

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність № 142

«Енергетичне машинобудування»

ОП: «Системи кондиціонування і
вентиляції повітря»

Група: БКВ - 04

Дипломний проект
здобувача освіти денного відділення
БКВ 04.023.000 ДП

Пастух Сергій
Вадимович

м. Одеса - 2023 р.

Міністерство освіти і науки України
ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»

Дата видачі завдання
«20» лютого 2023 р.
Дата закінчення проекту
«01» липня 2023 р.

Затверджую
Заступник директора з НВР
_____ Беркань Іг.В.
“ 20 ” лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Прізвище, ім'я та по батькові: Пастух Сергій Вадимович
Галузь знань № 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність № 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма «Системи кондиціювання і вентиляції повітря»

Тема дипломного проекту: Проект системи кондиціювання повітря для теплиць підсобного господарства ВСП «ОТФК ОНТУ» по вирощуванню рослинної сировини

Стверджена наказом по коледжу від « 17 » 10 2022 р. № 235-А2- ОД
Вихідні данні для проекту: Тепличне підсобне господарство площею до 1500м². Розрахункові літні параметри повітря категорії Б; Температура зовнішнього повітря – t=-15°С.

Зміст та послідовність виконання дипломного проекту

ВСТУП

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

6 АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТЕПЛИЦІ

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

9 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Графічна частина

Графічний Аркуш 1. Схема обладнання теплиці.

Графічний Аркуш 2. Схема ПВУ.

Графічний Аркуш 3. Схема повітропроводів.

Графічний Аркуш 4. Геліокотел.

Графік виконання проекту

| Зміст | Термін виконання |
|--|------------------|
| Вступ | 21.02-01.03.2023 |
| 1 Теоретична частина | 01.03-20.03.2023 |
| 2 Аналітична частина | 20.04-25.04.2023 |
| 3 Технологічна частина | 26.04-30.04.2023 |
| 4 Проектно-конструкторська частина | 01.05-04.05.2023 |
| 5 Розрахунок системи кондиціонування повітря | 05.05-10.05.2023 |
| 6 Автоматизація управління кондиціонування теплиці | 12.05-15.05.2023 |
| 7. Економічна частина | 16.05-17.05.2023 |
| 8. Охорона праці | 17.05-22.05.2023 |
| 9. Цивільний захист | 23.05-27.05.2023 |
| Висновки | 28.05-10.06.2023 |
| Перелік використаної літератури | 10.06-13.06.2023 |
| Підготовка графічної частини дипломного проекту | 15.06-19.06.2023 |
| Попередній захист | 20.06.2023 |
| Захист дипломного проекту | 28-30.06.2023 |

Завдання розглянуто та затверджено на засіданні кафедри енергетичного машинобудування

Протокол № 2 від “13” вересня 2022 р.

Завідувач кафедрою _____ (Хмельнюк М.Г.)

Попередній захист проведено, зауваження враховано

Керівник проекту _____ (Новіков В.М.)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність 142
«Енергетичне машинобудування»
ОП: «Системи кондиціонування і
вентиляції повітря»
Група БКВ - 04

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
БКВ 04.023.000 ДП

До дипломного проекту на тему:

Проект системи кондиціонування повітря для теплиць підсобного господарства ВСП «ОТФК ОНТУ» по вирощуванню рослинної сировини

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 121 сторінках та графічного матеріалу на 4 аркушах.

Дипломник _____ (Пастух С.В.)

Керівник проекту _____ (Новіков В.М.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Шимко О.В.)

з будівельної частини _____ (Волянська С.В.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

по дотриманню
вимог ЄСКД _____ (Волянська С.В.)

До захисту допущено
Завідувач кафедри _____ (Хмельнюк М.Г.)

Завідуючий відділенням _____ (Бригадир Л.Г.)

Захист “ _____ ” _____ 2023 р. Протокол ЕК № _____
Оцінка ЕК _____

Секретар ЕК _____ Куриленко В.О.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА..... | 9 |
| 2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА | 28 |
| 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... | 45 |
| 4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА | 58 |
| 5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ..... | 69 |
| 6 АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТЕПЛИЦІ..... | 71 |
| 7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... | 79 |
| 8 ОХОРОНА ПРАЦІ..... | 87 |
| 9 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ..... | 95 |
| ВИСНОВКИ | 105 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 106 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.000 ДП | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Актуальність теми. Рівномірне щорічне постачання населення овочами є найважливішим завданням сільськогосподарського виробництва. Близько 25% усіх вироблених овочів повинні вирощуватися в теплицях, парниках або утепленому ґрунті, щоб вирішити це завдання. Багато сільськогосподарських культур можна вирощувати в захищеному ґрунті з обладнанням, яке створює мікроклімат і сприятливі умови для росту рослин, незалежно від стану зовнішнього середовища.

