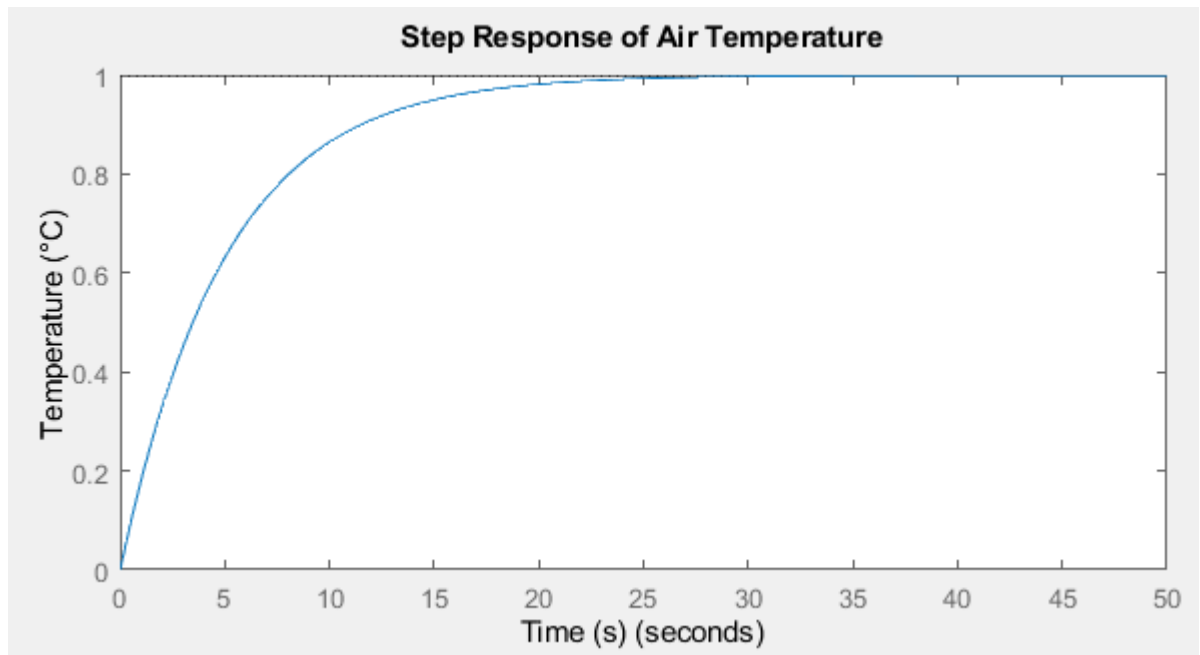


Рисунок 2.20 – Перехідна характеристика температури повітря

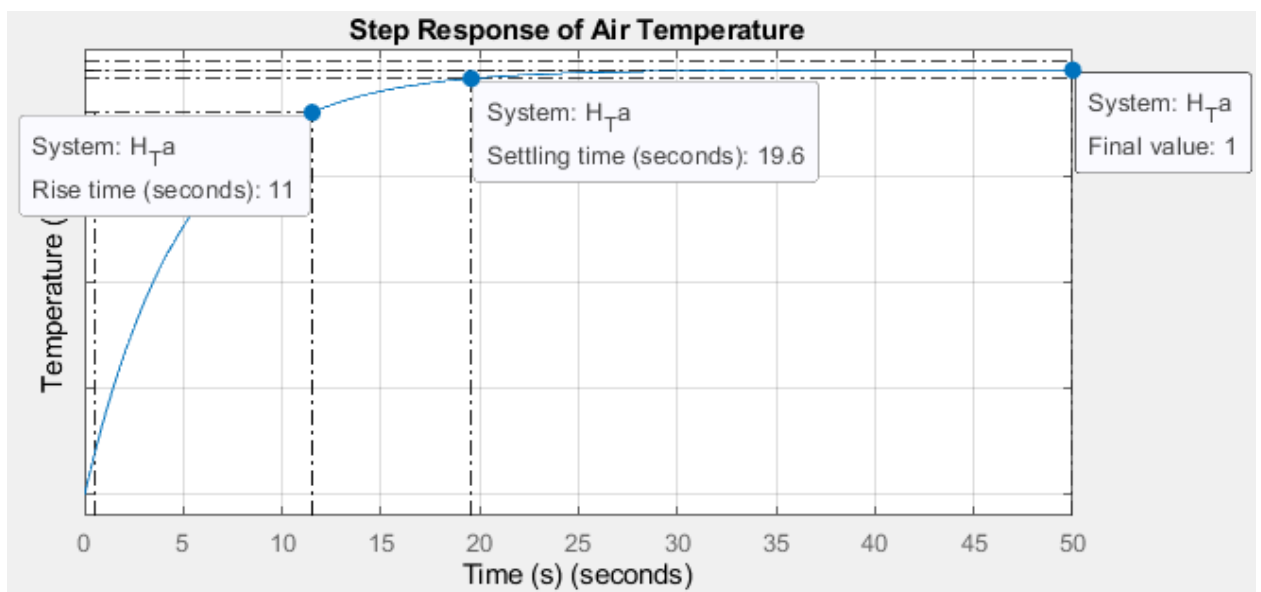


Рисунок 2.21 – Властивості перехідної характеристики температури повітря

На рисунку 2.22 представлено введення функції задля виведення перехідної характеристики для температури ґрунту

```
>> subplot(2, 2, 2);  
>> step(H_Tg, t);  
>> title('Step Response of Ground Temperature');  
>> xlabel('Time (s)');  
>> ylabel('Temperature (°C)');
```

Рисунок 2.22 – Виведення графіку температури ґрунту

На рисунку 2.23 перехідна характеристика температури ґрунту передатної функції, а властивості цієї характеристики на рисунку 2.24

