

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«НІЖИНСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВІ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ»
Відділення технічно-енергетичних систем та засобів автоматизації**

Циклова комісія з електроенергетики та систем автоматизації

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ
Завідувач відділення технічно-
енергетичних систем та засобів
автоматизації

_____ О.Г.Ландик

«____» _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проєкту фахового молодшого бакалавра

на тему

**«РОЗРОБКА АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ОПАЛЕННЯМ АГРАРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАКРИТОГО
ГРУНТУ»**

ДП.151.202.002.00 ПЗ

Виконав студент IV курсу, групи АН202
спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

_____ В.Р. Гуменчук

Керівник _____ Р.В. Залозний

**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«НІЖИНСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ»**

Відділення технічно-енергетичних систем та засобів автоматизації

Циклова комісія електроенергетики та систем автоматики

Освітньо-кваліфікаційний рівень «Фаховий молодший бакалавр»

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова циклової комісії

_____ Н. О. Соломко

«__» 202__ року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Гуменчуку Володимиру Романовичу

1. Тема проєкту «Розробка автоматичної системи керування опаленням аграрних об'єктів закритого ґрунту»

керівник проєкту (роботи) Залозний Роман Васильович,

затверджені наказом від «__» _____ 2023 року № __ «С».

2. Строк подання студентом проєкту 09 червня 2023 року.

3. Вихідні дані до проєкту

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

1. Організаційна частина.

2. Технологічна частина.

3. Спеціальна частина.

4. Економічна частина.

5. Охорона праці.

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
I	Залозний Р.В.	06.02.2023	
II	Залозний Р.В.	06.02.2023	
III	Залозний Р.В.	06.02.2023	
IV	Залозний Р.В.	06.02.2023	
V	Залозний Р.В.	06.02.2023	

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Організаційна частина	06.02 – 23.02	
2	Технологічна частина	24.02 – 17.03	
3	Спеціальна частина	20.03 – 22.04	
4	Економічна частина	21.04 – 11.05	
5	Охорона праці	12.05 – 26.05	

Студент _____ Володимир ГУМЕНЧУК
(підпис)

Керівник проєкту _____ Роман ЗАЛОЗНИЙ
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Дана робота пропонує розробку автоматичної системи керування опаленням аграрних об'єктів закритого ґрунту. Закриті ґрунтові об'єкти, такі як теплиці, складають значну частину сучасного сільськогосподарського сектора і вимагають ефективного керування опаленням для забезпечення оптимальних умов росту рослин.

Автоматична система керування, розроблена в цій роботі, використовує датчики для моніторингу рівня температури, вологості та інших параметрів середовища у закритому ґрунті. Зібрані дані передаються до центрального керуючого пристрою, де вони аналізуються і використовуються для прийняття рішень щодо керування опаленням.

Результати цієї роботи можуть бути корисними для аграрних підприємств і фермерів, які використовують закриті ґрунтові об'єкти. Автоматична система керування опаленням може сприяти підвищенню врожайності, зменшенню енерговитрат та покращенню умов росту рослин, що є важливими факторами для досягнення стабільного розвитку аграрного сектора.

ABSTRACT

This work proposes the development of an automatic system for controlling the heating of closed ground agricultural facilities. Indoor ground facilities such as greenhouses make up a large part of the modern agricultural sector and require efficient heating management to ensure optimal plant growth conditions.

The automatic control system developed in this work uses sensors to monitor the level of temperature, humidity and other environmental parameters in a closed ground. The collected data is transmitted to the central control device, where it is analyzed and used to make decisions about heating management.

The results of this work can be useful for agricultural enterprises and farmers who use closed soil objects. An automatic heating control system can help increase productivity, reduce energy consumption, and improve plant growth conditions, which are important factors for achieving sustainable development of the agricultural sector.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	9
1.1 Загальна характеристика аграрних об'єктів закритого ґрунту	9
1.2 Характеристика теплиць.....	10
1.3 Системи опалення аграрних об'єктів закритого ґрунту	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Інженерні системи теплиць	14
2.2 Вимоги до системи опалення	15
2.3 Розміщення котлів системи опалення	16
2.4 Потужність системи обігріву	17
2.5 Аналіз існуючих систем керування температурними режимами об'єктів захищеного ґрунту	18
2.5 Захисне обладнання системи опалення.....	20
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	22
3.1 Розрахунок системи опалення	22
3.2 Розрахунок датчика температури	24
3.3 Моделювання системи керування температурним режимом	27
3.4 Функціонально-структурна система САК регулювання температури в теплиці.....	29
3.5 Дослідження моделі керування температурою в теплиці	30
3.6 Вибір датчиків температури.....	34
3.7 Вибір зовнішніх датчиків температури	35
3.8 Вибір з датчиків температури ґрунту	36
3.9 Вибір виконавчих пристроїв	37
3.10 Вибір магнітного пускача.....	38
3.11 Вибір групи безпеки системи опалення.....	39
3.12 Вибір керуючого пристрою.....	41

ДП.151.202.002.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		Гуменчук В.Р.		
Перевір.		Залозний Р.В		
Реценз.				
Н. Контр.		Соломко Н. О		
Затверд.		Соломко Н. О		
Розробка автоматичної системи керування опаленням аграрних об'єктів закритого ґрунту				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			5	57
НФК гр. АН-202ск				

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	43
4.1 Розрахунок вартості засобів автоматизації	43
4.2 Розрахунок витрат на монтажні матеріали.....	44
4.3 Розрахунок амортизації і витрати на поточний ремонт	44
4.4 Розрахунок заробітної плати робітників, зайнятих встановленням автоматизації.....	44
4.5 Розрахунок відрахування на соціальне страхування.....	44
4.6 Розрахунок загально виробничих витрат.....	45
4.7 Розрахунок суми витрат на автоматизацію	45
4.8 Розрахунок економії від впровадження автоматизації.....	46
4.9 Розрахунок вартості електроенергії	46
4.10 Розрахунок фонду оплати праці	47
4.11 Розрахунок економічної ефективності від впровадження автоматизації.....	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	50
5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації основного технологічного обладнання та робочих приміщень	50
5.2 Електробезпека	50
5.3 Технічні рішення та організаційні заходи по запобіганню електротравм від необережності зі струмовідними елементами електрообладнання	51
5.4 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на неструмовідні частини електроустановок при аварійних режимах їх роботи.....	52
5.5 Пожежна безпека та профілактика	53
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТОЇ ЛІТЕРАТУРИ	57

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Найважливішим завданням сільськогосподарського виробництва є рівномірне цілорічне забезпечення населення свіжими овочами. Для вирішення зазначеного завдання близько 25% усіх вироблених овочів повинні вирощуватися в утепленому ґрунті, парниках і теплицях. Вирощування багатьох сільськогосподарських культур можна вести в захищеному ґрунті, який оснащений устаткуванням, що забезпечує створення мікроклімату, а також створює сприятливі умови для росту рослин не залежно від стану зовнішнього середовища.

Захищений ґрунт ділиться на утеплений ґрунт, парники і теплиці.

Теплиці – вид споруд, призначений в першу чергу для вирощування розсади овочевих культур, саджанців та іншого і завдяки своїй високій технічній оснащеності, дозволяють вирощувати овочі цілий рік, у всіх кліматичних зонах України. В даний час найбільш доцільно застосовувати ті тепличні приміщення, які є найменш енерговитратними спорудами.

Серед технологічних процесів, що проводяться в теплицях, особливу важливість мають процеси автоматичного контролю і підтримки параметрів мікроклімату теплиць. Одними з найважливіших параметрів, що визначають швидкість розвитку рослин, є температура повітря всередині теплиці.

Особливо актуальним є зниження енерговитрат, тому що вони займають значний відсоток в собівартості овочевої продукції в теплицях. Аналіз наукових публікацій, звітів тепличних комбінатів, а також власні дослідження показали, що енерговитрати на виробництво овочів в тепличних господарствах становлять близько 40%. Тому проблемою ведення тепличного господарства зазвичай є не виправдано великі витрати на традиційні енергоресурси.

Розробка автоматичної системи керування опаленням аграрних об'єктів закритого ґрунту включає в себе використання сучасних технологій та обладнання для забезпечення ефективного та енергоефективного опалення в

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

теплицях, оранжереях або інших закритих приміщеннях, які використовуються для вирощування рослин.

Основна мета розробки автоматичної системи керування опаленням полягає в створенні комфортних умов для росту рослин у закритому ґрунті. Система повинна забезпечувати оптимальну температуру, вологості та освітлення, що сприяє зростанню і розвитку рослин, а також підвищує врожайність та якість продукції.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика аграрних об'єктів закритого ґрунту

Аграрні об'єкти закритого ґрунту, також відомі як тепличні господарства, є спеціальними спорудами, створеними для вирощування рослин у контрольованих умовах, що забезпечують оптимальні параметри середовища для їх росту і розвитку. Ці об'єкти зазвичай складаються з прозорого або напівпрозорого матеріалу, такого як скло або полікарбонат, що дозволяє пропускати сонячне світло і забезпечує теплоізоляцію.

Основними характеристиками аграрних об'єктів закритого ґрунту є:

- кліматичний контроль: Тепличні господарства забезпечують можливість контролювати температуру, вологість, освітлення та інші фактори середовища, що впливають на ріст і розвиток рослин. Це дозволяє збільшити продуктивність і якість вирощуваних культур.

- захист від негативних впливів: Аграрні об'єкти закритого ґрунту забезпечують захист рослин від екстремальних погодних умов, шкідників, хвороб і інших небажаних факторів. Це дозволяє знизити використання пестицидів та зробити вирощування більш екологічно чистим.

- оптимізація виробництва: Завдяки контрольованим умовам середовища, аграрні об'єкти закритого ґрунту дозволяють вирощувати культури протягом усього року незалежно від сезону. Це збільшує продуктивність та стабільність виробництва.

- ефективне використання ресурсів: Тепличні господарства дозволяють ефективно використовувати ресурси, такі як вода і добрива.

- автоматизація і контроль: Аграрні об'єкти закритого ґрунту можуть бути обладнані автоматичними системами контролю і управління, які вимірюють і регулюють параметри середовища, такі як температура, вологість, освітлення, полив та інші. Це сприяє оптимальному зростанню рослин і економить робочу силу.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розширення асортименту вирощуваних культур: За допомогою аграрних об'єктів закритого ґрунту можна вирощувати різноманітні культури, незалежно від природних кліматичних умов. Це дозволяє розширити асортимент продукції та задовольнити попит на різноманітні продукти протягом усього року.