Утеплений ґрунт, парники та теплиці складають захищений ґрунт. Теплиці — це тип будівель, призначених в першу чергу для вирощування розсади овочевих культур, саджанців та інших культур. Завдяки своїй високотехнологічній конструкції теплиці можуть вирощувати овочі цілий рік у будь-якому кліматі України. В даний час тепличні споруди, які є найменш енерговитратними, є найбільш ефективними.

Автоматичний контроль і підтримка мікроклімату в теплицях є важливими технологічними процесами. Вологість і температура повітря в теплиці є одними з найважливіших параметрів, що визначають швидкість розвитку рослин.

Зниження енерговитрат є важливим, оскільки вони складають значну частину витрат, необхідних для вирощування овочів у теплицях. Як показали аналіз наукових публікацій, звітів тепличних комбінатів і власних досліджень, виробництво овочів у тепличних господарствах вимагає близько 40% енергії. Отже, основною проблемою ведення тепличного господарства є невиправдано високі витрати на традиційні енергоресурси.

Електричний обігрів теплиць має багато переваг перед іншими традиційними методами обігріву, що робить його доцільним. великий резерв подальшої економічної ефективності в цьому виробництві Використання нетрадиційних екологічно чистих джерел енергії, таких як енергія сонця, вітру та глибинного тепла землі, також може бути корисним у сучасному світі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.000 ДП | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Згідно з аналізом спеціальної літератури, виробництво овочів у захищеному ґрунті не завжди може бути прибутковим через низку факторів, включаючи технологічні, економічні та природні. Таким чином, зниження витрат на паливно-енергетичні ресурси є життєво важливим для того, щоб зменшити витрати на продукцію захищеного ґрунту.

З іншого боку, недостатньо досліджень щодо систем кондиціонування повітря для теплиць підсобного господарства, які можуть працювати в умовах інформаційної невизначеності. Таким чином, створення інтелектуальної системи для контролю вологості та температури повітря в теплиці є важливим питанням.

Мета і завдання досліджень. Проєкт системи кондиціонування повітря для теплиць підсобного господарства ВСП «ОТФК ОНТУ» по вирощуванню рослинної сировини, що дозволяє зменшити витрати на паливно-енергетичні ресурси, одночасно збільшуючи виробництво продукції.

Для досягнення мети були поставлені та вирішені такі завдання:

- проведено аналіз літературних джерел, які стосуються досліджуваного об'єкту, надано порівняльну оцінку існуючих систем підтримки мікроклімату, вказавши їх переваги та недоліки;

- розроблено розрахункову схему енергетичного балансу теплиці для нічного часу з технічним обігрівом і зонним укриттям; також було розроблено рівняння теплового балансу для робочих зон;

- розроблено схему автоматизації обладнанням мікрокліматом теплиці;

- вибрано геліокотел для створення мікроклімату в теплиці, розроблено електричну схему для вентиляції та розроблено систему калориферів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.000 ДП | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Об'єктом дослідження є система кондиціонування теплиці та модернізація автоматизованих систем керування мікрокліматом.

Предмет дослідження – процеси кондиціонування, опалення, зволоження, та освітлення, котрі підтримують ідеальний мікроклімат для рослин у теплиці.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- розроблено алгоритм роботи програмованого логічного контролера, який зменшує споживання енергії та підвищує ефективність роботи системи автополиву;

- розроблено фізико-математичну модель енергетичного режиму теплиці, яка дозволяє оперативно контролювати роботу електроустаткування, встановленого для підтримки необхідних параметрів мікроклімату.

Практичне значення одержаних результатів роботи. Результати дослідження сприяють розвитку приватних і фермерських теплиць. Удосконалення цієї системи кондиціонування повітря для теплиць підсобного господарства може бути корисним у подальших дослідженнях, пов'язаних із цією темою.

Результати дипломної роботи можуть бути використані в багатьох господарствах України під час проектування системи кондиціонування повітря в тепличних господарствах. Це дозволить підвищити ефективність існуючих підсобних господарств.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.000 ДП | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Кондиціонери та їх види

Кондиціонери очищують повітря від небажаних часток і підтримують ідеальну температуру в квартирах, будинках, офісах і автомобілях. призначений для зниження температури повітря в приміщенні під час приготування спецій або, більш рідко, для підвищення температури повітря в приміщенні в холодну пору року.

Кондиціонери поділяють на три групи:

- Системи промислової кондиціювання і кондиціонування повітря (Unitary).
- Побутові кондиціонери (RAC - Room Air Conditions).
- Комерційні кондиціонери (PAC - Packages Air Conditions).

Необхідно пам'ятати, що волога забирає тепло під час випаровування, а коли конденсується, віддає його. Одним із найпростіших прикладів є те, що коли ви наносите трохи одеколону або спирту на руку, вам відразу стане холодно. Це результат швидкого випаровування рідини. Зворотний процес важчий, оскільки волога, наприклад, над киплячою каструлею, конденсується на руках і тут же випаровується.