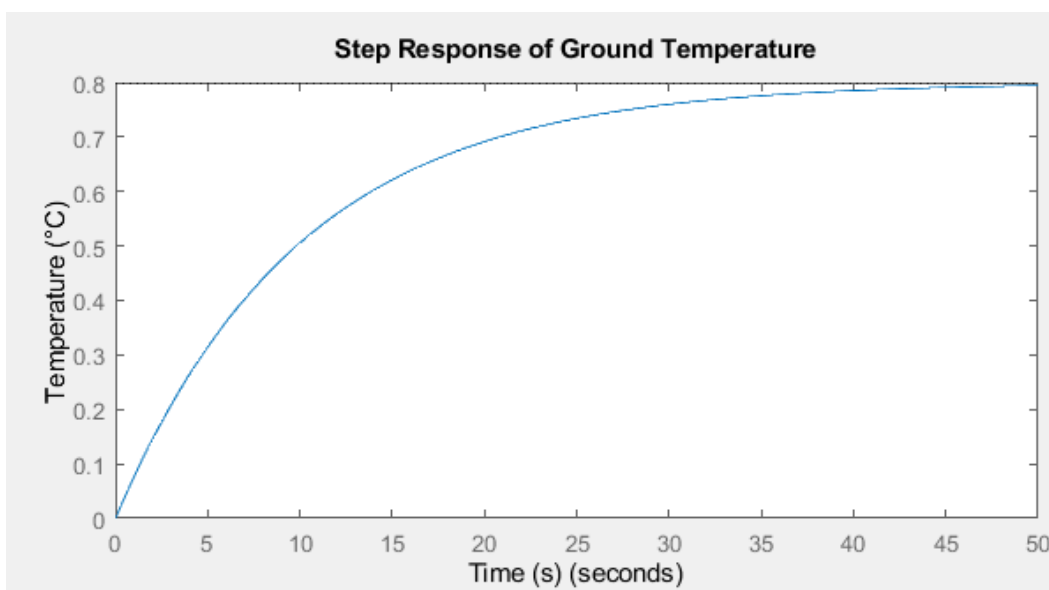


Рисунок 2.23 – Перехідна характеристика температури ґрунту

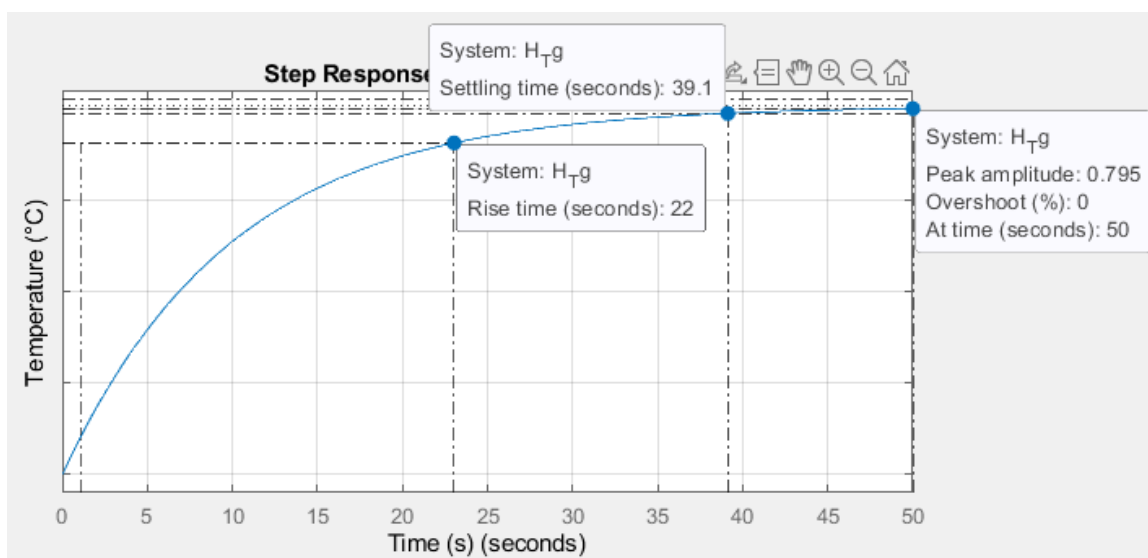


Рисунок 2.24 – Властивості перехідної характеристики температури ґрунту



На рисунку 2.25 представлено введення функції задля виведення перехідної характеристики для вологості повітря

```
>> subplot(2, 2, 3);
>> step(H_Ha, t);
>> title('Step Response of Air Humidity');
>> xlabel('Time (s)');
>> ylabel('Humidity (%)');
```

Рисунок 2.25 – Виведення графіку вологості повітря

На рисунку 2.26 перехідна характеристика вологості повітря передатної функції, а властивості цієї характеристики на рисунку 2.27

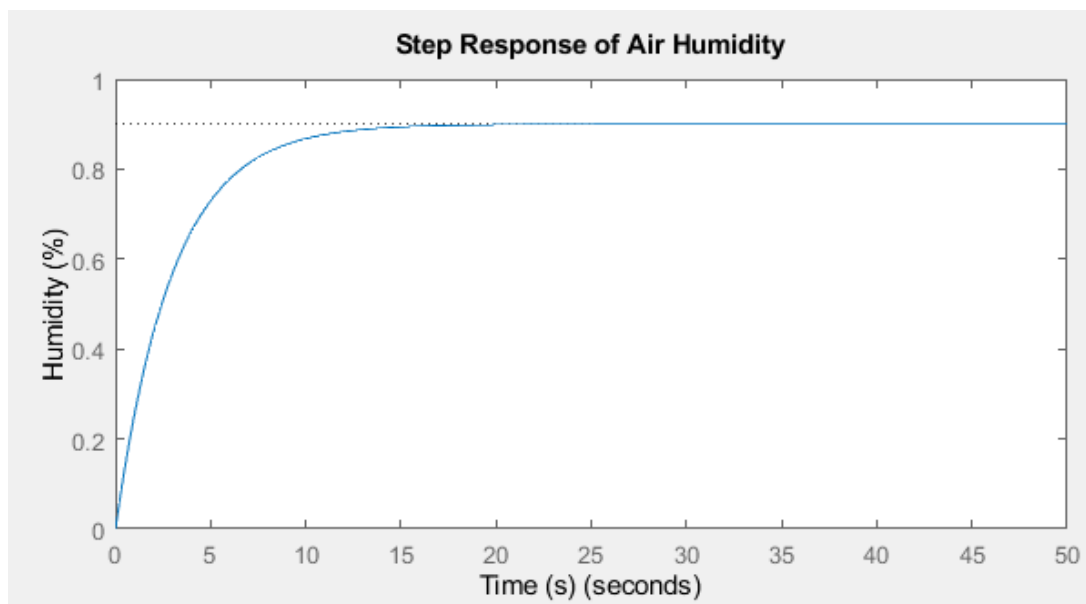


Рисунок 2.26 – Перехідна характеристика вологості повітря

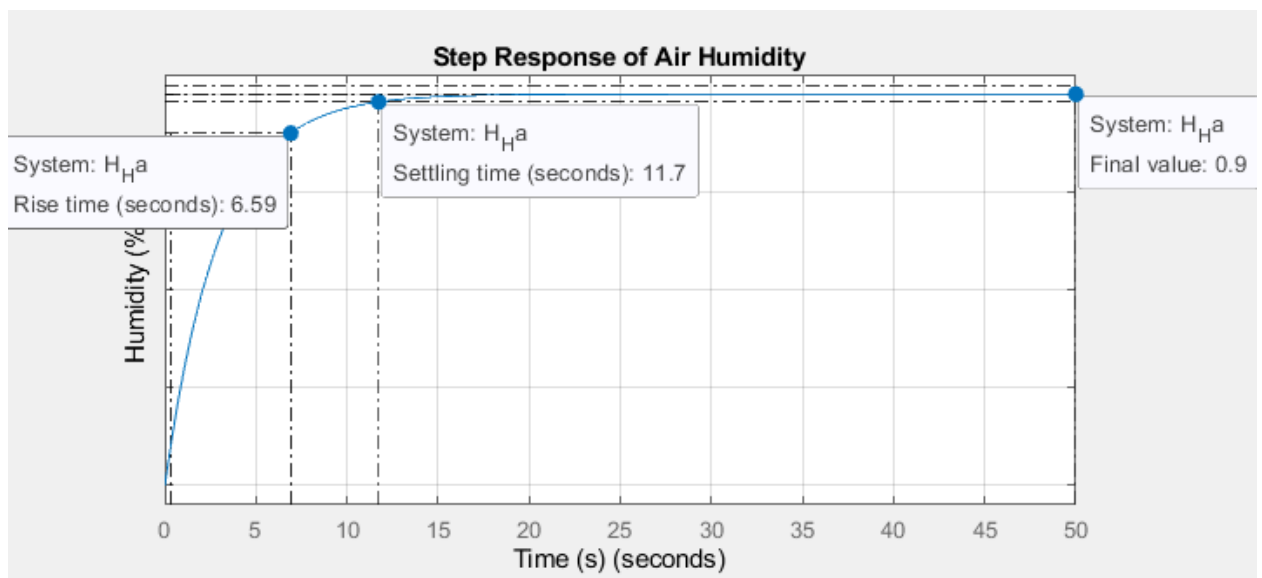


Рисунок 2.27 – Властивості перехідної характеристики вологості повітря

На рисунку 2.28 представлено введення функції задля виведення перехідної характеристики для вологості ґрунту

```
>> subplot(2, 2, 4);
>> step(H_Hg, t);
>> title('Step Response of Ground Humidity');
>> xlabel('Time (s)');
>> ylabel('Humidity (%)');
```

Рисунок 2.28 - Виведення графіку вологості ґрунту

На рисунку 2.29 перехідна характеристика вологості повітря передатної функції, а властивості цієї характеристики на рисунку 2.30