- економія земельних ресурсів: Аграрні об'єкти закритого ґрунту дозволяють ефективно використовувати обмежені земельні ресурси, оскільки можна створювати багатоповерхові тепличні комплекси або використовувати вертикальне вирощування. Це особливо важливо в урбанізованих районах, де земля обмежена.

- зменшення негативного впливу на навколишнє середовище: Контрольоване вирощування в аграрних об'єктах закритого ґрунту дозволяє зменшити використання хімічних добрив і пестицидів, що може призвести до зменшення забруднення ґрунту, води і повітря. Крім того, використання тепличних господарств може допомогти зберегти природні екосистеми, збільшивши продуктивність на існуючих землях [17, с. 128].

1.2 Характеристика теплиць

Теплиця – це найбільш досконала промислова споруда зі своєю агроекосистемою, яка захищена від негативного впливу зовнішнього середовища та підтримує оптимальні параметри мікроклімату для вирощування тих чи інших агрокультур. Основною ціллю даної будівлі закритого ґрунту є високий збір хорошого урожаю не залежно від сезону та погодних умов протягом усього року. На відміну від парника промислова теплиця є об'єктом, який обладнаний всіма необхідними технологічними елементами для проведення сільськогосподарської діяльності. Промислова теплиця – комплекс, який потребує величезних знань, фінансових затрат та досвіду роботи у даному напрямку. Загалом теплиці можна поділити на три основні види: індивідуальні, фермерські та тепличні комплекси.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Індивідуальні теплиці – це теплиці площею від 50 до 500 м². Як правило, індивідуальні теплиці будуються на індивідуальних ділянках для особистого споживання вирощуваної продукції. Основні вимоги до індивідуальних теплиць -це забезпечення невеликого асортименту екологічно чистої сільськогосподарської продукцією і її низька собівартість [16, с. 109].

Фермерські теплиці – це теплиці площею від 500 до 5000 м². Як правило, фермерські теплиці використовуються для вирощування окремих сільськогосподарських культур з дрібногуртовим і роздрібним збутом. Головне призначення фермерських теплиць – це допоміжна, а іноді і основна, зайнятість окремих сімей. Основні вимоги до фермерських теплиць – це забезпечення невеликого асортименту, отримання хорошої якості і прийнятної врожайності продукції та її низька собівартість

Тепличні комплекси – це теплиці площею від 0,5 га до декількох десятків га. Як правило, тепличні комплекси складаються з блоків. Кожен блок включає в себе групу теплиць. Головне призначення тепличних комплексів - це промислове виробництво сільськогосподарської продукції для забезпечення потреб населення. Обслуговуються тепличні комплекси професійними адміністративними, агрономічними і технічними службами. Основні вимоги до промислових теплиць і тепличних комплексів – це забезпечення необхідного асортименту продукції, висока врожайність, висока якість і низька собівартість продукції [2, с. 58].

1.3 Системи опалення аграрних об'єктів закритого ґрунту

При виборі системи опалення варто враховувати кількох факторів, таких як розмір теплиці, кліматичні умови, доступні енергетичні ресурси, бюджет, технічні вимоги і зручність експлуатації.

Теплицю вибираємо з категорії фермерських теплиць розміром, 50×15. Кліматичні умови Чернігівської області.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Для забезпечення оптимальних умов температури в аграрних об'єктах закритого ґрунту використовуються різні системи опалення. Основні типи систем опалення теплиць включають наступні види.

Система гарячого водяного опалення.

Ця система використовує гарячу воду, яка циркулює через спеціальні труби або радіатори, розташовані в теплиці. Гаряча вода може бути нагріта за допомогою газу, нафти, електрики, сонячних колекторів або інших джерел енергії. Вона передає тепло рослинам, що забезпечує підтримку необхідної температури.

Система повітряного опалення

Ця система використовує гарячий повітря, яке генерується за допомогою обігрівачів або печей, розташованих у теплиці. Гаряче повітря розподіляється за допомогою вентиляційних каналів або спеціальних вентиляторів. Цей метод є досить ефективним і економічним.

Система теплових насосів

Теплові насоси використовують тепло з навколишнього середовища (повітря, ґрунт або вода) і переносять його до теплиці. Це енергоефективний спосіб опалення, оскільки використовується енергія зовнішнього середовища для нагрівання.

Система електричного опалення

Цей метод використовує електричні обігрівачі або інфрачервоні панелі для нагрівання теплиці. Хоча цей спосіб зазвичай є дорогим у використанні, він є простим у встановленні та керуванні.

Система геотермального опалення

Така система використовує тепло, що виділяється з глибини Землі, для нагрівання теплиці. Геотермальна енергія використовує тепловий потік з ґрунту або глибинних джерел води, які зберігають сталу температуру протягом року.

Система парового опалення

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Ця система використовує пар, що генерується за допомогою парових котлів або генераторів, як джерело опалення. Пар постачається до теплиці через трубопроводи або спеціальні парові патрубки. Пара конденсується, передаючи тепло рослинам. Система парового опалення швидко і ефективно нагріває теплицю.

Система теплових завіс

Ця система використовує завіси з гарячим повітрям або інфрачервоним випромінюванням, які розміщуються над входом або виходом теплиці. Ці завіси утворюють бар'єр, який не допускає втрату тепла і захищає теплицю від холодного повітря зовні. Вони створюють "завісу" тепла, яка допомагає зберегти тепло в теплиці.

Система сонячного опалення

Ця система використовує сонячні колектори або сонячні панелі для збору сонячної енергії. Сонячні колектори перетворюють сонячну радіацію в тепло, яке потім передається до теплиці. Цей метод екологічно чистий і дешевий у експлуатації, оскільки використовує безкоштовну енергію сонця [1, с. 170].

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Інженерні системи теплиць

Підтримка температури для теплиць є одним із найважливіших параметрів. Оскільки температура формується комплексною системою, значить можна виділити три основні системи, що формують температурний режим: система вентиляції, система опалення та системи рециркуляції.

У промислових теплицях встановлюють систему вентиляції, яка забезпечує природне провітрювання приміщень теплиці та сполучного коридору зовнішнім повітрям. Це досягається за допомогою вентиляційних отворів, розташованих у покрівлі або у верхній частині огорожі. Система вентиляції промислових теплиць дозволяє відкривати до 25% площі у всіх прольотах. Цього достатньо для постачання необхідної кількості зовнішнього повітря, щоб підтримувати оптимальну температуру під час періодів зі збільшеною сонячною інсоляцією. Вентиляційні отвори промислових теплиць можуть автоматично відкриватися або бути відкривати вручну за допомогою кнопки. Залежно від погодних умов встановлюється необхідний кут відкриття і площа вентиляційних отворів. Механізм відкривання-закривання вентиляційних отворів оснащується мотор-редуктором, який забезпечує одночасне відкриття або закриття всіх вентиляційних отворів у кожному прольоті теплиці. Всі механізми обладнуються рейковим механізмом, який розташовується на верхньому поясі ферми в центральній частині теплиці і включає рейки, штанги та роликові опори.

Система рециркуляції в теплиці використовується для штучного перемішування повітря з метою забезпечення більш рівномірного розподілу температур в приміщенні, попередження перегріву рослин, активізації біологічних процесів у рослинах та усунення зон з підвищеною вологістю, особливо у тих періодах, коли природна вентиляція через вентиляційні отвори є недостатньою або неефективною. Система рециркуляції включає осьові

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

вентилятори і електротехнічне обладнання, і її робота здійснюється в автоматичному режимі.

Опалювальна система промислових теплиць включає джерело теплопостачання, теплові мережі, розташовані ззовні та всередині, і споживачів тепла. Вона забезпечує необхідний температурний режим в приміщенні теплиці відповідно до технологічних вимог. Система опалення складається з підлоткового, верхнього, зонального і нижнього контурів. В якості теплового носія використовується пом'якшена вода з встановленими значеннями температури. У контурах обігріву встановлені вузли регулювання температури (дистриб'ютори), які забезпечують необхідні значення температури теплоносія. Кожен вузол працює автономно і підключений до головних трубопроводів теплових мереж, обслуговуючи контур опалення в кожному відділенні промислової теплиці.

У сервісному відділенні розміщений вузол керування системою опалення теплиці, що складається з змішувальних клапанів, циркуляційних насосів, трубопроводів та арматури. Контурні системи обігріву працюють автоматично і контролюються за допомогою датчиків температури. У системі опалення використовуються сталеві труби. Обігрівальні труби системи подлоткового обігріву підключаються до розподільних трубопроводів за допомогою гумотканинних рукавів. На кожному підводі встановлюються запірні кульові клапани. Обігрівальні труби системи верхнього обігріву приєднуються до розподільних трубопроводів за допомогою сталевих труб діаметром 15 мм, без використання запірної арматури [15, с. 23].

2.2 Вимоги до системи опалення

При виборі системи опалення теплиці, перш за все, слід врахувати кілька особливостей, які відрізняють її від інших будівель. Однією з найважливіших особливостей теплиці є великі тепловтрати через конструкцію, що призводить до

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

необхідності встановлення потужного опалювального обладнання. Для мінімізації витрат палива на прогрівання теплиці необхідно вживати заходів щодо її теплоізоляції, які слід обов'язково впровадити. Незважаючи на найефективніші заходи з теплоізоляції, тонкі стінки конструкції все ж є чутливими до низьких температур [4, с. 201].

2.3 Розміщення котлів системи опалення

Ідеальним варіантом є розташування невеликої котельні поряд з теплицею, де знаходитиметься теплогенератор. Цей метод розташування опалювальної системи є найбезпечнішим, зручним для обслуговування та довговічним. Однак, слід зазначити, що такий підхід має один недолік – високу вартість будівництва котельні та прокладання всіх комунікацій. Часто немає можливості або бажання створювати таку ідеальну опалювальну систему для теплиці. У такому випадку, поширеним рішенням є розташування котла всередині самої теплиці.

При встановленні котла всередині теплиці, слід дотримуватися деяких правил. По-перше, необхідно забезпечити достатню відстань між стінами теплиці та камерою згоряння котла, щоб матеріал стін не пошкоджувався від тривалого контакту з високими температурами. Оптимальним рішенням буде розміщення котла на безпечній відстані від захисних конструкцій, яка не менше 0,5 метра, оскільки повітря є найкращим утеплювачем. У випадку відсутності необхідного простору, можна встановити спеціальний термозахист між котлом та стінами теплиці. В якості захисного екрану можна використовувати вогнестійкий гіпсокартон або скломагнієві листи [13, с. 34].