Саме на цьому принципі і базується пристрій кондиціонера. У внутрішньому блоці відбувається кипіння і випаровування холодоагенту (фреон - газ, киплячий при кімнатній температурі і атмосферному тиску).

Фреон забирає тепло у теплообмінника внутрішнього блоку, який ще називається випарник. Повітря, яке прогониться вентилятором через випарник, віддає своє тепло і виходить з блоку охолодженим. Куди ж дівається забране у повітря тепло?

У зовнішньому блоці, який знаходиться на вулиці, відбувається зворотний процес. Під тиском, створюваним компресором, холодоагент конденсується в теплообміннику зовнішнього блоку, який називається конденсатор.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Розміри і характеристики випарника і конденсатора підбираються таким чином, щоб весь фреон в них встигав повністю перетворитися в рідину або газ. Взагалі весь пристрій кондиціонера розрахований під конкретну потужність і в спліт-системах різної потужності практично не буває однакових деталей.

Компресор являє собою насос високого тиску для газу. Компресор створює якраз такий тиск, щоб при нормальних температурах весь холодоагент встигав сконденсуватися в зовнішньому блоці. Далі холодоагент проходить через дросельний пристрій. У побутових кондиціонерах це капілярна трубка, на прикладі холодильника.

У капілярній трубці тиск падає і холодоагент починає кипіти. Але так як всі труби охолоджувальної системи надійно утеплені, істотної втрати продуктивності кондиціонера не відбувається. Основний теплообмін відбувається при попаданні киплячого холодоагенту у випарник, що обдувається теплим повітрям. Інтенсивність кипіння підвищується лавиноподібно і так само швидко знижується температура теплообмінника.

Кондиціонери бувають таких видів:

Центральні кондиціонери - це промислові агрегати, які застосовуються для обробки повітря в великих комерційних і адміністративних будівлях, плавальних басейнах, промислових підприємствах та інших спорудах.

Прецизійні кондиціонери. В основному такий кондиціонер застосовується в приміщеннях, що вимагають дотримання заданих параметрів з високою надійністю і точністю, таких як медичні установи, виробничі приміщення, лабораторії, пости керування, вузли зв'язку, зали електронних обчислювальних машин, диспетчерські пункти та інші приміщення. Являє собою моноблок, який містить вентиляторний агрегат, фільтр, холодильну машину з фреоном повітроохолоджувачем, водяний повітронагрівач і електрокалорифер. Застосовується кондиціонер як в системах з рециркуляцією повітря, так і в системах зі 100% припливним повітрям.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Кондиціонер повітря, що працює на зовнішньому повітрі, називається припливним; на внутрішньому повітрі - рециркуляційним; на суміші зовнішнього і внутрішнього повітря - кондиціонером з рекуперацією.

Мобільні - кондиціонери, які потребують монтажу. Для його використання досить вивести гнучкий шланг або особливий блок з приміщення для відводу теплого повітря. Конденсат зазвичай накопичується в піддоні в нижній частині мобільного кондиціонера.

Віконні - складаються з одного блоку; монтуються в вікні, стіні та інших частинах будинку. Недоліки: високий рівень шуму, зменшення освітленості приміщення через скорочення площі віконного прорізу. Переваги: дешевизна, легкість монтажу і подальшого обслуговування, відсутність рознімних з'єднань у фреоновій магістралі і, як наслідок, відсутність витoku фреону, максимально можливий коефіцієнт корисної дії, тривалий термін служби.

Спліт-системи (англ. Split - розщеплення) - складаються з двох блоків, внутрішнього і зовнішнього розміщення, з'єднаних між собою трасою фреонопровіда (зазвичай використовуються мідні трубки). Зовнішній блок містить (подібно холодильнику) компресор, конденсатор, дросель і вентилятор; внутрішній блок - випарник і вентилятор. Розрізняються за типом виконання внутрішнього блоку: настінний, каналний, касетний, напольно-підстельовий (універсальний тип), колонний та інші.

Мульти-спліт системи - складаються із зовнішнього блоку і декількох, частіше двох, внутрішніх блоків, пов'язаних між собою трасою фреонопровіда. Як і звичайні, спліти розрізняються за типом виконання внутрішніх блоків.

Системи із змінним витратою холодоагента (VRF, VRV і так далі) складаються з одного зовнішнього блоку (при необхідності збільшення загальної потужності можуть використовуватися комбінації зовнішніх блоків) і з деякої кількості внутрішніх блоків. Особливість систем полягає в тому, що зовнішній блок змінює свою холодопродуктивність (потужність) в залежності від потреб внутрішніх блоків по даній потужності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1.1.2 Опалювальні системи

Вид палива, його доступність та функціональність, економічність за певної заданої потужності, безпека, автоматизоване управління, забезпечення незалежності за рахунок використання відмінного виду палива та витрати на покупку і монтаж – саме ці фактори ми враховуємо, коли обираємо собі автономну систему опалювання.