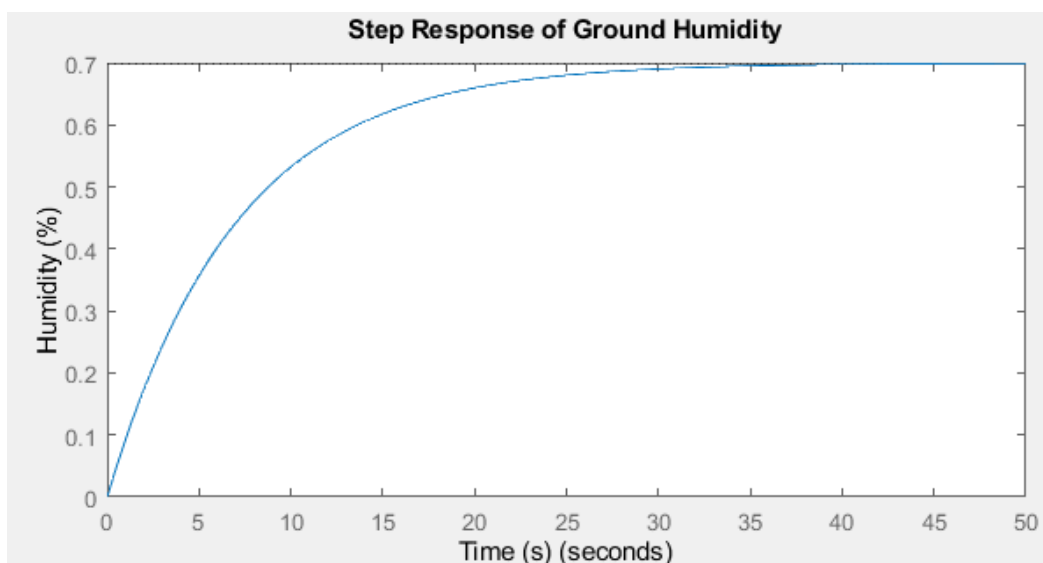


Рисунок 2.29 – Перехідна характеристика вологості ґрунту

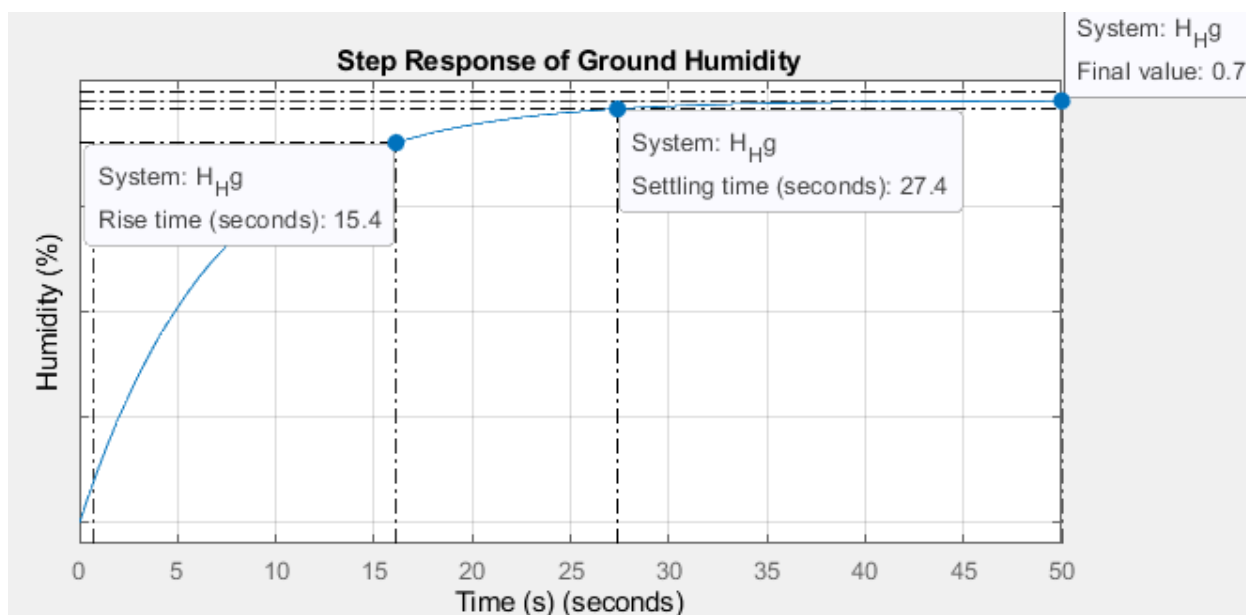


Рисунок 2.30 – Властивості перехідної характеристики вологості ґрунту

## 2.4 Вибір технічних засобів автоматизації

### Вибір контролера САУ мікроклімату теплиці

Контролер для системи автоматичного управління мікрокліматом теплиці - це електронний пристрій, який відповідає за моніторинг і керування параметрами середовища в теплиці. Він сприймає дані від датчиків, аналізує їх і видає команди на виконання необхідних дій для підтримки оптимальних умов для рослин.

#### Функції контролера для САУ мікрокліматом теплиці:

1. Моніторинг та управління температурою: контролює температуру в теплиці шляхом керування системами опалення(обігріву) та вентиляції;

2. Контроль вологості ґрунту і повітря: визначає рівень вологості в ґрунті та повітрі та регулює полив та вентиляцію для забезпечення оптимальних умов для росту рослин;

3. Система сповіщень і аварійний режим: виявляє відхилення в параметрах мікроклімату та надає сповіщення про них або автоматично вживає заходів для виправлення ситуації;

5. Збір даних та аналітика: Збирає дані про умови в теплиці для аналізу та оптимізації управління мікрокліматом у майбутньому.

Контролер для системи автоматичного управління мікрокліматом теплиці відіграє ключову роль у забезпеченні оптимальних умов для росту рослин, що впливає на їх врожайність та якість.

Siemens S7-1200 – програмований логічний контролер (ПЛК), що зображено на рисунку 2.31, який призначений для керування різними процесами в промисловості, включаючи виробництво, автоматизацію тощо.

Контролера S7-1200 центральний процесор (ЦП) об'єднує в собі мікропроцесор, інтегрований блок живлення, схеми вводу-виводу, вбудований PROFINET, високошвидкісний ввід-виведення управління рухом і вбудовані аналогові входи в компактному корпусі для створення потужного контролеру.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

ЦП забезпечує порт для комунікацій по мережі PROFINET. Додаткові модулі доступні для комунікацій по PROFIBUS, GPRS, RS-485, RS-232, IEC, DNP3 і WDC мережам. Ряд функцій забезпечення безпеки допомагають захищати доступ як ЦП, а також керуючою програмою:

1. Кожен ЦП забезпечує захист паролем, яка допомагає конфігурувати доступ до функцій ЦП;
2. Можливість використання «Захист ноу-хау», щоб приховати код усередині певного блоку;
3. Захист від копіювання, щоб прив'язати програму до визначеній карті пам'яті або ЦП.



Рисунок 2.31 – Вид контролера S7-1200

Контролер Siemens S7-1200 може бути з'єднаний з комп'ютером за допомогою різних інтерфейсів зв'язку. Основні способи підключення включають в себе використання Ethernet, USB або RS485/RS232 зв'язку. Найпоширеніший метод зв'язку - це використання Ethernet. В таблиці 2.1 представлено характеристики контролера Siemens S7-1200 з центральним процесором 1215, що зображено на рисунку 2.32.

Таблиця 2.1 – Технічні властивості контролера Siemens S7-1200 з ЦП

1215

Властивості□		ЦП-1215□
Фізичні розміри (мм)□		130×100×75□
Користувацька пам'ять□	Робоча□	125·кБайт□
	Завантажена□	4·МБайт□
	Зберігаюча□	10·кБайт□
Вбудовані входи/виходи□	Цифрові□	14·входів/10·виходів□
	Аналогові□	2·входа/2·вихода□
Розмір області відображення□	Входи(I), виходи(Q)□	1024·Байт□
Бітова пам'ять (M)□		8192·Байт□
Допоміжні сигнальні модулі (SM)□		8□
Сигнальна плата (SB), батарейна плата (BB) чи комунікаційна плата (CB)□		1□
Комунікаційний модуль (CM) (накладна зліва)□		3□
Карта пам'яті□		Карта пам'яті SIMATIC (додатково)□
Час зберігання годинника реального часу□		20·днів, типове/12·днів·хв. при 40·С□
PROFINET¶ Ethernet комунікаційний порт□		2□
Швидкість обробки виразу з дійсними числами□		2.3·мкс/інструкцію□
Швидкість обробки □		0.08·мкс/інструкцію□
Програмування мовами□		LAD, FBD, STL□

Програмне забезпечення: у програмному забезпеченні STEP 7 або TIA Portal створюються програми для контролера, відлагоджування їх та завантажування на контролер. В даній роботі було обрано програмне середовище розробки керування мікрокліматом в теплиці індивідуального домогосподарства TIA Portal, в якому є функції регулюванням температури повітря та ґрунту, вологості повітря та ґрунту;

Програмовані контролери S7-1200 відрізняються компактними пластиковими корпусами зі ступенем захисту IP20. Вони можуть

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

встановлюватися на стандартну 35 мм DIN-рейку або монтажну плату і функціонують при температурах від 0 до 50 °С або від -20 до 60 °С [19].