По-друге, важно враховувати, що твердопаливні котли потребують достатнього простору для зберігання палива. Перед котлом має бути достатньо місця для зручного завантаження топки. Крім того, обслуговування теплогенератора передбачає доступ до агрегату з різних боків. Додатково, для котла потрібно встановити димар та забезпечити канали для подачі повітря до

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

приміщення. Ефективне горіння можливе лише в котлі, у якому повітряна тяга розрахована правильно. Це означає дотримання норм щодо горизонтальних і вертикальних ділянок димоходу, а також достатнього подання кисню до теплогенератора.

Опалення теплиці за допомогою котла, який використовується для обігріву будинку, варто розглядати як останній варіант. Це пов'язано з тим, що для ефективного прогріву теплиці, потрібен котел з великою надмірною потужністю. Під надмірною потужністю мається на увазі зайвий потенціал потужності котла, який залишається після повного обігріву всього житлового приміщення. Цей зайвий потенціал може бути використаний для обігріву теплиці. Проте, ця схема має два суттєві недоліки.

Перший – економічний. З точки зору оптимального режиму роботи та мінімального споживання палива котел повинен функціонувати у певному діапазоні температур. Якщо потреба в опаленні теплиці на якийсь період зникає, то теплогенератор доводиться включати на мінімальну потужність, що значно знижує ККД і скорочує термін служби.

Друга причина, чому котел в будинку краще не використовувати для опалення теплиці в тому, що поки теплоносій дійде до сусідньої будівлі, що окремо стоїть, його температура встигне істотно знизитися. У результаті, для якісного підігріву теплиці потрібно використовувати більше палива [14, с. 88].

2.4 Потужність системи обігріву

Встановлення конкретних числових значень в цьому випадку може бути умовним, оскільки теплиці однакової площі можуть мати різний об'єм, і саме об'єм повітря обігривається. Крім того, теплові втрати теплиці будуть варіюватися залежно від матеріалу, використаного для конструкції. Також важливо враховувати якість утеплення ґрунту, яка значно впливає на потребу

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

теплиці в потужності котла. Більшість теплиць з полікарбонату або плівки використовують термоізоляцію ґрунту як основний метод теплозахисту.

У середньому, потужність котла вибирається приблизно від 20 до 30 кВт на 100 м² площі теплиці. Якщо морози в вашому регіоні часто досягають значень нижче -25 °С, розумно використовувати більш потужні агрегати. При виборі потужності теплогенератора варто пам'ятати, що менш потужний апарат також може бути достатнім для опалення, але тільки на короткий період [5, с. 135].

2.5 Аналіз існуючих систем керування температурними режимами об'єктів захищеного ґрунту

У сучасних теплицях використовується багато складних технологічних процесів, що впливають один на одного. Всі ці процеси мають відношення до електрообладнання, яке підводить живлення, проводить моніторинг і керування тепличними процесами. Надійні ультрасучасні рішення для будь-яких електричних систем і установок, включаючи освітлення, є ключовими для безперебійної роботи теплиці [12, с. 113].

Для вирощування біологічних об'єктів в захищеному ґрунті і отримання їх продукції в даний час використовують велику кількість енергонасиченого електрообладнання. Основне електрообладнання в теплицях для систем підтримки мікрокліматом може бути представлено у вигляді структурної схеми (рис. 2.1).

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

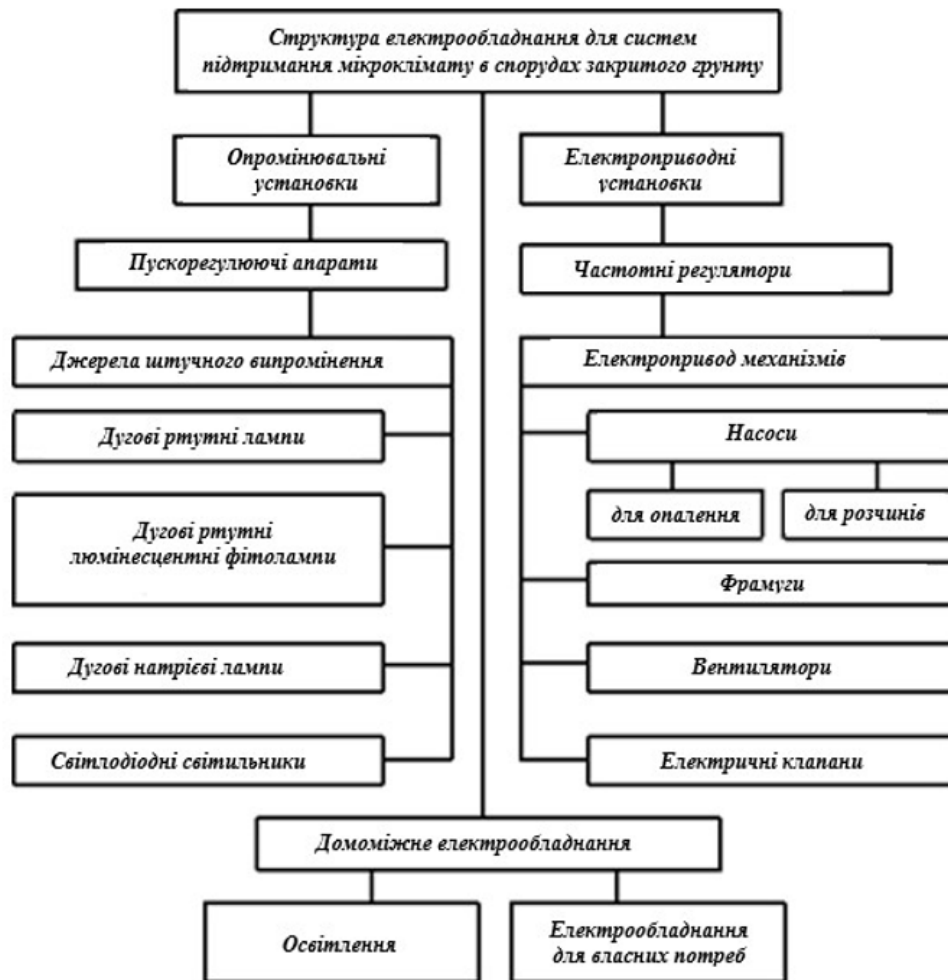


Рисунок 2.1 – Структура електрообладнання для підтримання мікроклімату

В основному для забезпечення необхідних значень параметрів мікроклімату застосовують три основні групи електрообладнання в захищеному ґрунті – це установки для створення необхідних параметрів опромінення, електропривод великої кількості виконавчих механізмів, а також допоміжне електрообладнання, куди входять світильники чергового освітлення та електрообладнання для власних потреб. Усі виробничі процеси в теплиці управляються і відслідковуються комп'ютером або програмованими логічними контролерами, які відіграють величезну роль в сучасних спорудах захищеного ґрунту.

Автоматизація роботи електрообладнання для підтримки параметрів мікроклімату в захищеному ґрунті – це основа для максимального контролю і відстеження всіх основних процесів тепличного виробництва. Завдяки

автоматизації можливе цілодобове дистанційне керування, контроль і моніторинг за всіма процесами в теплиці [6, с. 44].

2.5 Захисне обладнання системи опалення

Захисне обладнання для систем опалення включає різноманітні пристрої та компоненти, які забезпечують безпеку та захист від можливих небезпек, пов'язаних з опалювальними системами. Основні елементи захисного обладнання для систем опалення включають наступні позиції.

Вентиляційні системи: Вентиляція є важливим елементом захисту від отруйних газів, таких як вуглекислий газ (CO). Встановлення димових та CO детекторів, а також системи вентиляції може запобігти отруєнню газом.

Регулятори тиску та термостати: Вони забезпечують контроль та регулювання тиску та температури в системі опалення. Це дозволяє уникнути перевищення допустимих значень, що може призвести до аварійних ситуацій.

Засоби пожежогасіння: Встановлення пожежних спринклерів або систем пожежогасіння може допомогти уникнути поширення пожежі в системі опалення.

Захисні екранування: Вони захищають від ураження електричним струмом або випромінюванням небезпечних електричних компонентів в системі опалення.

Аварійні вимикачі та блокувальні пристрої: Ці пристрої призначені для автоматичного відключення системи опалення в разі виявлення небезпеки або аварійної ситуації.

Захисні оболонки та ізоляція: Забезпечення належного захисту труб, кабелів та інших компонентів системи опалення від зовнішніх впливів, таких як фізичне пошкодження або волога.

Захисні сітки та загородження: Вони використовуються для запобігання доступу до небезпечних або чутливих елементів систем опалення. Захисні сітки

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

або загородження можуть запобігти травмам або неправильному використанню системи опалення.

Вентильна система безпеки: Встановлення вентильної системи безпеки може захистити систему опалення від надмірного тиску або перевищення температури, що може призвести до аварійних ситуацій.

Захисні пристрої проти замерзання: Використання захисних пристроїв, таких як антифриз або термостатичні вентилі, може запобігти замерзанню труб та компонентів системи опалення у холодну погоду.

Ізоляційні матеріали: Використання ізоляційних матеріалів для труб і каналізаційних систем допомагає зберегти тепло та запобігає втратам енергії.

Зазначені елементи захисного обладнання для систем опалення допомагають забезпечити безпеку, ефективність та надійність опалювальних систем. Важливо враховувати рекомендації та стандарти безпеки при виборі, встановленні та експлуатації захисного обладнання для систем опалення [12, с. 119].

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок системи опалення

Потужності системи обігріву теплиці має бути достатньо для забезпечення компенсації тепловтрат.

Розрахунок необхідної теплової потужності будується виходячи з наступного співвідношення (3.1):

$$Q_T = S_w * K_{inf} * \Delta t * \tau_w \quad (3.1)$$

S_w – площа скління теплиці. Саме вона приймається в розрахунок, так як через прозорі стіни проходить не тільки інсоляція (проникнення енергії сонячних променів), але і максимальний обсяг тепловтрат.