Намагаючись проаналізувати критерії, перелічені вище, можна дійти до висновку, що головним фактором підбору буде вибір палива і загальні витрати при найбільшому наборі інших критеріїв.

Без автоматики неможливо уявити новітню опалювальну систему. Саме за рахунок неї у нас з'являється змога для економії ресурсів, коштів, збільшення життєздатності нашої системи та створення індивідуальних налаштувань по нагріву для особистого комфорту.

Для забезпечення процесу індивідуального налаштування температури для особистих потреб в необхідній нам споруді, було б доречно здійснити встановлення запірно-регулюючої арматури, основними перевагами якої є:

- може здійснити самообслуговування (промивання системи) при необхідності;
- оптимізує процес регулювання тепловіддачі систем опалювання;
- здійснює примусове відключення системи у разі проблем з її функціонуванням.

Крім приведеної вище арматури, яку встановлюють спереду радіатора, можливе використання в подібному ключі кульових кранів, конусних вентилів або автоматичних терморегуляторів. Але кожна з таких систем має свої недоліки. Говорячи про регулювання за допомогою кульових кранів, то їх два: можлива роботоспроможність лише в положенні відкритого або закритого крану.

Кульовий кран неможливо встановити в проміжне положення через можливе приведення до аварійного стану через порушення його цілісності, не говорячи про те, що його різке відкриття з великою ймовірністю приведе до

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 82 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

гідравлічного удару, який також негативно відобразиться на його цілісності. Контроль теплоти за допомогою ручного конусного вентиля являється самим оптимальним варіантом через можливий фактор здійснення плавного підключення радіатора до системи опалювання та більш ефективного регулювання тепловіддачі приладу.

Для вирішення проблеми відсутності ефективного контролю регулювання та виправлення фактору ручного керування використовують термостат – це автоматизований регулятор. Використання термостатів в системах опалювання сприяє подовженню процесу життєдіяльності системи та економії системи на ресурсах та витратах.

Серед інших переваг приладу, варто вказати те, що в ньому включена можливість встановлення в одно- або двотрубні системи опалювання, термостат виглядає сприятливо візуально, та має просту в користуванні систему налаштувань.

Основна функція терморегуляторів - це автоматичне підтримання температури приміщення в необхідному вам комфортному діапазоні майже без похибки в точності. Ці автоматизовані налаштування дозволять зекономити до 15 - 20 % теплової енергії, споживаної системою опалювання споруди, з чого слідує майбутня економія витрат палива та коштів на нього.

Терморегулятори поділяють на два види: газонаповненні та рідинні.

Радіаторний термостат складається з двох частин: клапана та термостатичного елемента. Термостатичним елементом називають пристрій, в основі якого знаходиться ємність, заповнена газом або рідиною, жорстко пов'язана із старанним механізмом, який взаємодіє напряду з штоком клапана.

Вуличний термостат, який ще називають датчиком температури зовнішнього повітря, надає котлу інформацію про температуру за межами приміщення: котел може автоматично підлаштовуватись під погодні умови, які відчутні з зовнішньої сторони отоплюваної нами будівлі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 93 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Більш сучасними та «розумними» пристроями для автоматичного налаштування контролю нагріву повітря в будинку являються програматори. Основне середовище застосування продукту - котли домашнього використання. Їх основною особливістю програматора є можливість налаштування підігріву або охолодження будинку по зазначеному користувачем індивідуальному графіку. Даний режим дозволить нам здійснювати економію палива та ресурсів за рахунок непостійної подачі тепла – програматор можна налаштувати на збільшення/зменшення температури нагріву в зручний для вас виставлений зарання час (наприклад, за четверть години перед появою в домі людей – для того, щоб приміщення встигло «прогрітись»).

1.3 Аналіз систем дозації добрив і поливу

Розчинні вузли для квіткових і овочевих культур. Дані пристрої призначені для автоматизації процесів планування, проведення та приготування крапельного поливу в теплицях. Зовнішній вигляд розчинного вузла крапельного поливу показано на рис. 1.1. [6].

Цей пристрій дозволяє регулювати подачу живильного розчину для окремих зон теплиці відповідно до часу поливу або за витратою розчину. Можна оптимізувати полив протягом доби за допомогою набору програм. Програмні можливості системи дозволяють запускати полив за різними типами впливів, такими як час, кількість сонячної радіації, температура, вологість повітря або субстрату та інші.



Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд розчинного вузла для крапельного поливу

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 104 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Система дозування рідких мінеральних добрив, керована комп'ютером, гарантує, що концентрат поживних речовин буде точно дозований для приготування підживлюючих розчинів. За допомогою постійного подвійного вимірювання електропровідності (ЄС) і *pH* розчину, а також регулювання подачі маткових розчинів і поливальної води, параметри живильного розчину підтримуються на заданому рівні. Крім того, існує можливість регулювати вартість маткових розчинів. Дозаційна система повністю автоматизована, що дозволяє автоматично змінювати рецептуру живильного розчину для кожного поливу протягом доби. Розчинний вузол дозволяє автоматично попередньо змішувати дренаж з чистою водою в певній пропорції для систем крапельного поливу, що повторно використовують дренаж (контроль ЄС). Щодня комп'ютер обчислює не тільки загальну кількість робочого розчину, а й час поливу та розчину через кожен клапан.