Рисунок 2.32 – Центральний процесор 1215

Вибір комунікаційного модуля

На рисунку 2.33 зображено комунікаційний модуль



Рисунок 2.33 – Комунікаційний модуль CSM 1277

Комунікаційний модуль CSM 1277 використовується для розширення можливостей зв'язку контролера Siemens S7-1200 з іншими пристроями та системами.

Основні функції та призначення комунікаційного модуля CSM 1277 включають:

- Підтримка промислових мережевих протоколів такими як: PROFINET, Modbus TCP/IP, TCP/IP і UDP/IP, що дозволяє забезпечити зв'язок з іншими пристроями та системами виробництва;
- Зв'язок з системами вищого рівня такими як: системи SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), MES (Manufacturing Execution System) та іншими системами керування та моніторингу;

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

– Інтеграція з іншими пристроями і обладнанням таким як сенсори, актуатори, механізми керування та інші промислові пристрої;

– Передача даних: Модуль дозволяє передавати дані між контролером Siemens S7-1200 та іншими пристроями чи системами, що дозволяє здійснювати моніторинг, керування та збір даних у реальному часі.

Вибір модуля введення-виведення. На рисунку 2.34 зображено модуль аналогового введення-виведення SM 1231 6ES7231-4HF32-0XB0



Рисунок 2.34 – модуль аналогового введення-виведення SM 1234

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики модуля аналогового введення-виведення SM 1234

Визначення типу продукту	SM 1234
Номінальне значення напруги живлення (пост. струм)	24 В
Вхідний струм споживання струму, тип.	60 мА
Вхідний струм із шини на задній стійці	80 мА
Нормальна розсіювана потужність	2 Вт
Число аналогових входів	4; диференційні входи струму чи напруги
Число виходів	2
Макс. Допустима вхідна напруга для входу напруги	35 В
Макс. Допустимий вхідний струм для входу струму	40 мА
Макс. час циклу	625 мс
Вхідні діапазони: Напруги Струму Термоелемент Резистивний термометр Опір	-10 – 10 В, -5 – 5 В, -2,5 – 2,5 0 – 20мА, 4 – 20мА - - ≥9МОм(при напрузі), 280 Ом (при струмі)
Ступінь захисту	IP20
Температура експлуатації	-20 – 60 °С

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ

Арк.

55

## Вибір датчиків

Підсистема датчиків і виконавчих механізмів включає:

- датчик температури і вологості повітря в теплиці;
- датчик температури води;
- датчик температури і вологості ґрунту;
- датчик рівня води;
- датчик освітлення.

Основні вимоги до датчиків такі як: точність; висока чутливість; стійкість і надійність; швидкість відгуку; діапазон вимірювання; сумісність зі системою контролю; простота монтажу.

Для використання з контролером Siemens S7-1200 обрано такі моделі датчиків температури:

- Датчик температури повітря і вологості- Siemens QFA2060, що зображено на рисунку 2.35. Це промисловий датчик температури і вологості з широким діапазоном вимірювання і високою точністю. В таблиці 2.3 представлені технічні характеристики



Рисунок 2.35 – Датчик температури і вологості повітря Siemens QFA2060

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56



Таблиця 2.3 – Технічні характеристики

Робоча напруга	24 В змінного струму; Постійний струм 13,5...35 В
Діапазон вимірювання, температура	0 - 50 °С; -35 - 35 °С; -40 - 70 °С
Діапазон вимірювання вологості	0 - 95 % <u>відн</u>
Точність вимірювання	При 0...95 % відносної вологості та 23 °С: ±5 %; При 30...70 % відносної вологості та 23 °С: ±3 %
Постійна часу	Вологість <20 с; Температура <8,5 хв
Вихідний сигнал температури	Постійний струм 0...10 В
Вихідний сигнал вологості	Постійний струм 0...10 В

– Датчик температури води для поливу - Siemens SITRANS TS300, що зображено на рисунку 2.36. Це промисловий датчик температури, який може бути використаний для вимірювання температури води в системі поливу в теплиці. В таблиці 2.4 представлені технічні характеристики



Рисунок 2.36 - Датчик температури води для поливу Siemens SITRANS TS300

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики

Вихід	Прямий сигнал сенсора 4 – 20 мА (ТН100/ТН200) HART (ТН300) РА (ТН400) FF (ТН400)
Максимальна робоча температура - Точка вимірювання - З'єднувальна головка:	-30 - +300 °С -20 - +160 °С
Ступінь захисту	IP54, 65

Переваги: гігієнічне виконання – конструкція сенсора відповідно до рекомендації ENEDG; можливість заміни вимірювальної вставки; низькі витрати, безліч переваг – низька вартість утримання при монтажі, перевірці та повторному калібруванні; немає перешкод для процесу.

– Датчик температури ґрунту і вологості ґрунту на рисунку 2.37. Цей пристрій є повністю водонепроникним і може перебувати під водою тривалий час. Штирі виготовлені з неіржавкої сталі, що робить їх стійкими до корозії та впливу різної кислотності і солей у ґрунті. Ємнісний принцип вимірювання вологості забезпечує стабільність показань, незалежно від складу ґрунту, і запобігає електролізу електродів. Завдяки використанню ємнісного методу замість електролізу, пристрій відрізняється довговічністю і високою точністю показань, які залишаються стабільними з часом.

Тип вихідного сигналу: RS485. Живлення: 5-24В DC

Параметри вимірювання: вміст ґрунту

Діапазон вимірювання вологості: 0... 100%

Похибка вимірювання вологості: вода <3% (0-53%), вода <5% (53-100%)

Діапазон вимірювання температури: -40... 80°C

Похибка вимірювання температура: +/-0.5°C



Рисунок 2.37 - Датчик температури і вологості ґрунту – Decagon GS3

					КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Технічні характеристики представлені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики

Параметр	Характеристика
Діапазон вимірювання температури	-40°C—50°C
Діапазон вимірювання вологості	0—100%
Похибка вимірювання	±1°C або 10%
Розміри	9.3-см·6.5-см·2.4-см
Довжина кабелю	5-м
Матеріал захисної арматури	Нержавіюча сталь

Обрано ультразвуковий датчик рівня води – Senix ToughSonic REMOTE 30 (9.1 метрів (RS-485)), що зображено на рисунку 2.38, де технічні характеристики представлені в таблиці 2.6. Вони використовують ультразвукові хвилі для вимірювання відстані до рідини та визначення рівня. Цей тип датчика вимірює рівень рідини за допомогою звукових хвиль і може бути встановлений у верхній частині ємності. Він дозволяє точно виміряти рівень води та контролювати його в реальному часі.

ToughSonic REMOTE 30 — це дистанційний датчик рівня рідини з максимальним діапазоном вимірювання 30 футів (9,1 метра).

Цей цифровий датчик розроблено для забезпечення точності та тривалої довговічності корпусу ультразвукового датчика з нержавіючої сталі в програмах дистанційного моніторингу.

Завдяки корпусу з нержавіючої сталі, повному епоксидному заливці та рейтингам NEMA-6P і IP68 він працює в найсуворіших кліматичних умовах. Він оснащений системою Senix Lightning Guard, яка захищає як силові, так і комунікаційні ланцюги від повторюваних електричних перехідних процесів до 7 кіловольт.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики

Живлення	10—30 В постійного струму
Споживаний струм	35 мА при 24 В постійного струму
Максимальна дальність	9.1 м
Оптимальний діапазон	25.4 см—6.1 м
Температура	-40°С до 70°С
Вологість	0—100%
Захист	NEMA-6P, IP68. На 75% кращий захист від перенапруг, ніж IEC-61000-4-5.
Перетворювач	Міцний п'єзоелектричний
Компенсація	Температурна компенсація
Роздільна здатність	0.172 мм
Повторювальність	Номінальна 0.2% діапазону при постійній температурі
Частота оновлення	10 Гц, 100 мс
Інтерфейс	RS-485
Швидкість передачі	9600, регулюється до 11520
Протокол	Адресний Modbus-RTU
Корпус	з нержавіючої сталі типу 316
Кабель	Стійкий до ультрафіолетового випромінювання герметизований 4-жильний До 2 м в довжину
Захисту від занурення	Так, герметична епоксидна заливка



Рисунок 2.38 - Senix ToughSonic REMOTE 30

Обрано високоточний датчик освітлення, інтенсивності світла для теплиць, міського освітлення – RY-GW – вимірює освітленість, він використовує передовий модуль розробки технології передавача та металеву оболонку. Він використовується для досягнення вимірювання освітленості.