K_{inf} – так званий коефіцієнт інфільтрації. Він залежить від зразкового режиму експлуатації теплиці, тобто від необхідної температури всередині споруди, та можливого рівня температур зовні, на вулиці. Природно, бажано брати до уваги найбільш можливі несприятливі умови, щоб забезпечити необхідний експлуатаційний запас потужності.

Δt – максимальна амплітуда температури, тобто різниця між нормальним значенням в приміщенні, і мінімальним – на вулиці, в саму холодну тиждень в період експлуатації теплиці. У калькуляторі значенні Δt буде підрахована за вказаними значення зовні і всередині.

τ_w – показник теплопровідності матеріалу скління теплиці [10, с. 130].

Отримане значення, в кіловатах, стане орієнтиром при виборі найбільш підходящої системи обігріву теплиці.

$$S_w = 15 * 50 = 750 \text{ м}^2$$

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$Q_T = 750 * 1,2 * 40 * 2,3 = 82,8 \text{ кВт}$$

$$Q_g = 0,7 * 9,6 * 50 = 0,34 \text{ кВт}$$

$$Q = 82,8 + 0,34 = 83,14 \text{ кВт}$$

Площа розраховується самостійно, за відомими геометричними формулами розміри теплиці були вказані у першому розділі цієї роботи.

Значення коефіцієнта інфільтрації можна взяти з таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта інфільтрації

Планова температура у приміщенні	Коефіцієнт інфільтрації при температурі зовні				
	0 °С	- 10 °С	- 20 °С	- 30 °С	- 40 °С
+18 °С	1,08	1,13	1,18	1,24	1,30
+ 25 °С	1,11	1,16	1,21	1,27	1,33

Як правило, + 18 °С буває достатньо для вирощування більшості овочів. Для більш теплолюбивих потрібно близько + 25 °С. При вирощуванні деяких екзотичних рослин температурний режим передбачає і більш високі показники.

У поле введення зовнішніх температур вказується рівень мінімальної мінусової температури повітря, характерний для даного регіону у період експлуатації теплиці.

Різні матеріали (за складом і будовою мають власну теплопровідність – вона вже врахована в алгоритмі калькулятора [9, с. 145].

3.2 Розрахунок датчика температури

Розрахунок параметрів датчика за заданими параметрами:

$$R_{293} = 4 \text{кОм}; \frac{R_{293}}{R_{373}} = 6; T_3 = 323 \text{К}$$

Визначимо константу матеріалу B , К термоопору (3.2):

$$B = 1365 \cdot \ln \frac{R_{293}}{R_{373}}, \quad (3.2)$$

$\frac{R_{293}}{R_{373}}$ – відношення опору при різних температурах.
де,

$$B = 1365 \cdot \ln 6 = 2445 \text{К},$$

Застосовуючи формулу (3.3):

$$R_T = R_{293} \cdot e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{293}\right)}, \quad (3.3)$$

де, R_T – опір датчика при певній температурі.

Розрахуємо:

$$R_{293} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{293} - \frac{2445}{293}\right)} = 4 [\text{кОм}];$$

$$R_{303} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{303} - \frac{2445}{293}\right)} = 3,03 [\text{кОм}];$$

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$R_{313} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{313} - \frac{2445}{293}\right)} = 2,34[\text{кОм}];$$

$$R_{323} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{323} - \frac{2445}{293}\right)} = 1,84[\text{кОм}];$$

$$R_{333} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{333} - \frac{2445}{293}\right)} = 1,46[\text{кОм}];$$

$$R_{343} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{343} - \frac{2445}{293}\right)} = 1,18[\text{кОм}];$$

$$R_{353} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{353} - \frac{2445}{293}\right)} = 0,96[\text{кОм}];$$

$$R_{373} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{373} - \frac{2445}{293}\right)} = 0,66[\text{кОм}].$$

В результаті розрахунків отримали дані, котрі заносим до таблиці 3.1 і будуємо графік залежності рисунок 3.2:

Таблиця 3.1– Результати розрахунків

T, К	293	303	313	323	333	343	353	373
R, кОм	4	3,03	2,34	1,84	1,46	1,18	0,96	0,66

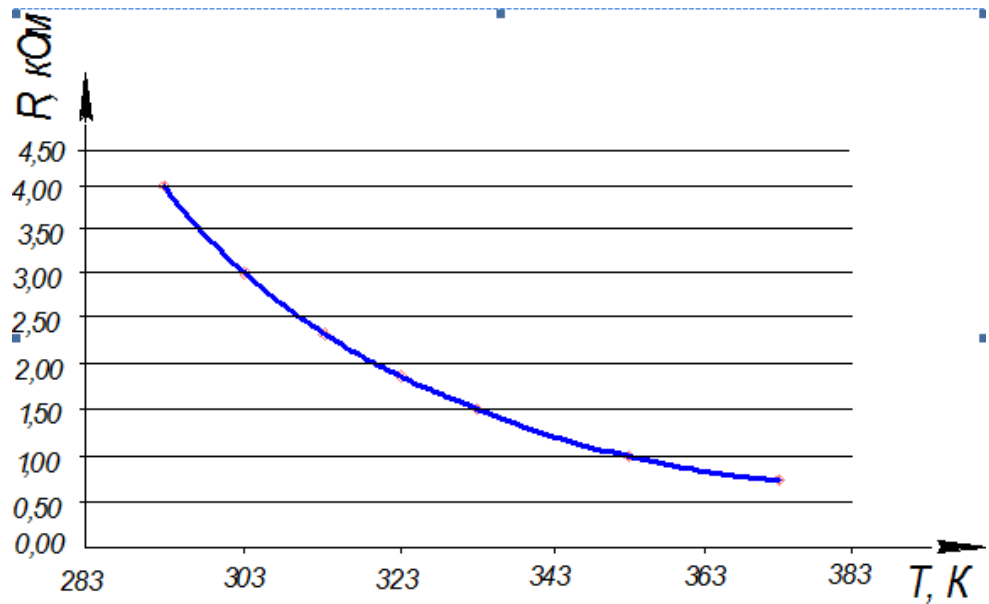


Рисунок 3.1 – Графік залежності опору від температури

Розраховуємо температурний коефіцієнт α термоопора при температурі T_3
 (3.4):

$$\alpha = -\frac{B}{T_3}, \quad (3.4)$$

$$\alpha = -\frac{2445}{323} = -7.57$$

Чутливість термоопору S , кОм/град при температурі T_3 розраховуємо за формулою (3.5):

$$S = \alpha \cdot R_3, [\text{кОм/град}], \quad (3.5)$$

$$S = -7.57 \cdot 1.84 = -13.9 [\text{кОм/град}]$$

3.3 Моделювання системи керування температурним режимом

Однією з найважливіших етапів дослідження алгоритмів керування технологічними об'єктами є розробка моделі об'єкта, яка відображає процеси, що відбуваються в ньому. Зазвичай, типові управління об'єктами ґрунтуються на простих моделях, які оперують абстрактними параметрами. Однак такі абстрактні моделі не надають можливості для глибокого вивчення та зміни характеристик об'єкта. Для більш детального дослідження та синтезу систем автоматичного управління цікаві моделі, які розкривають фізичні основи роботи об'єкта.

Існує два типи моделей мікроклімату теплиць.

Принципові моделі, які використовують дані про фізичні процеси тепло- і масообміну, що відбуваються в теплиці. Ці моделі описуються диференціальними рівняннями з параметрами, які мають фізичну інтерпретацію.

Кібернетичні моделі, де мікроклімат теплиці розглядається як «чорний ящик», і вивчається взаємозв'язок між вхідними і вихідними величинами. Параметри цих моделей визначаються експериментально за допомогою методу ідентифікації.

Існує два типи моделей мікроклімату теплиць.

Принципові моделі, які використовують дані про фізичні процеси тепло- і масообміну, що відбуваються в теплиці. Ці моделі описуються диференціальними рівняннями з параметрами, які мають фізичну інтерпретацію.

Кібернетичні моделі, де мікроклімат теплиці розглядається як «чорний ящик», і вивчається взаємозв'язок між вхідними і вихідними величинами. Параметри цих моделей визначаються експериментально за допомогою методу ідентифікації.

На сьогоднішній день існує безліч робіт, присвячених моделям мікроклімату теплиць. Одна з таких моделей, запропонована у вказаній роботі, може бути використана як основа для розробки моделі мікроклімату теплиці. У

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

даній роботі використовується принципова модель, яка працює у безперервному часі [7, с. 12].

Ця модель базується на наступних припущеннях.

Модель тлумачить теплицю як обсяг повітря, обмежений стінами, дахом і підлогою. Вона не враховує просторовий розподіл змінних, що описують мікроклімат.

Зміна біомаси плодкових тіл в процесі їх розвитку не враховується. Біомаса плодкових тіл вважається постійною.

Об'єкт управління розглядається як квазістаціонарний. На рисунку 3.2 представлена об'єкт у вигляді двох ланок, котрі акумулюють енергією – це ланки води, що гріє, та ланки повітря теплиці, котре підігрівається цією водою.

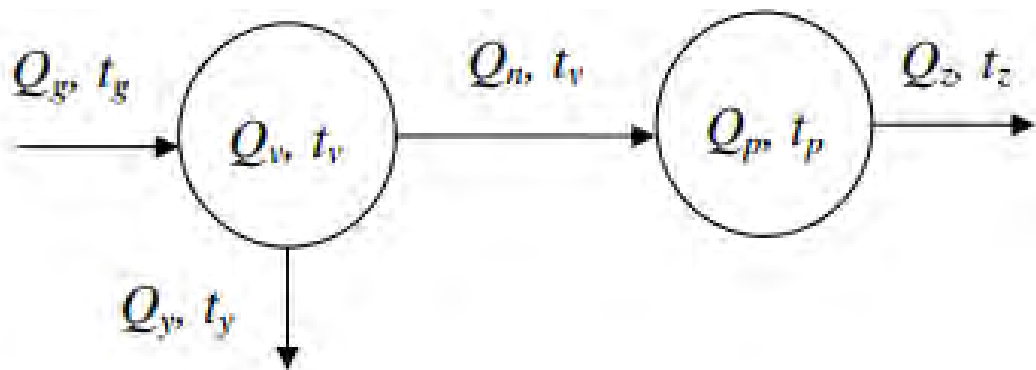


Рисунок 3.2 – Схема потоків тепла в теплиці

Де, t_p – температура повітря;

t_v – температура води в опалювальних трубах;

t_g – температура гарячої води на вході;

t_y – температура води на виході;

t_z – температура зовнішнього середовища;

Q_p – тепло, яке знаходиться в повітрі;

Q_v – тепло, яке знаходиться у воді;

Q_g – тепло введене з водою;

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Q_y – тепло виведене з водою;

Q_n – тепло, що перейшло до повітря;

Q_z – тепло втрачене в навколишній простір.