Крім того, проводиться щоденне усереднення параметрів (ЄС, *pH* і температури) живильного розчину, що пройшов через кожен клапан поливу.

Принцип роботи даного вузла - забезпечувати приготування живильного розчину заданої концентрації (ЄС) і з оптимальним значенням *pH* шляхом змішування з водою двох або більше маткових розчинів і кислоти. У регульованих ежекційних змішувачах вода безперервно змішується з матковими розчинами та кислотою. Комп'ютер регулює параметри живильного розчину та забезпечує їх підтримку на певному рівні..

Програма для поливу, яка має простий інтерфейс українською мовою, не вимагає спеціальних знань і дозволяє оптимально організувати живлення рослин. Розчинний вузол є «серцем» системи крапельного поливу, оскільки він контролює всі операції, включаючи підготовку води, нагрів і фільтрацію, а також контроль вологості та температури повітря та субстрату в теплиці.

Розчинні вузли для поливу салатних комплексів методом гідропоніки. Вузол для гідропонних салатних комплексів забезпечує автоматичне приготування живильного розчину, програмовану за часом подачу розчину до стелажів

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 115 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

рослин і збір і повторне використання дренажного розчину в гідропонних установках. Зовнішній вигляд розчинного вузла гідропонних салатних комплексів показано на рис. 1.2 [7].

Такий розчинний вузол, як правило, забезпечує полив щодня. З цієї причини, оскільки до цього вузла пред'являються підвищені вимоги до надійності, комп'ютер, який керує цим вузлом, є контролером, який має модульну архітектуру. Незважаючи на те, що вузол використовує повністю зібраний повторний розчин, постійні подвійні вимірювання електропровідності продовжують підтримувати рівні живлення в вузлі на певному рівні. (ЕС) і pH розчину.

У пристрої є автономна пам'ять, яка містить середні показники живильного розчину та дані про архіви поливів. Зручний оператор може керувати і змінювати процес гідропонного поливу.

У цьому вузлі використовуються антикорозійні компоненти, що гарантує безперебійну роботу вузла протягом тривалого часу.



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд розчинного вузла для гідропонних салатних комплексів

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 126 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

БКВ 04.023.001 ДП

Гідропонні стелажні установки з зеленими культурами забезпечують постійну циркуляцію розчину через розчинний вузол. Пристрій додає воду в циркуляцію, коли це необхідно, і щомиті контролює ЄС і *pH*. Контролер розчинного вузла має графічний LCD-дисплей, на якому можна програмувати полив за допомогою зручних кнопок навігації..

Розчинні вузли для поливу розсадних комплексів методом "прилив-відлив".

Розчинний вузол для розсадних комплексів гарантує високоякісне приготування живильного розчину, планування та проведення поливу гідропонних установок підтопленням «прилив-відлив». Гідропонні стелажні установки проходять через розчин, який збирається та може бути використаний під час процесу приготування розчину для наступних поливів. Рис. 1.3 демонструє конструкцію розчинного вузла - тут показаний зовнішній вигляд розчинного вузла для розсадних комплексів [7].



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд розчинного вузла для розсадних комплексів

Розчинний фільтр дозволяє організувати окрему подачу живильного розчину для різних частин гідропонного комплексу, одночасно контролюючи час поливу та витрати розчину.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 137 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Розчинний вузол підходить для гідропонних установок з автоматичним зливом і автономних клапанів зливу. Система дозування рідких мінеральних добрив, керована комп'ютером, забезпечує приготування підживлюючих розчинів з точним рівнем поживних речовин. Постійні подвійні вимірювання електропровідності (ЄС) і *pH* розчину, а також регулювання подачі маткових розчинів і поливальної води забезпечують підтримку параметрів живильного розчину на певному рівні. Крім того, існує можливість регулювати вартість маткових розчинів.

Процес дозування повністю автоматизований, і протягом доби він автоматично змінює рецептуру живильного розчину залежно від кожного поливу. Щодня комп'ютер обчислює не тільки загальну кількість робочого розчину, а й час поливу та розчину через кожен клапан. Крім того, кожен день проводиться усереднення параметрів живильного розчину, що пройшов через кожен клапан поливу, включаючи ЄС, *pH* і температуру.

Ці дані зберігаються до 10 років і завжди доступні для перегляду.