Вихідні сигнали включають поточні сигнали, RS 485 тощо. В таблиці 2.7 написано технічні характеристики

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики

Діапазон вимірювання	0—2000·лк, 0—20Клк, 0—200Клк
Діапазон довжин хвиль	400—700·нм·видимого·світла
Точність	±3%
Принцип роботи	фотоелектричний
Напруга живлення	DC·12V·-/·DC·24·V
Вихідні дані	4·-20·мА, 100·Клк
Інтерфейс зв'язку/Протокол	RS-485/Modbus
Ступінь захисту	IP65
Час відповіді	1·с

Вибір блока живлення. На рисунку 2.39 зображено блок живлення контролера S7-1200, а в таблиці 2.8 технічні характеристики, а в таблиці 2.9 характеристики пристроїв



Рисунок 2.39 – Блок живлення контролера S7-1200

Стабілізований блок живлення контролера S7-1200 призначений для живлення контролерів SIMATIC S7-1200.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики

Вхідна напруга	120/230 В
Вихідна напруга	24 В
Номинальне значення струму навантаження	2.5 А
Частота змінного струму	50/60 Гц
Втрата потужності при номінальній напрузі, номінальному струмі	12 Вт
Номинальне значення вихідного струму	2.5 А
ККД при номінальній напрузі, номінальному струмі	83%
Діапазон частот мережі	47 - 63 Гц
Захист від коротких замикань в контурі навантаження	Так

Таблиця 2.9 – Характеристики пристроїв

	Споживаний струм, А	Напруга живлення, В	Потужність втрат, Вт
Комунікаційний модуль CSM 1277	0.07	24	1.6
Контролер Siemens S7-1200 з центральним процесором 1215	1.5	24	36
Модуль аналогового вводу-виведення SM1234	0.08	24	1.9
Siemens QFA2060	0.06	24	1.4
Siemens SITRANS TS300	0.04	24	1
Температура і вологість ґрунту	0.04	24	1

Споживаний струм контролера та модулів, датчиків:

$$I = 0.07 + 1.5 + 0.08 + 0.06 + 0.04 + 0.04 = 1.79 \text{ А}$$

Споживана потужність контролера та модулів, датчиків:

$$P = 1.6 + 36 + 1.9 + 1.4 + 1 + 1 = 42.9 \text{ Вт}$$

Вибір панелі керування

Операторська панель TP900 Comfort - 6AV2124-0MC01-0AX0 від SIMATIC оснащена 9-дюймовим широкоформатним TFT-дисплеєм, який підтримує 16 мільйонів кольорів і сенсорне управління. Підключення до контролера здійснюється через інтерфейси PROFINET або MPI/PROFIBUS-DP. Конфігурацію панелі TP900 Comfort - 6AV2124-0MC01-0AX0 можна виконувати, починаючи з версії WinCC Comfort V11 [20].

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

На рисунку 2.40 зображено панель сенсорну, а в таблиці 2.10 технічні характеристики

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики

Тип панелі	HMI Comfort Panel
Розмір екрану	9" TFT
Ширина дисплея	195 мм
Висота дисплея	117 мм
Кількість кольорів	16777216
Сенсорний екран	Так
Розподільна здатність дисплея	800 x 480 <del>px</del>
Напруга живлення	24 V DC
Допустимий діапазон напруги	19.2-28.8 V DC
Споживання струму	0.5 A
Інтерфейси	PROFINET
Погодження	Ethernet
Тип монтажу	RS-485
Пам'ять для даних користувача	MPI/PROFIBUS-DP
Системний годинник	USB 2.0



Рисунок 2.40 - Siemens Comfort Panel TP900

Операторська панель є важливим компонентом в системі керування мікрокліматом, забезпечуючи необхідну взаємодію між оператором та автоматизованою системою.

## 2.5 Розробка структурної схеми системи керування

Для підтримки оптимального рівня температури атмосфери 22 °С та температури ґрунту 20°С в теплиці за допомогою системи автоматичного керування розроблено структурну схему на рисунку 2.41. Для цього відбувається керування сигналу надходження гарячої води до ґрунту. Для збільшення значення температури відкривається клапан і навпаки для зменшення температури – зачинити. При збільшенні значень повітря вмикається вентилятор.

Структурна схема системи автоматичного керування мікрокліматом теплиці складається з чотирьох основних контурів:

– Контур вода-ґрунт для обігріву ґрунту трубами, який призначений для підтримки оптимальної температури ґрунту і повітря в теплиці. Система використовує нагріту воду, яка циркулює в трубах, закладених у ґрунті. Температура води регулюється контролером на основі показань датчика температури;

– Контур керування вентиляцією забезпечує підтримання оптимальної температури та вологості повітря в теплиці. Вентилятори активуються на основі показань датчика температури повітря та вологості повітря;

– Контур системи туманоутворення призначений для підвищення вологості повітря в теплиці. Система активується, коли вологість повітря падає нижче заданого рівня;

– Контур поливу забезпечує автоматичне зрошення рослин у теплиці. Система керується датчиками вологості ґрунту та рівня води в баку.

Розробимо загальну структурну схему системи керування мікрокліматом на рисунку 2.41, де представлено три контури, а саме: контур вода-ґрунт для обігріву ґрунту і повітря трубами, контур керування вентиляцією, контур системи туманоутворення передатні функції, які