3.4 Функціонально-структурна система САК регулювання температури в теплиці

Функціонально-структурна система САК регулювання температури в теплиці можна представити у вигляді наведеному на рис. 3.3.

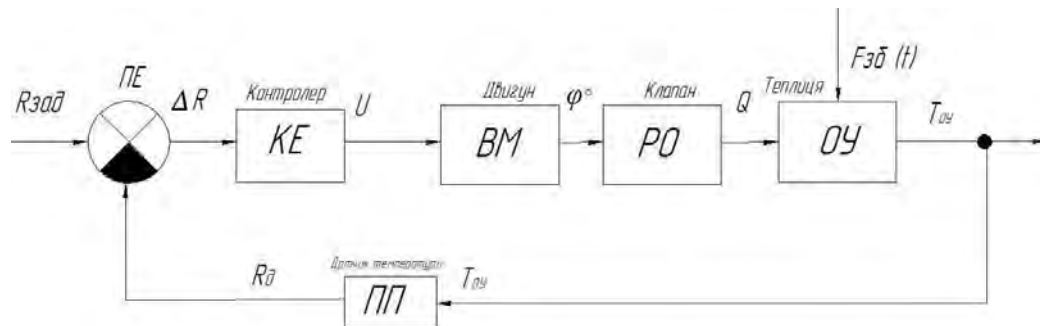


Рисунок 3.3 – Функціонально-структурна система САК регулювання температури в теплиці

KE – керуючий елемент (регулятор)

PO – Регулюючий орган (клапан)

BM – виконавчий механізм (двигун)

OU – об'єкт управління (теплиця)

ПП – первинний перетворювач

$R_{зад}$ – задане значення температури

R_{ou} – температура повітря в теплиці

U – напруга керування

F – збурююча дія на OU

3.5 Дослідження моделі керування температурою в теплиці

Визначаємо сталі часу для трубопроводів обігріву теплиці (ТТ) і обігріву ґрунту (ТГ) (3.6):

$$T_{\tau} = \frac{V_{\tau}}{F_{\kappa}} = \frac{\pi d_{\tau}^2 L / 4}{F_{\kappa} / 3600} \quad (3.6)$$

$$T_{\tau} = \frac{V_{\tau}}{F_{\kappa}} = 221c$$

Передаточні функції трубопроводів обігріву повітря в теплиці і ґрунту представимо у вигляді інерційних ланок 1-го порядку із запізненням (3.7)

$$W_{\tau\tau} = \frac{k e}{T p + 1} \quad (3.7)$$

$$W_{\tau\tau} = \frac{1}{300s + 1}$$

Для давача температури повітря встановленого зовні теплиць, (опір визначений за статичної характеристикою перетворювача температури, стала часу 3 с), передаточна функція буде мати вигляд (3.8), враховуючи, що $\Delta R = 96.8 - 50.3 = 46.5$ та $\Delta t = t_2 - t_1 = 20$

$$W_{TE} = \frac{k}{T p + 1} = \frac{\frac{\Delta R}{\Delta t}}{T p + 1} \quad (3.8)$$

$$W_{TE} = \frac{0.55}{3s + 1}$$

Передаточна функція давача температури повітря в теплиці буде мати вигляд (3.9) при умові, що $\Delta U = 10V$, а $\Delta t = 20$ с.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$W_{TE} = \frac{k}{T_{p+1}} = \frac{\Delta U / \Delta t}{T_{p+1}} \quad (3.9)$$

$$W_{TE} = \frac{0.4}{3s + 1}$$

В контурі регулювання температури теплоносія (прямої води) маємо такі передаточні функції виконавчого механізму ВМ та регулюючої заслінки РО при $k=0.48$ (3.10):

$$W_{BM} = \frac{k}{T_{BM+1}} \quad (3.10)$$

$$W_{BM} = \frac{0.48}{s}$$

Зміна температури зовнішнього повітря в системі регулювання температури теплоносія буде збурюючим фактором. Отже, система моделювання може бути представлена на рисунку 3.4.

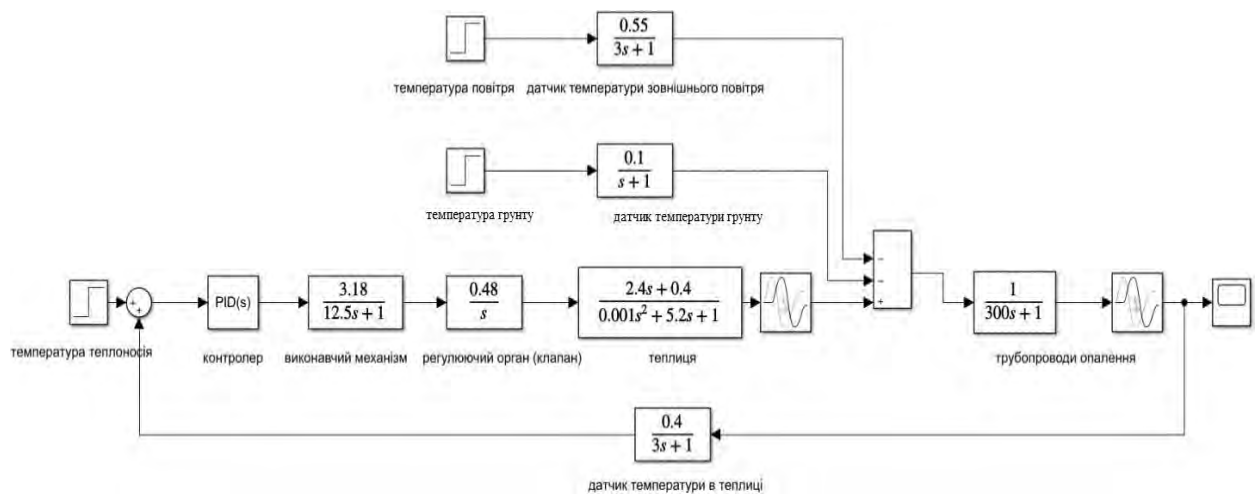


Рисунок 3.4 – Simulink-модель регулювання температури теплоносія в теплиці

Результати моделювання представлені на рисунку 3.5.

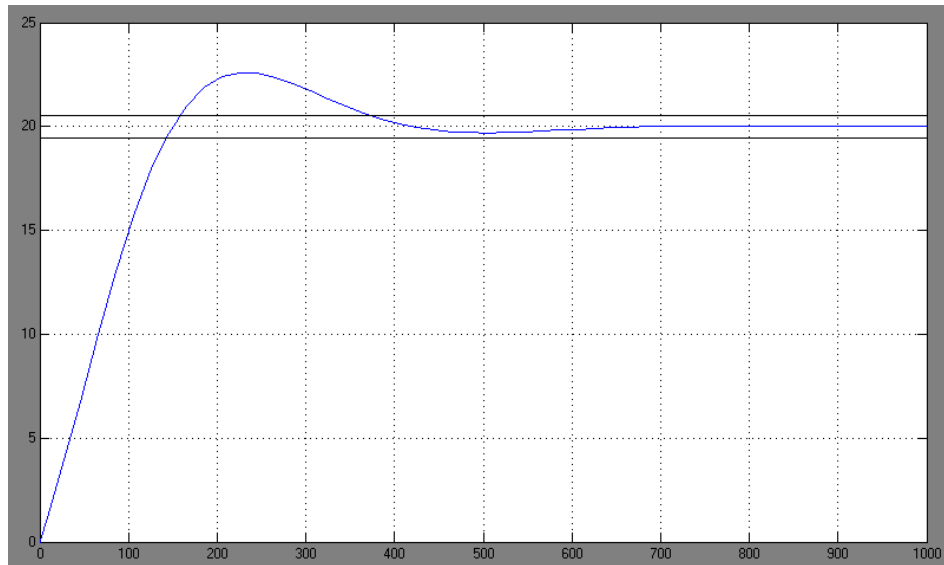


Рисунок 3.5 – Графік перехідного процесу керування температурою теплоносія

Величина перерегулювання визначається за формулою 3.11. Вхідні дані вибрані з рисунка 3.5.

$$\delta = \frac{y_{max} - y}{y_{max}} \times 100\% \quad (3.11)$$

$$\delta = \frac{22.5 - 22}{22.5} * 100\% = 11.1\%$$

Дане значення задовільняє умові стійкості системи автоматичного керування, так як не перевищує 30%. Час регулювання перехідного процесу становить приблизно 700 с. Так як рослини не є дуже чутливими до незначної зміни температурного режиму протягом даного часу, то можна вважати даний показник задовільним. Слід і відмітити і практично відсутність статичної похибки системи керування, так як в усталеному після перехідного процесі значення сигналу керування дорівнює вхідному сигналові [5, с. 127].