Вузел працює шляхом змішування з водою двох або більше маткових розчинів і кислоти, щоб створити живильний розчин за певними параметрами (ЄС і *pH*). Ежекційні змішувачі регулюються, щоб змішати воду з матковими розчинами та кислотою. Для розсадних комплексів розчинний вузол має можливість повного рециркуляції маточного розчину. Для цього на вході в вузол встановлений додатковий датчик концентрації. Щотижня контролер управління оновлює концентрацію живильного розчину та рівень *pH* і підтримує їх на визначеному рівні. Це дозволяє оптимально розподілити живлення рослин.

Розчинні вузли для фермерів. У лінійці професійного обладнання для промислових теплиць уже кілька років існує розчинний вузол для фермерів. Зовнішній вигляд розчинного вузла розсадних комплексів показано на рис. 1.4. [8].

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 148 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд розчинного вузла для фермерів.

Під фермерами маються на увазі фахівці, що мають в своєму розпорядженні теплиці площею від 1000 до 5000 м². Розчинний вузол FD-405M розроблений для автоматичного планування, проведення та приготування живильного розчину для теплиць. Такий пристрій дозволяє збільшити кількість і якість продукції, заощадити на добривах і забезпечити точний полив кожної рослини. Зважаючи на те, що фермери з невеликими фермами становлять основу тепличної галузі в Європі та Азії, ця модифікація розчинних вузлів отримала широку популярність за кордоном. Полив протягом доби можна оптимізувати за допомогою набору програм. П Програмні можливості системи дозволяють запускати полив за різними типами впливів, наприклад класичним (за часом, кількістю сонячної радіації, температурою, вологістю повітря або субстрату тощо). Система дозування рідких мінеральних добрив, керована комп'ютером, забезпечує приготування підживлюючих розчинів з точним рівнем поживних речовин. Постійні подвійні вимірювання електропровідності забезпечують підтримку параметрів живильного розчину на певному рівні (ЕС) і рН розчину та регулювання подачі маткових розчинів і поливальної води.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 159 |

Важливою перевагою пристрою є можливість підключення датчиків температури та вологості. Це дозволяє керувати температурно-вологісним режимом теплиці крім основної функції. Цей пристрій дуже популярний серед фермерів України та інших країн завдяки своїй широкій функціональності, високій надійності та привабливій ціні. Крім того, можна освоїти його можливості протягом кількох годин завдяки зручному інтерфейсу та простому управлінню.

Змішування двох або більше маткових розчинів і кислоти з водою забезпечує приготування живильного розчину з необхідною концентрацією поживних речовин (ЄС) і відповідним значенням кислотності (рН). Спеціалізовані насоси забезпечують змішування води з добривами та кислотою. Мікрокомп'ютер підтримує рівні параметрів живильного розчину на визначеному рівні.

1.4 Аналіз систем вимірювання параметрів дренажу

Для того, щоб досягти максимального врожаю, необхідно строге дотримання та надійний контроль за технологією вирощування. Дренаж, створений на стадії поливу, є одним із найважливіших параметрів, що вимагають контролю. Зовнішня структура системи вимірювання дренажу показана на рис. 1.5. [9]



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд системи вимірювання дренажу

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Можливості системи включають вимірювання обсягу дренажу, реєстрацію часу початку і закінчення дренажу, вимірювання ЕС і рН, а також відсоток дренажу від загального обсягу поливу. Розрахунок норм поливу, запобігання засолення субстрату та коригування часу початку першого поливу можна здійснити за допомогою цих даних. Зібрані дані архівуються та зберігаються в пам'яті протягом десяти років, що дозволяє повернутися до аналізу даних після закінчення цього періоду.

Особливістю цієї системи є те, що вона контролює дренажний розчин з усієї грядки, а не лише з одного мата, як часто пропонується. Цей метод контролю дозволяє отримати загальний вигляд теплиці. Надійність цієї системи надзвичайно висока порівняно з іншими. Розроблений вимірювач дренажу практично не потребує обслуговування, що забезпечує високу точність відображуваних результатів. Це відрізняється від більшості аналогічних імпортованих систем, які вимагають тривалої настройки та ретельного нівелювання за рівнем.

Існуюча система може бути інтегрована в системи крапельного поливу, які надає наша компанія, або вона може бути завершеним пристроєм, який може самостійно виконувати свої завдання. Персональний комп'ютер відповідає за керування системою. Особлива програма дозволяє користувачеві швидко та зручно спілкуватися з системою [10].

Вузол вимірювання дренажу регулює концентрацію дренажу, обсяг і рівень кислотності *pH*. Для вимірювання обсягу використовується безнапірний витратомір з точністю вимірювання 40 мл. Стандартні датчики контролюють параметри ЕС і *pH*. Перед запуском системи користувач вводить інформацію про кількість контрольованих рослин. За допомогою цих даних і вимірних даних про загальну кількість дренажу можна автоматично обчислити обсяг дренажу, зібраного з однієї рослини.