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64



характеризують впливи і залежності на мікроклімат теплиці

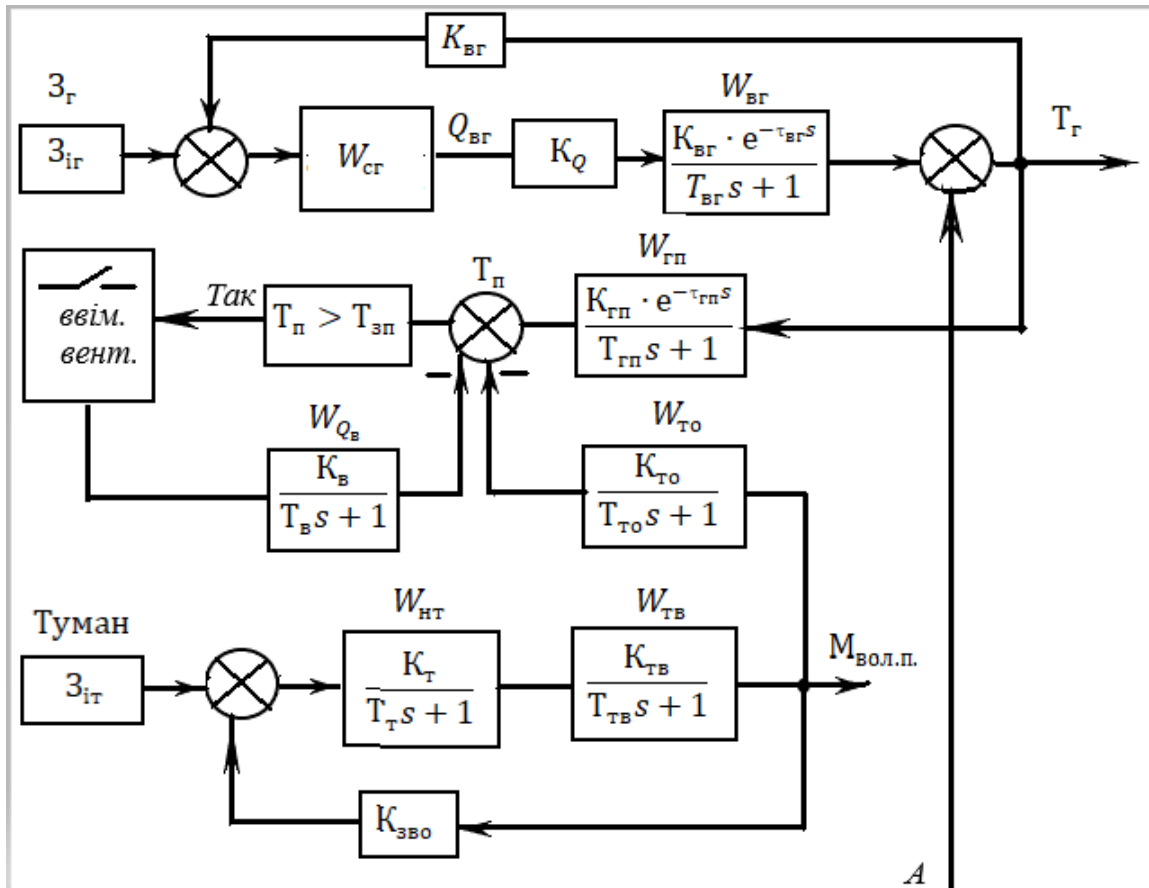


Рисунок 2.41 – Загальна структурна схема керування системою мікроклімату

Розробимо загальну структурну схему для поливу на рисунку 2.42

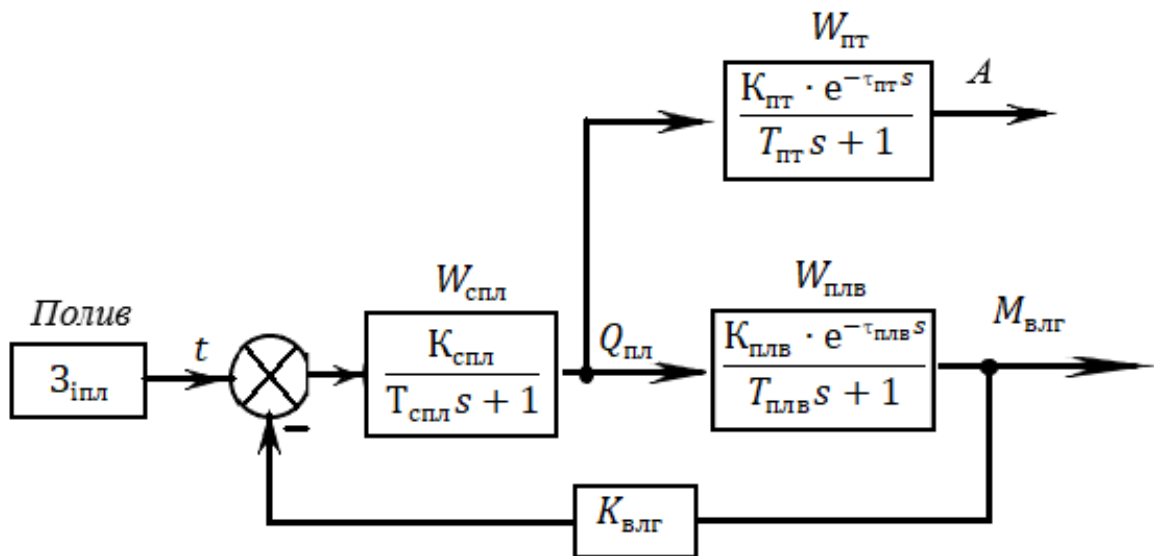


Рисунок 2.42 – Загальна структурна схема для поливу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Двохпозиційне регулювання (або "двохпозиційний регулятор") — це простий вид автоматичного регулювання, що широко використовується в технічних системах. Основною характеристикою цього типу регулювання є те, що регулятор має лише дві стани: "включено" і "виключено". Він не забезпечує плавного переходу між цими станами, а працює за принципом "все або нічого".

Двохпозиційні регулятори застосовуються в тих системах, де необхідна проста і надійна автоматизація без необхідності високої точності регулювання. Вони ідеально підходять для:

- Термостати в системах опалення або охолодження, де необхідно підтримувати температуру в межах певного діапазону.
- Керування рівнем рідини в резервуарах, наприклад, коли потрібно підтримувати рівень води між двома граничними значеннями.
- Прості промислові процеси, де потрібна автоматизація ввімкнення/вимкнення обладнання.

Принцип дії двухпозиційного регулятора базується на порівнянні фактичного значення контрольованої величини з заданим значенням (уставкою). Регулятор працює за наступною схемою:

- Вимірювання контрольованої величини: Сенсор або датчик знімає поточне значення контрольованої величини, наприклад, температури, рівня рідини або тиску.
- Порівняння з уставкою: Контролер порівнює отримане значення з уставкою.
- Реакція регулятора:
  - Якщо фактичне значення нижче уставки, регулятор переходить у стан "включено" (актуатор активується, наприклад, нагрівач вмикається);
  - Якщо фактичне значення вище уставки, регулятор переходить у стан "виключено" (актуатор деактивується, наприклад, нагрівач вимикається).

Це створює періодичні цикли включення і виключення, завдяки чому підтримується середнє значення контрольованої величини в межах заданого діапазону.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		66

Структурна схема двохпозиційної системи регулювання наведена на рисунку 2.43.

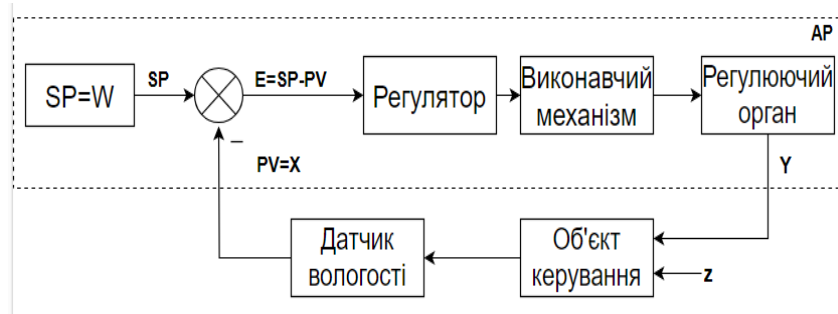


Рисунок 2.43 – Структурна схема двохпозиційної системи регулювання

де: AP – двохпозиційний регулятор, ОУ – об'єкт управління, SP – вузол формування заданої точки (задання), E – розузгодження регулятора, PV=X – регульована величина, Y – керуюча дія, Z – збурююча дія.

Для прикладу, роботу двопозиційної системи регулювання температури в теплиці за допомогою нагрівача можна описати так:

- Нагрівач залишається увімкненим, поки температура в теплиці ( $X=PV$ ) не досягне встановленого значення SP.
- Вихід регулятора Y (нагрівач) вимикається, коли регульована величина (температура) перевищує встановлену точку SP.
- Нагрівач знову вмикається після зниження температури до рівня  $SP-H$ , враховуючи гістерезис H перемикаючого елемента.

Алгоритм двохпозиційних регуляторів визначається статичною характеристикою: залежністю вихідного сигналу Y від вхідного X на рисунку 2.44.

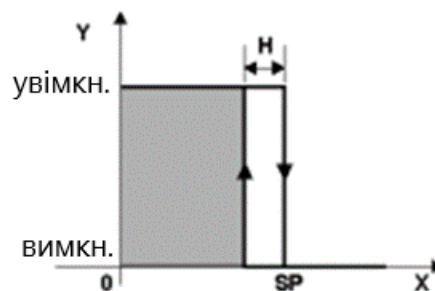


Рисунок 2.44 – Статична характеристика двохпозиційної системи

Алгоритм роботи двопозиційних регуляторів визначається їхньою статичною характеристикою, яка описує залежність вихідного сигналу  $Y$  від вхідного  $X$ . Вихідна величина  $Y$  має максимальне значення - нагрівач увімкнений:  $Y = \max$ , коли  $X < SP - H$ , де  $H$  - значення гістерезису.

Вихідна величина  $Y$  має мінімальне значення - нагрівач вимкнений:

$Y = 0$ , коли  $X > SP$ , де  $H$  - значення гістерезису.

Єдиним програмованим параметром в сучасних двопозиційних регуляторах є ширина зони гістерезису. Опис зони гістерезису можна знайти в керівництві з експлуатації відповідного регулятора або системи керування. Основні варіанти представлення зони гістерезису наведені на рисунку 2.45.

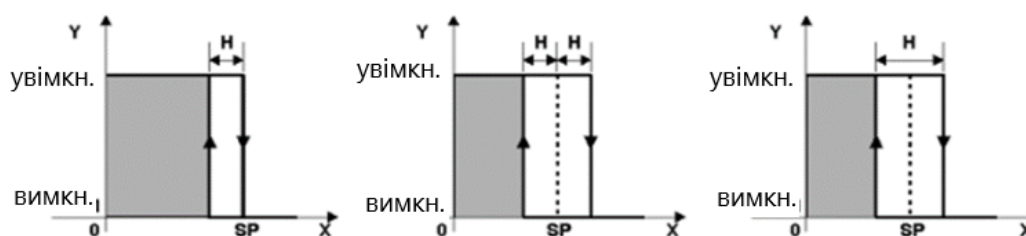


Рисунок 2.45 - Основні варіанти представлення зони гістерезису

Призначення гістерезису  $H$  полягає в усуненні "дребезгу" вихідного керуючого пристрою (наприклад, реле) поблизу встановленої точки  $SP$  через занадто часті вмикання нагрівача. У літературі з автоматизації цей параметр також відомий як зона нечутливості, зона повернення, зона нерівномірності або диференціал [21].