Для перевірки стійкості системи скористаємось критерієм Найквіста. Розглянемо об'єкт управління – теплицю, як ізольовану систему. У такому випадку відповідно до моделі на рисунку 3.4 отримаємо передатну функцію самого об'єкту (3.12)

$$W = \frac{2,4s+0,4}{0,001s^2+5,2s+1} \quad (3.12)$$

Використовуючи вбудовану функцію `nyquist()` в MatLab побудуємо годограф Найквіста і визначимо стійкість системи:

```
>>W=tf([2.4 0.4],[0.001 5.2 1])
```

Transfer function:

$$2.4 s + 0.4$$

$$0.001 s^2 + 5.2 s + 1$$

```
>> nyquist(W)
```

```
>>
```

На рисунку 3.6 представлено годограф Найквіста. Оскільки він не охоплює точку з координатою $(-1; j0)$, то замкнута система є стійкою.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

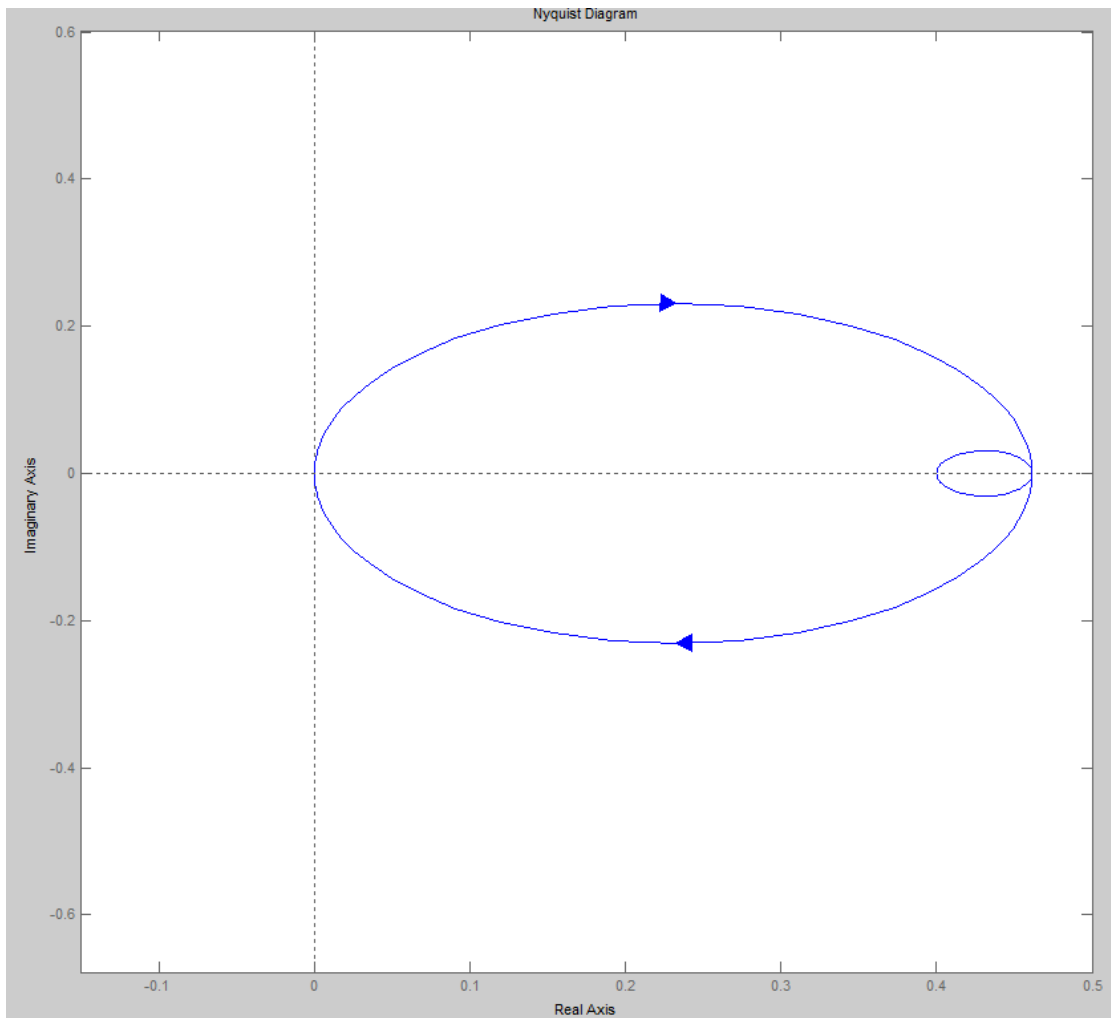


Рисунок 3.6 – Годограф Найквіста

3.6 Вибір датчиків температури

Для вимірювання температури носія в системі обігріву використовуємо датчик тепла ТСМ – 1088 – 50М. Загальний вигляд датчику зображений на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд датчику ТСМ – 1088

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.151.202.002.00 ПЗ

Арк.

34

Загальні характеристики датчику:

- Умовне позначення ТСМ- 1088 -50М;
- Робочий діапазон вимірюваних температур – 50°C – 150°C;
- тип виходу: аналоговий;
- Клас допуску – А, В , С;
- Показник теплової інерції виробу термоперетворювач опору ТСМ – 1088 мідний - не більше 20с або не більше 40 с;
- Умовний тиск вимірюваного середовища – 0,4 МПа, 6,3 МПа, 10МПа;
- Габарити виробу термоперетворювач опору ТСМ- 1088 мідний.

3.7 Вибір зовнішніх датчиків температури

Для вимірювання температури зовнішнього повітря використаємо: зовнішній датчик температури повітря ETF-744/99.

Давач вуличного типу ETF-744/99 фіксує відповідно температуру зовнішнього повітря. На рисунку 3.7 зображено загальний вигляд датчика температури повітря ETF-744/99.



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд зовнішнього датчика температури ETF-744/99

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Технічні характеристики датчика температури повітря ETF-744/99:

- Діапазон вимірюваних температур варіює від - 300С до +500С.
- вихідний сигнал каналу вимірювання температури: Pt 1000;
- похибка вимірювання: $\pm 0,50\text{C}$;
- показник теплової інерції: 3 с;
- схема з'єднання: 2;
- клас допуску: В;
- опір ізоляції: 100 Мом;
- струм вимірювання: 3 мА.

3.8 Вибір з датчиків температури ґрунту

Для вимірювання температури ґрунту вибраний – датчик і температури ґрунту RIXEN MTR-732, який зображений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Датчик вологості і температури ґрунту RIXEN MTR-732

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Давач MTR-732 комплектується реєстратором збору даних Em5b з п'яти датчиків. Даний датчик дозволяє одночасно контролювати вологість ґрунту, температуру та електропровідність, що є додатковою перевагою при впровадженні комплексної автоматизації форма та розміщення вимірювальних щупів дозволяє мати гарний контакт з матеріалом а також підвищує точність вимірювання [1, с. 171].

3.9 Вибір виконавчих пристроїв

На лінії подачі теплоносія в 2-х контурну систему обігріву зони росту рослин і обігріву ґрунту встановлюємо дискові поворотні заслінки Danfoss DN100 з електроприводом EF230A (поз. NS 1-4 та NS 3-4).

Засувка Danfoss DN100 з електроприводом EF230A представляє собою заслінку дискову поворотну, яка приводиться в дію за допомогою електричного приводу. Призначена для дроселювання рідин в системах гарячого і холодного водопостачання, опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Поворотні заслінки встановлюють на трубопровід між стандартними відповідними фланцями, без застосування додаткових прокладок, тому що футерування одночасно захищає корпус від дії робочого середовища і виконує роль прокладок. На рисунку 3.9 зображено – заслонку дискову поворотну Danfoss DN100 [17, с. 112].

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



Рисунок 3.9 – Заслінка дискова поворотна Danfoss DN100

3.10 Вибір магнітного пускача

Контактори призначені для комутації і підключення до мережі побутових пристроїв та іншого обладнання, робочі струми яких перевищують струми звичайних побутових вимикачів, а також можуть використовуватися як проміжні реле. На рисунку 3.10 зображено магнітний пускач ESC425.



Рисунок 3.10 – Контактор ESC425

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Технічні характеристики магнітного пускача ESC425:

- Номінальна напруга ізоляції, В – 440
- Номінальний робочий струм АС7 – категорія А25
- Номінальний робочий струм АС7 – категорія В8.5
- Пускова потужність, що поглинається – 21 VA
- Кількість полюсів – 4
- Напруга котушки, В – 230
- Номінальний струм, А – 25.

3.11 Вибір групи безпеки системи опалення

Група безпеки Afrisо KSG Magnum може бути використана тільки в закритих системах опалення відповідно до DIN EN 12828, максимальна потужність яких не перевищує 200 кВт. Зовнішній вигляд представлено на рисунку 3.11. Конструктивні характеристики рисунок 3.12.



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд група безпеки Afrisо KSG Magnum

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

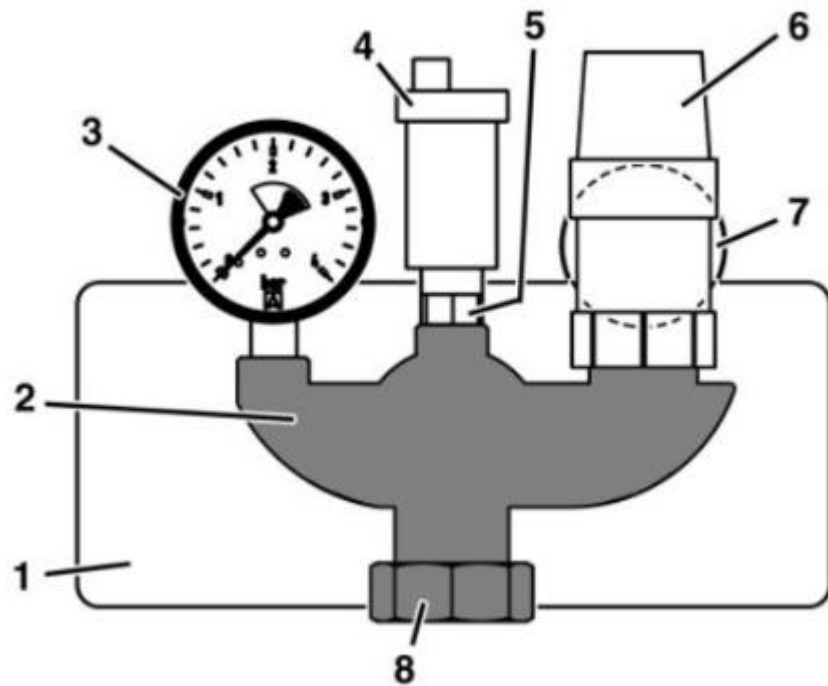


Рисунок 3.12 – Конструктивні характеристики Afriso KSG Magnum
 1.Ізоляція 2.Корпус з латуні 3.Манометр 4.Автоматичний відвідник повітря 5.Зворотній клапан 6.Поворотний ковпачок клапана безпеки
 7.Запобіжний клапан 8.З'єднувальна гайка

Група безпеки KSG Magnum може бути використана в контактi тільки з наступними рідинами:

- вода
- суміш води і гліколю, максимальна концентрація 50%.

Технічні дані системи:

Розміри: 230x175x104 мм

Вага: 1,6 кг

Максимальний тиск в системі: 3бар

Матеріал корпусу: латунь

Сполучна різьба: 1¼ " GW

Максимальна робоча температура: 120 ° C

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Мембранний запобіжний клапан: номінальний тиск-3 бар, з'єднання (вхід вихід) - 1 " x 1 ¼ ", потужність теплової системи -до 200кВт [16, с. 99].