Пристрою потрібні дані про норми поливу для обчислення одного з найважливіших показників — відсотку дренажу до поливу. Крім того, у тих випадках, коли використовується розчинний вузол для поливу, система дренажного вимірювання автоматично підключається до нього і зчитує потрібну інформацію.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Поліетиленові грядкові рукави з'єднані з магістральним трубопроводом. На цих рукавах змонтовані материнські крапельниці. Сучасне крапельне зрошення передбачає встановлення крапельниць для кожної рослини. Крапельниця забезпечує постійну, строго дозовану подачу живильного розчину, не залежну від тиску в магістралі, і припиняє подачу відразу після поливу, залишаючи магістраль заповненою.

Незважаючи на свою просту зовнішність, крапельниця насправді є складною частиною, складною з лабіринтів, мембран і інших компонентів. Поліетиленові мікротрубки встановлені на материнських крапельницях і з'єднані з кілочком, щоб прикріпити їх до кореня рослини. Частина крапельної мережі, підключена через електромагнітний клапан, може бути поливана відповідно до конкретної програми з необхідною концентрацією EC і pH . Як правило, на один гектар встановлюється чотири клапани поливу, а на два гектари встановлюється вісім клапанів. Крім того, розчинні вузли крапельного поливу випускаються, що дозволяє одночасно поливати півгектара або три га за один світловий день [11].

Рециркуляційні системи дренажу. Обладнання для рециркуляції дренажних вод зараз є важливою частиною системи поливу. Це пов'язано з екологічними потребами, але також дозволяє економити воду та добрива. Крім того, дані рециркуляції можна побачити на персональному комп'ютері [11].

Дезінфекція та повторне використання дренажу під час польових робіт. Сучасні екологічні вимоги до технологій вирощування овочів, квітів та інших культур у теплицях вимагають використання оборотної системи поливу рослин, яка не скидає дренаж у навколишнє середовище. У зв'язку з тим, що зараження патогенами рослин може призвести до значних втрат врожаю, використання дренажного розчину, отриманого в результаті поливу рослин, «безпосередньо» неприпустимо. У той же час нехтування екологічними правилами та вимогами тягне за собою значні штрафи, які зростають щороку, а в деяких випадках можуть призвести до призупинення діяльності підприємств.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

Вихід із цієї ситуації – це використання методів дезінфекції дренажних розчинів і повторне їх використання..

Запропонована технологія дозволить господарству заощадити до 30% води та добрив, а також відрегулювати всі взаємодії з екологічними службами. Процес повторного використання дренажу зараз можна умовно поділити на кілька етапів. [6, 7]:

- збір дренажу з теплиці в приямки;
- перекачування в ємність зберігання необробленого дренажу;
- дезінфекція дренажу і перекачування в ємність з обробленим дренажем;
- підмішування дренажу до води, призначеної для поливу.

1.5 Системи клімат-контролю для теплиць

Автоматичне регулювання температурно-вологісного режиму в теплиці - один з важливих факторів підвищення врожайності та зниження собівартості продукції.

Автоматизація теплиць - це комплекс технічних і організаційних заходів, спрямованих, насамперед на зниження трудомісткості процесу вирощування продукції, зниження витрат енергоресурсів і одночасного підвищення якісних і кількісних характеристик врожаю.

Перші системи управління теплицями включали в себе механічне управління регуляторами температури і зрошення, а також перемикачі для різних насосів і вентиляторів. Протягом багатьох років такі системи управління удосконалювалися і згодом ставали більш технологічними. Пізніші версії системи склалися з декількох незалежних термостатів, регуляторів вологості і таймерів. Навіть така невелика автоматизація дозволила вивести вирощування овочів в тепличних умовах на новий рівень, підвищила якість овочів і трохи полегшила роботу над контролем за якістю продукту.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

Сучасні системи автоматизації для теплиці є складними системами з безліччю обладнання, що відслідковує температуру повітря і ґрунту, освітленість і вологість, а також виконують управління різними технологічним обладнанням і процесами, необхідними для повноцінного і ефективного виробництва.

Основні автоматизовані операції:

- Приготування поживних розчинів;
- Полив рослин;
- Регулювання температури повітря і ґрунту;
- Провітрювання (механізовані фрамуги);
- Контроль вологості;
- Контроль освітленості, досвітлення або затінення;
- Підтримку мікроклімату відповідно до заданої програми в режимі реального часу;
- Збір даних про роботу технологічного обладнання.

Для того, щоб автоматизувати ці операції, потрібна розгорнута система збору та обробки даних про стан автоматизованих об'єктів. Для досягнення цього мети система автоматизації комплектується набором вимірювальних датчиків.

Для ефективного контролю та управління діями персоналу під час виробничого процесу можна організувати верхній рівень системи автоматизації за допомогою автоматизованих робочих місць, які виконують функції моніторингу та управління, такі як:

- Завдання рецептів і параметрів живильних розчинів;
- Завдання часу початку поливу і його тривалості;
- Завдання необхідної температури і вологості повітря;
- Доступ до інформації з камер відеоспостереження.