Особливості та недоліки:

- Простота конструкції: Двохпозиційні регулятори прості в конструкції та дешеві у виготовленні;
- Надійність: Вони надійні та легко налаштовуються;
- Гістерезис: Для уникнення надмірної частоти перемикань, зазвичай вводять невеликий гістерезис, тобто діапазон нечутливості між станами "включено" і "виключено".

Недоліки:

- Неплавне регулювання: Такий регулятор не забезпечує плавного регулювання, що може бути недостатнім для точних технологічних процесів.
- Періодичність і коливання: Перемикання між станами можуть викликати коливання контрольованої величини.

## 2.6 Розробка програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення для системи керування мікрокліматом в теплиці спрямована на створення надійної та ефективної системи, що забезпечує оптимальні умови для росту рослин, де середовище розробки програмного забезпечення обрано Tia Portal.

Для реалізації системи обрано апаратне забезпечення від фірми Siemens.

Контролери Siemens мають низку переваг, що робить їх популярними в системах автоматизації, включаючи управління мікрокліматом теплиць. Основні переваги контролерів Siemens такі:

- Надійність та якість: контролери Siemens відомі своєю високою надійністю та якістю збірки, що забезпечує тривалу та безвідмовну роботу в різних умовах;
- Широкий асортимент: Siemens пропонує широкий асортимент контролерів, від базових моделей для простих завдань до високопродуктивних контролерів для складних систем автоматизації. Це дозволяє обрати оптимальне рішення для конкретних потреб;
- Висока продуктивність: контролери Siemens забезпечують високу швидкість обробки даних та реакції на змінні умови, що важливо для забезпечення стабільного мікроклімату в теплиці;
- Інтеграція з різними системами: контролери Siemens легко інтегруються з іншими системами автоматизації та обладнанням завдяки підтримці стандартних протоколів зв'язку (наприклад, PROFINET,

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.02.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		69

PROFIBUS, Modbus);

– Гнучкість та масштабованість: системи на базі контролерів Siemens можуть бути легко розширені та модифіковані відповідно до зростаючих потреб або змін у технологічному процесі;

– Потужне програмне забезпечення: Siemens пропонує потужне програмне забезпечення для програмування та налаштування контролерів, наприклад, TIA Portal, яке забезпечує зручний інтерфейс для розробки та діагностики систем автоматизації;

- Високий рівень безпеки;
- Підтримка та сервіс;
- Енергоефективність;
- Довговічність та ремонтпридатність.

Ці переваги роблять контролери Siemens оптимальним вибором для автоматизації систем мікроклімату в теплицях, забезпечуючи ефективне управління, надійність та довговічність.

На рисунку 2.46 зображено апаратну частину контролеру

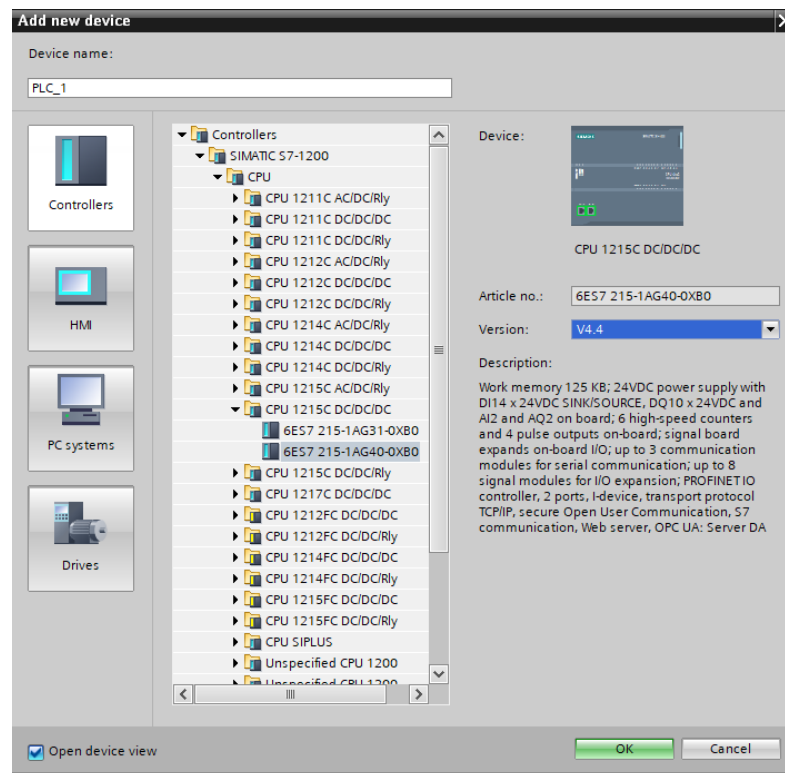


Рисунок 2.46 – Апаратна частина контролеру

На рисунку 2.47 представлено вид конфігурації

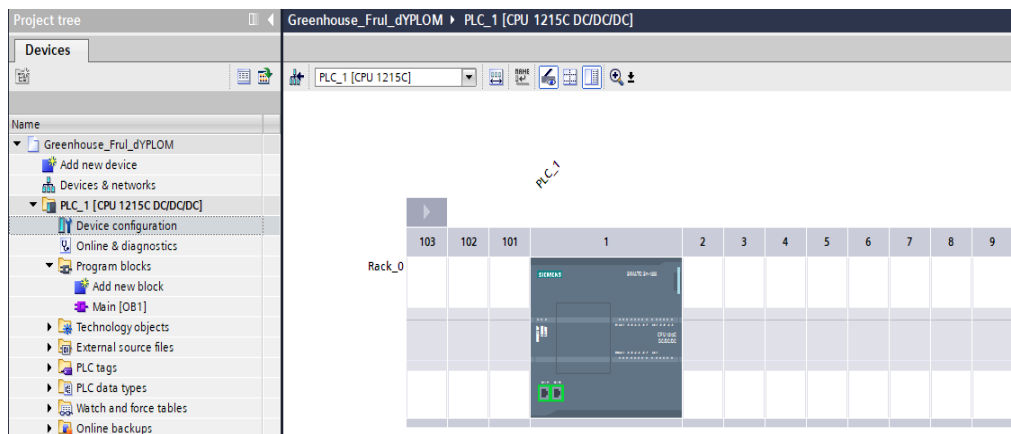


Рисунок 2.47 – Вид вікна конфігурації апаратної частини

На рисунку 2.48 представлено процесор контролера, комунікаційні модулі, модулі введенн-виведення

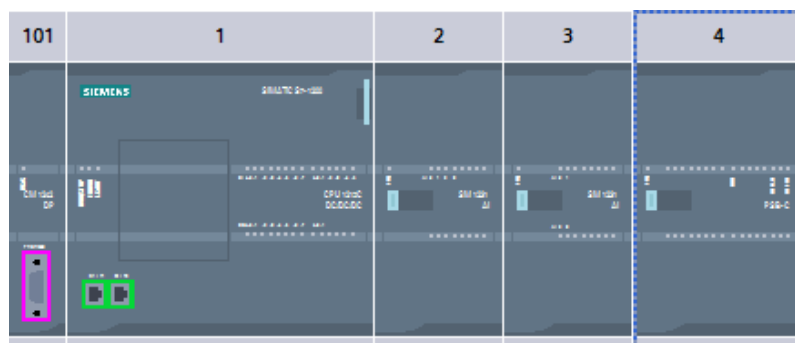


Рисунок 2.48 – Модулі системи

Для розробки програми написано теги для програми на рисунку 2.53, які можуть регулювати значення вхідних параметрів системи задля оптимальних значень вихідних для системи значень.