3.12 Вибір керуючого пристрою

Оскільки прагнення до повної автоматизації будь-якого технологічного процесу опирається на серце автоматичної системи – контролер, то його вибір посідає ключове місце при проектуванні системи керування.

У даному випадку доцільно використовувати контролер, що буде забезпечувати одночасний контроль над , якомога більшою кількістю процесів. Для цього доцільно використовувати програмований логічний контролер. Програмований логічний контролер (ПЛК) – забезпечує постійно функціонуючий контроль в реальному часі над процесами. Забезпечує зв'язок між входами та виходами та центральним процесором з боку заданого режиму роботи [14, с. 90].

Для системи керування опаленням доцільно вибрати контролер SIMATIC S7-200, котрий ідеально забезпечить виконання процесу. Зовнішній вигляд представлено на рисунку 3.13.



Рисунок 3. 13 – Зовнішній вигляд SIMATIC S7-200

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Технічні характеристики: компактний процесор, DC / DC / DC, 2 порти PROFINET на борту вводу / виводу: 10 DI 24 В постійного струму; 4 DI RS422 / 485; 6 DO 24 В постійного струму; 0,5А; 4 DO RS422 / 485; 2 AI 0-10 В постійного струму, 2 АО 0-20 мА Блок живлення: постійний струм 20,4-28,8 В постійного струму, пам'ять програми / даних 150 КБ.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок вартості засобів автоматизації

У таблиці 4.1 представлена вартість засобів автоматизації

Таблиця 4.1 – Вартість засобів автоматизації

Назва обладнання	Одиниці виміу	Кількість	Ціна, грн	Вартість, грн
Група безпеки Afriso Ksg Magnum	шт	1	4452	4452
Контактор ESC425	шт	1	800	800
Заслінка дискова поворотна Danfoss DN100	шт	1	2700	2700
Датчик вологості і температури ґрунту RIXEN MTR-732	шт	8	6660	53280
Зовнішній датчик температури ETF- 744/99	шт	4	2916	11664
ТСМ – 1088	шт	20	450	9000
SIMATIC S7-200	шт	1	30000	30000
Разом				111896

4.2 Розрахунок витрат на монтажні матеріали

Таблиця 4.2 – Витрати на монтажні матеріали

Назва	Одиниці виміру	Кількість	Ціна, грн	Вартість, грн
Кабель	м	38	32	1216
Ізоляційна стрічка	м	40	1	40
Разом	-	-	-	1256

4.3 Розрахунок амортизації і витрати на поточний ремонт

Таблиця 4.3 – Витрати на амортизацію та поточний ремонт

Назва	Вартість, грн	Амортизація		Поточний ремонт	
		%	Сума, грн	%	Сума, грн
Вартість засобів автоматизації	111896	10	11189	30	33568

4.4 Розрахунок заробітної плати робітників, зайнятих встановленням автоматизації

Для встановлення даної необхідно два кваліфікованих робітники. Оскільки працюють по контракту, то розрахунки по нарахуванню оплати праці відсутні. По контракту оплата праці становить 35000 грн.

4.5 Розрахунок відрахування на соціальне страхування

Суму відрахування на соціальне страхування слід врахувати, виходячи із ставки 37,5 % від фонду оплата праці, що становить (4.1):

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$C_T = O_P * 0,375 \quad (4.1)$$

$$35000 * 0,375 = 13125 (\text{грн})$$

4.6 Розрахунок загально виробничих витрат

Загально виробничі витрати, пов'язані з обслуговуванням виробництва, по даних підприємств приймаються в розмірі 30-40 % від фонду оплати праці (4.2):

$$ЗВВ = O_P * 0,4 \quad (4.2)$$

$$ЗВВ = 35000 * 0,4 = 14000 (\text{грн})$$

4.7 Розрахунок суми витрат на автоматизацію

Таблиця 4.4 – Витрати на автоматизацію

Назва витрати	Сума, грн
Вартість засобів автоматизації	111896
Монтажні матеріали	1256
Витрати на поточний ремонт	33568
Амортизація засобів автоматизації	11189
Зарплата	35000
Відрахування на соцстрах	13125
Загальновиробничі витрати	14000
Інші витрати (3 % П1)	3356
Разом	223390

4.8 Розрахунок економії від впровадження автоматизації

В загальному випадку автоматизація виробництва може привести до наступних результатів:

- до економії прямих витрат праці – зменшення чисельності обслуговуючого персоналу;
- до росту продуктивності праці, збільшення обсягу виробництва продукції, покращення її якості;
- до покращення умов праці – звільнення персоналу від стомлюючої або тяжкої фізичної праці та роботи в небезпечних або шкідливих для здоров'я умовах;
- до спрощення технологічної схеми, зменшення витрат на виробництво [12, с. 115].

4.9 Розрахунок вартості електроенергії

Таблиця 4.5 – Витрати на електроенергію

Назва	Одиниці виміру	Кількість, К	Ціна, грн, Ц	Вартість, грн
Електроенергія силова (до впровадження автоматизації)	кВт/год	45620	4,3	196166
Електроенергія силова (після впровадження автоматизації)	кВт/год	39300	4,3	168990
Економія по витраті електроенергії	-	-	-	27176

До впровадження автоматизації на процес гідратації (ПГ₁) витрачається 45620 кВт за рік (К₁), що коштує (4.3):

$$\text{ПГ}_1 = \text{К}_1 * \text{Ц}, \quad (4.3)$$

$$45620 * 4,3 = 196166 \text{ (грн.)}$$

В результаті впровадження автоматизації на процес гідратації (ПГ₂) витрачається 39300 кВт за рік (К₂), що коштує (4.4):

$$\text{ПГ}_2 = \text{К}_2 * \text{Ц}, \quad (4.4)$$

$$39300 * 4,3 = 168990 \text{ (грн.)}$$

Економія (Е) по витраті електроенергії (4.5):

$$E = \text{ПГ}_1 - \text{ПГ}_2 \quad (4.5)$$

$$196166 - 168990 = 27176 \text{ (грн.)}$$

4.10 Розрахунок фонду оплати праці

Чисельність працівників до автоматизації становила 6 чоловік, а в результаті впровадження засобів автоматизації достатньо 3-ох чоловік. Отже досягається економія по фонду заробітної плати і по сумі відрахувань на соціальне страхування [13, с. 56].

Розрахуємо річний фонд оплати праці працівників до автоматизації. По даних підприємства середньомісячна зарплата одного працівника становить 12000 грн. (4.6):

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$R_1 = \text{ч}_1 * 3\Pi * 12 \quad (4.6)$$

$$6 * 12000 * 12 = 864000 \text{ (грн.)}$$

Річний фонд оплати праці після автоматизації становить (4.7):

$$R_2 = \text{ч}_2 * 3\Pi * 12 \quad (4.7)$$

$$3 * 4200 * 12 = 432000 \text{ (грн.)}$$

Економія по фонду оплати праці:

$$864000 - 432000 = 432000 \text{ (грн.)}$$

Відрахування на соціальне страхування:

до автоматизації:

$$864000 * 0,375 = 324000 \text{ (грн.)}$$

після автоматизації:

$$432000 * 0,375 = 162000 \text{ (грн.)}$$

Економія по фонду витрат на соціальне страхування:

$$324000 - 162000 = 162000 \text{ (грн.)}$$

Загальна сума економії:

$$27176 + 432000 + 162000 = 621176 \text{ (грн.)}$$

4.11 Розрахунок економічної ефективності від впровадження автоматизації

Термін окупності визначається по формулі (4.8):

$$T_{ок} = \frac{B}{E} (p), \quad (4.8)$$

де B – витрати на автоматизацію, грн (табл. 4.4);

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

E – сума економії, досягнутої за рахунок автоматизації, грн.;

$$T_0=223390/621176=0,35$$

$$T_0=223390/621176=0,35$$

Коефіцієнт економічної ефективності визначають по формулі (4.9):

$$K = \frac{E}{B} \quad (4.9)$$

$$K=2,78$$

4.12 Висновок про економічну доцільність проекту автоматизації

В результаті вивільнення двох працівників досягнуто економії по фонду заробітної плати.

Порівнюючи фактичний термін окупності витрат на автоматизацію 0,35 з нормативним 7 років і коефіцієнт економічної ефективності 2,78 з нормативним 0,2 можна зробити висновок, що даний проект автоматизації є економічно вигідним і доцільним, тим більше в даний час стрімкого росту цін на енергетичні ресурси [8, с. 120].

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації основного технологічного обладнання та робочих приміщень

Усі основні планувальні рішення по котельному приміщенню було прийнято з урахуванням вимог ДБН В.2.5.-39:2008 «Теплові мережі». Вимоги щодо монтажу основного обладнання є наступними:

Усі трубопроводи ізолюються під час монтажу. Обладнання, трубопроводи та арматуру необхідно маркувати згідно зі схемою, на трубопроводах позначити напрям руху теплоносія.

Компоновка основного та допоміжного устаткування в котельному приміщенні виконана згідно з нормативними документами:

Розширювальні баки, які працюють під тиском вище 0,07 МПа, відповідають вимогам.

Кожний водоводяний підігрівач відповідно до проекту оснащений штуцерами із запірною арматурою для випуску повітря і спуску води, згідно з вимогами.

Всі вимірювальні прилади передбачено встановити на щиті контролю, який знаходиться у котельному приміщенні [3, с. 13].

5.2 Електробезпека

Експлуатація апаратури, яка передбачена проектом, повинна виконуватись відповідно до паспортних даних кожного виробу, де зазначені номінальні значення струму і напруги. Техніка безпеки в силовому електроустаткованні забезпечена вибором відповідного устаткування й апаратів.

Усі електромонтажні роботи виконуються у відповідності до діючих будівельних норм– СнiП 3.05.06-85 Електротехнические устройства. ПУЕ з дотримання норм з охорони праці і техніки безпеки. Усі технологічні

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

струмоприймачі котельного приміщення живляться електроенергією від загального щита автоматизації. Цей щит необхідно підключити до системи електропостачання та обладнання по місцю.

До блока керування насосами входять наступні функції:

автоматичне відключення циркуляційного насоса у разі падіння тиску на вході насоса нижче встановленого; можливість ручного вмикання/вимикання насоса; автоматичне вмикання насоса після перерви в електропостачанні, а також інші функції, які детально описані в технічній документації на щиті автоматизації.

Зв'язок контролера блока керування з комп'ютером забезпечується за допомогою інтерфейсу (RS-232, 485).