Реалізовано функцію контролю температурою повітря на рисунку 2.49

```

23 //функція контролю температури повітря (TempAirControl)
24 //Логіка для контролю температури повітря
25 IF Temp Air Sensor > Set Temp Air THEN
26     Heater Air := OFF;
27     Fan Air := ON;
28 ELSE
29     Heater Air := ON;
30     Fan Air := OFF;
31 END_IF;

```

Рисунок 2.49 – Функція контролю температурою повітря

Реалізовано функцію контролю вологості повітря на рисунку 2.50

```

32 //функція контролю вологості повітря (HumidityAirControl)
33 //Логіка для контролю вологості повітря
34 IF Humidity Air_Sensor < Set_Humidity Air THEN
35     Sprinkler Air := ON;
36 ELSE
37     Sprinkler Air := OFF;
38 END_IF;
    
```

Рисунок 2.50 – Функція контролю вологості повітря

Реалізовано функцію контролю температури ґрунту на рисунку 2.51

```

39 //функція контролю температури ґрунту (TempSoilControl)
40 //Логіка для контролю температури ґрунту
41 IF Temp_Soil_Sensor > Set Temp Soil THEN
42     Heater Soil := OFF;
43 ELSE
44     Heater Soil := ON;
45 END_IF;
    
```

Рисунок 2.51 - Функція контролю температури ґрунту

Реалізовано функцію контролю вологості ґрунту на рисунку 2.52

```

46 //функція контролю вологості ґрунту (HumiditSoilControl)
47 //Логіка для контролю вологості ґрунту
48 IF Humidity Soil Sensor > Set Humidity Soil THEN
49     Sprinkler Soil := ON;
50 ELSE
51     Sprinkler Soil := OFF;
52 END_IF;
    
```

Рисунок 2.52 – Функція контролю вологості ґрунту

	Name	Data type
7	TempAirControl	Real
8	Set_TempAir	Real
9	Humidity_Air_sensor	Real
10	Set_humidity_Air	Real
11	Temp_Soil_sensor	Real
12	Set_temp_soil	Real
13	Humidity_Soil_sensor	Real
14	Set_humidity_sensor	Real
15	Heater_Air	Bool
16	Fan_Air	Bool
17	Sprinkler_soil	Bool
18	HMI_Temp_Air	Real
19	HMI_Humidity_Air	Real
20	HMI_Temp_soil	Real
21	HMI_Humidity_soil	Real

Рисунок 2.53 – Теги програми

На основі цих функцій є змога підтримки системи автоматичного керування теплиці індивідуального домогосподарства розміром 40 м<sup>2</sup>.



## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота на тему "Система автоматичного керування мікрокліматом в теплиці індивідуального домогосподарства" виконана з метою створення ефективної автоматизованої системи, яка забезпечить оптимальні умови для вирощування овочів.

У першому розділі кваліфікаційної роботи було розглянуто загальну характеристику виробництва, описано об'єкт керування та проведено аналіз вирощування овочів в умовах теплиці. Було визначено основні принципи побудови об'єкта дослідження та здійснено патентний пошук, що дозволило зібрати інформацію про існуючі рішення в області автоматизації технологічного процесу вирощування овочів. В результаті проведеного аналізу було виявлено, що автоматизація тепличних господарств має велике значення для підвищення продуктивності та якості продукції, а також зменшення витрат на ручну працю та енергоресурси.

У другому розділі роботи було досліджено структуру об'єкта керування, виконано математичний опис процесів, що відбуваються в теплиці, та проведено моделювання об'єкта керування за допомогою Matlab Simulink. Були розроблені контури обігріву теплиці, вентиляції та поливу, які дозволяють підтримувати необхідні параметри мікроклімату для оптимального росту рослин. Також було здійснено вибір технічних засобів автоматизації, зокрема, контролерів, датчиків та виконавчих механізмів, що забезпечують ефективну роботу системи. На основі отриманих даних була розроблена структурна схема системи керування, яка включає всі необхідні компоненти для забезпечення автоматичного керування мікрокліматом теплиці. Розробка програмного забезпечення для контролера в середовищі ПІА Portal. реалізації алгоритмів керування та логіки керування системами

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О. І.</i>				73	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Тронь В.В.</i>					

обігріву, вентиляції та поливу.

Проведене дослідження та розробка системи автоматичного керування мікрокліматом в теплиці показали, що сучасні технології автоматизації можуть значно підвищити ефективність вирощування овочів. Запропонована система забезпечує підтримання оптимальних умов для росту рослин, що сприяє збільшенню врожайності та якості продукції. Автоматизація технологічного процесу також дозволяє зменшити витрати на ручну працю та енергоресурси, що робить тепличне господарство більш економічно вигідним.

Таким чином, результати кваліфікаційної роботи підтверджують доцільність впровадження систем автоматичного керування мікрокліматом в індивідуальних тепличних господарствах, що сприятиме підвищенню продуктивності та якості вирощуваних овочів.

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		74

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Full control with greenhouse automation – URL: <https://www.priva.com/blog/horticulture/greenhouse-automation-systems>
2. Використання теплиць для вирощування овочів – URL: <https://vegetable.com.ua/vikoristannya-teplits-dlya-viroshuvannya-ovochiv-ta-fruktiv-perevagi-ta-rekomendatsii/>
3. Класифікація теплиць – URL: <https://vseosvita.ua/lesson/typu-teplyts-ta-parnykiv-323657.html>
4. Класифікація теплиць – URL: <https://altra.com.ua/ua/vidy-teplits/>
5. Glass Vs Polycarbonate Greenhouse – URL: <https://greenhouseemporium.com/glass-vs-polycarbonate-greenhouse/>
6. Film vs Glass Vs Polycarbonate Greenhouse – URL: <https://www.me.com.sg/article/ETFE-film-vs-glass-and-polycarbonates>
7. Hydroponic greenhouses – URL: <https://drygair.com/blog/hydroponic-greenhouse/>
8. Technology is instrumental to the greenhouse – URL: <https://www.floraldaily.com/article/9608866/how-technology-is-instrumental-to-the-greenhouse-industry/>
9. Micro Climate Control in Greenhouse – URL: <https://www.ijcmas.com/abstractview.php?ID=1795&vol=6-3-2017&SNo=199>
10. Вимоги до систем автоматичного регулювання. URL: <https://studfile.net/preview/5131060/page:10/>
11. Automated Greenhouse System: 9 Crucial Components – URL: <https://www.insongreen.com/automated-greenhouse-system/>

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Фруль К. О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Савицький О. І.</i>				75	3
<i>Н. Контр.</i>		<i>Маринич І.А.</i>			<i>КНУ АКІТ-21ск</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Тронь В.В.</i>					

**ПЕРЕЛІК  
ВИКОРИСТАНОЇ  
ЛІТЕРАТУРИ**

12. Concept of the greenhouse automated system – URL:  
<https://akytec.de/en/blog/greenhouse>
13. Теплиця на сонячних панелях – URL:  
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1742227/>
14. Енергозберігаюча теплиця для вирощування овочевих культур – URL:  
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1702193/>
15. Greenhouse plant disease control device - URL:  
<https://worldwide.espacenet.com/>
16. Seedling raising device for greenhouse vegetable planting - URL:  
<https://worldwide.espacenet.com/>
17. Environment-friendly and energy-saving greenhouse – URL:  
<https://worldwide.espacenet.com/>
18. Greenhouse environment control system - URL:  
<https://worldwide.espacenet.com/>
19. Siemens equipment – URL: <https://www.siemens.com/global/>
20. Операторська панель siemens-6av2124-0jc01-0ax0 –  
URL: <https://peko.com.ua/control-systems/hmi-panels/siemens-6av2124-0jc01-0ax0>.
21. Двохпозиційний регулятор URL:  
<https://studfile.net/preview/9751768/page:10>
22. Про затвердження Положення про проведення практики студентів вищих навчальних закладів України Міністерства освіти; Наказ, Положення, Форма типового документа від 08.04.1993 № 93. URL:  
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0035-93>.
23. Про затвердження Положення про проведення практики студентів вищих навчальних закладів України Міністерства освіти; Наказ про проходження практики від 15.04.2024 № 284с
24. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с.(Інформація та документація).

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

- 25.ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с.(Інформація та документація).
- 26.ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація).
- 27.Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М. Методичні рекомендації для студентів-бакалаврів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології: Дипломне проектування. Дніпро : НГУ, 2016. 29 с.
- 28.Тиханський М.П., Тиханська А.М., Єфіменко Л.І. Методичні вказівки до виконання переддипломної практики для студентів денної та заочної форм навчання, які навчаються за напрямом 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Кривий Ріг. Видавничий центр «КНУ», 2022 31

					<i>КНУ КРБ.151.24.03.00.ПЗ</i>	Арк.
						77
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