Основними споживачами електроенергії в котельному приміщенні є електродвигуни насосних установок, джерела штучного освітлення та електричний нагрівач в бойлері непрямого нагріву.

Живлення електрообладнання здійснюється від мережі змінного струму з глухо заземленою нейтраллю частотою 50Гц [3, с.15].

5.3 Технічні рішення та організаційні заходи по запобіганню електротравм від необережності зі струмовідними елементами електрообладнання

При експлуатації електрообладнання котельного приміщення існує ризик виникнення електротравм. Тому проектом його компоновки передбачені наступні вимоги: нормально струмовідні частини з опором $R_{зг} \geq 1$ кОм повинні ізолюватись; при зниженні опору ізоляції до 0,5 кОм експлуатація електроустановок допускається;

- блокуюче та огорожуюче обладнання виконані таким чином, що їх монтаж/демонтаж можливі тільки за допомогою ключів чи інструменту;

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- для живлення ламп загального освітлення використовується трифазна мережа змінного струму 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю та зануленням;

- для переносного освітлення встановлено мережу розеток 12 В;

- для захисту людей від помилкових дій та випадкового дотику до струмовідних частин застосована різнокольорова ізоляція провідників окремих елементів електросхем, таблички та написи з позначенням робочих напруг, попереджувальні знаки, використання напруги до 42 В для підключення електроінструменту [16, с. 12];

- для захисту людей від ураження електричним струмом, від дії електричної дуги, всі установки забезпечуються засобами захисту, а також засобами забезпечення першої медичної допомоги відповідно до «Правила використання і випробування засобів захисту, які використовуються в електроустановках» ;

- частини електрообладнання, які випадково виявились під напругою, та пошкоджені частини електромережі відключаються за рахунок наявності надійного та швидкодіючого автоматичного відключення [6, с. 52].

5.4 Технічні рішення по запобіганню електротравм при переході напруги на неструмовідні частини електроустановок при аварійних режимах їх роботи

З метою захисту людей від ураження електричним струмом при переході напруги на неструмовідні частини установок проектом облаштування котельного приміщення передбачено:

– занулення всіх корпусів електродвигунів насосів та регулюючих клапанів, так як вони можуть бути під напругою при пошкодженні ізоляції .

При пробі на корпус обладнання однієї з фаз мережі занулення дає змогу виключити небезпеку ураження електричним струмом людей. Це досягається

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

завдяки швидкому вимиканню, максимальним струмовим захистом ділянки, на якій виникло замикання на корпус. Пробій на корпус при зануленні приводить до короткого замикання фази (контур: нульовий провідник – фаза – фазовий провідник – корпус споживача – нульовий провідник). Захист від короткого замикання (автомат зі струмовим захистом) спрацьовує, вимикаючи пошкоджений провідник від мережі.

До схеми занулення використовуються наступні вимоги ПУЕ – 2006:

- забезпечується необхідна кратність струму короткого замикання;
- забезпечується цілісність нульового провідника та використання повторних заземлювачів нульового провідника;
- контроль занулення проводиться при вводі в експлуатацію, перевірка здійснюється кожні 5 років;
- у нульовому проводі не дозволяється установка роз'єднувачів та інших приладів розриву електричної мережі;
- не дозволяється використовувати трубопроводи в якості нульового робочого проводу.

5.5 Пожежна безпека та профілактика

Пожежна безпека – стан об'єкта, за якого з регламентованою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Приміщення згідно з НАПБ Б03.002-2007 відноситься до категорії Д (пожежобезпечні – негорючі речовини та матеріали у холодному стані). Джерелом пожежі можуть бути спалення електроізоляції кабелю при короткому замиканні чи дії мешканців будинку, які порушують правила пожежної безпеки (використання відкритого вогню, куріння у недозволених місцях). Таким чином згідно з ПУЕ – 2006 робоче приміщення за

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

вибухопожежною небезпекою має клас П – П. Приміщення не відноситься до вибухонебезпечних, тому що не використовуються легкозаймисті речовини та немає умов для створення вибухонебезпечних сумішей .

Системи пожежної безпеки – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збитків від неї.

Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системою запобігання пожежі, системою протипожежного захисту і системою організаційно-технічних засобів.

Системи пожежної безпеки мають запобігати виникненню пожежі і впливу на людей небезпечних факторів пожежі на необхідному рівні . Потрібний рівень пожежної безпеки людей за допомогою зазначених систем, згідно з ГОСТ 12.1.004-91, не повинен бути меншим за 0,9 відвернення впливу на кожну людину, а допустимий рівень пожежної безпеки для людей не може перевищувати 10-6 впливу небезпечних факторів пожеж, що перевищують гранично допустимі значення на рік у розрахунку на кожну людину [17, с. 25].

Основні засоби попередження пожеж:

- застосування електрообладнання, яке задовольняє вимогам електростатичної електробезпеки згідно з ГОСТ 12.1.018-79;
- застосування захисту від короткого замикання на розподільчому щиті котельного приміщення;

В проекті передбачено наступні основні технічні рішення по системі протипожежного захисту котельного приміщення:

- згідно з вимогами ДБН В.2.5-56-2014 для автоматичної пожежної сигналізації застосовані пристрої УОТС-11, які працюють з димовими та тепловими датчиками, що встановлені на стелі;
- передбачені первинні засоби пожежогасіння: вогнегасник ОУ-5 згідно з вимогами ДСТУ 3675-98 IS03941-77 та ГОСТ 7276-77, який розташовано біля входу до котельного приміщення;

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- електродвигуни, електропровідники та кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони і мають арматуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів;
- плавкі вставки запобіжників калібровані, з визначенням на клеймі номінального струму вставки;
- на електродвигуни та світильники передбачається нанесення знаків, які вказують їх ступінь захисту відповідно до стандартів;
- проектом передбачено, що з'єднання, відводи та кінцівки жил проводів виконуються за допомогою опресовки, зварювання, пайки;
- прийнято, що для переносних світильників застосовуються гнучкі кабелі з мідними жилами, з урахуванням їх захисту від можливих пошкоджень.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

ВИСНОВКИ

Розробка автоматичної системи керування опаленням аграрних об'єктів закритого ґрунту є важливим кроком у вдосконаленні сільськогосподарського виробництва. Аграрні об'єкти закритого ґрунту, такі як теплиці, оранжереї та інші підігрівані споруди, використовуються для вирощування рослин протягом усього року, незалежно від зовнішніх погодних умов. Ефективне опалення є ключовим фактором для забезпечення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, а також для досягнення високих врожаїв.

Автоматична система керування опаленням може забезпечити точний контроль і регулювання параметрів опалення, таких як температура повітря, вологість, освітлення та інші фактори. Вона може базуватися на сучасних технологіях сенсорів, контролерів та програмного забезпечення, які дозволяють автоматично адаптувати умови опалення до потреб рослин у різних фазах росту.

У даній роботі була проведена розробка системи керування опаленням. Перед вибором необхідних технічних засобів автоматизації проведено розрахунок датчиків температури, розрахунок опалювальної площі та моделювання системи керування. також було обрано оптимальні засоби автоматизації, які забезпечать керування технологічним процесом. Серед них: датчики температури, виконачий механізм, контактор, засоби безпеки та керуючий пристрій. Розрахунок економічної ефективності показав, що запропонована система керування є оптимальною для керування опалювальним системними аграрних об'єктів закритого ґрунту.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

СПИСОК ВИКОРИСТОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Віхрова Л. Г., Каліч В. М., Прокопенко Т. А. Адаптивна автоматизована система збору та контролю основних параметрів мікроклімату в теплиці. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Кіровоград: КНТУ, Вип. 29. 2016. С. 168-172.

2. Дудник А.О. Методи побудови ресурсоефективних систем керування тепличними комплексами. Актуальні проблеми наук про життя: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. Київ. 2018. С. 58-59.

3. Желібо Є. П., Сагайдак І. С. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник для аудиторної та практичної роботи. К.:ЕКОМЕН. 2011. 200 с.

4. Заєць Н. А., Дудник А. О., Якименко І. Ю. Експериментально-статистичне дослідження теплиці як об'єкта керування з метою підвищення ресурсоефективності виробництва. Енергетика і автоматика. 2017. No 4. С. 200–211.

5. Климентовський Ю.А., Гладкий А.М. Технічні засоби автоматики. К.: Видавництво «КВІЦ», 2003. 238с.

6. Кульчицький С. З. Розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом теплиці на базі ПЛК Овен-150 : кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю „151 — автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Тернопіль: ТНТУ, 2021. 53 с.

7. Курдюмов Н., Малишевський К., Розумна теплиця, Видавництво: Владіс, 2007. 19 с.

8. Лисенко В. П., Лендел Т. І. Алгоритм формування стратегій керування процесом вирощування рослин у теплиці з урахуванням їх стану. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. Вип. 283. 2018. С. 118-124.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

9. Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Лукач В.С. Проектування систем електрифікації та автоматизації сільського господарства. К.: Вища школа, 1999. 201 с.

10. Опришко О.О., Поповіч Р.І. Конструкція перспективної теплиці для фермерських господарств. Біоресурси і природокористування. 2012. Т. 4 Вип. №1-2. С. 129-132.

11. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

12. Решетюк В. М., Лендел Т. І., Куляк Б. В. Алгоритм прийняття рішень для проведення крапельного зрошення в теплиці із використанням інформації про стан рослини. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 261. С. 111-120.

13. Ружицька В.В. Дослідження теплиці як об'єкта автомазиції та удосконалення системи автоматичного керування мікрокліматом. Магістерська дисертація., 2018. 103 с.

14. Шарапа О. В., Бердников А. Г. Модель системи управління технологічним процесом в тепличному агропромисловому комплексі. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 47, 2020. С. 86-92.

15. Ясінський Р. В. Методи та засоби контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі технологій інтернету речей : кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю «123 — комп'ютерна інженерія». Тернопіль: ТНТУ, 2022. 72 с.

16. Ясінський Р.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М. Апаратно-програмна система для регулювання мікроклімату теплиць. Матеріали Х науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології», Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 102.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

17. Ясінський Р.В., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Величко Д.В.
Комп'ютерна система для контролю параметрів мікроклімату теплиць на основі
інтернету речей. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей XI
міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів,
Тернопіль: ФОП Паляниця В. А. 2022. С. 177.

					ДП.151.202.002.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59