При необхідності можлива організація віддаленого доступу до функцій моніторингу та управління системою, до документів, періодичної звітності. З будь-якої точки світу, використовуючи глобальну мережу, ви будете мати можливість проконтролювати стан справ на об'єктах автоматизації.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Виникнення будь-яких позаштатних ситуацій, які будуть зафіксовані системою автоматизації, може супроводжуватися e-mail і / або sms повідомленням на надані номери.

Існує декілька причин, по яким ми розуміємо, що теплиця без системи клімат-контролю не зможе нормально функціонувати протягом всього року. По-перше, при високому сонці в теплицю проникає лише 20...25 % сонячних променів. Це дуже мало для зимового півріччя, коли день короткий, а сонце знаходиться в нижчій точці горизонту, ніж літом - додаткової енергії для тепла і освітлення в таку пору варто не жаліти - з цього слідує, що для повного розвитку рослин сонячне освітлення необхідне. Другою проблемою являється недостаток тепла, яке добувається в теплицю різними методами, за рахунок значних витрат. Третя проблема – цілодобова стабільність мікроклімату, поливів і надавання рослинам вітамінів.

Говорячи про полив: в теплиці він можливий прямий і непрямий. Прямий - це дощування, в борозну, підґрунтя і краплинний. Непрямий - отриманий конденсат вологи при проходженні повітря по трубах системи акумуляції тепла в ґрунті.

Регулювання вологості, особливо її зменшення – це сама важка для вирішення проблема теплиці. Коли система акумуляції тепла в ґрунті уже організована, відбувається зменшення підвищеної вологості повітря в теплиці за рахунок інтенсивної конденсації вологи у вигляді роси на стінках труб. При недостатній вологості повітря краще всього обрати полив дощуванням. Відносно вологість найнеобхідніше понижати в нічний час, тому що потрапляння роси може негативно сказатись на рослинах (захворюваність, прискорене дозрівання плодів). В зимових теплицях найкраще всього з цим справляється налаштована спільна робота системи опалювання і кондиціонування підґрунтя.

На величину врожаю впливає багато чинників: якщо хоч один із них буде виділятися або не доставатись – величина урожаю визначиться саме ним. Тому необхідно використовувати в ній хоч би найпростіші системи управління температурою, поливом, вологістю.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Говорячи про системи автоматичного поливу і підгодівлі, ми виграємо час за рахунок зменшення трудомісткості робіт - з 120 до 15 годин (з розрахунком на 1 м²).

Якщо брати статистику, то виясниться, що без впровадженої системи авторегулювання мікроклімату температура в теплиці відповідає потрібній тільки 25% часу: весь остальний час вона або вища (40%), або нижча за нормальну (35%).

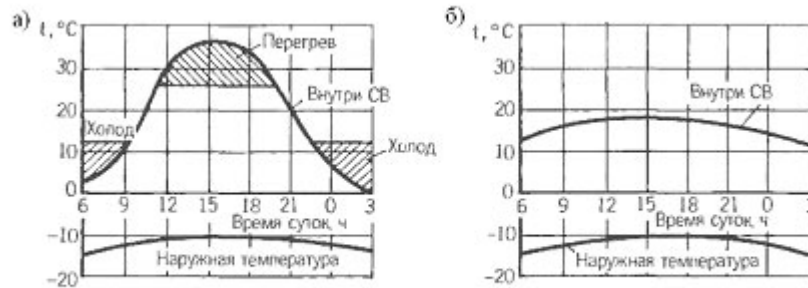


Рисунок 1.6 - Графіки добової зміни температури повітря в теплиці в зимовий час без ґрунтового акумулятора (а) і з акумулятором тепла (б)

На рисунку 1.6 був приведений температурний графік зимою зовні геліотеплиці і всередині неї, тобто без акумуляції і з акумуляцією зайвого тепла в ґрунті.

При тепличній температурі 11...19 $^\circ\text{C}$ розвиток більшості овочевих видів забезпечується і без допомоги додаткового обігріву, навіть при температурі зовнішнього повітря нижчій за температуру в теплиці. Але для цього необхідна примусова вентиляція повітря по трубах підґрунтя.

Кожна рослина потребує для себе індивідуально різні умови для успішного догляду. Деякі з них вимагають постійно підвищеного рівня вологості, інші навпаки – віддають перевагу сухим ґрунтам або люблять періодичну зміну вологості. Деяким рослинам підходить яскрава освітленість, тоді як іншим – вона піде не в користь, тому що їм комфортніше в затінках. Рівень кислотності ґрунту рН має критичне значення для успішного зростання рослин і їх життя взагалі та регулює міру насичення рослин необхідними елементами з ґрунту.

Саме для досліджень цих параметрів ми і виберемо універсальний прилад RATESH ZM-88 для домашніх і промислових теплиць. Він дозволяє швидко і наочно контролювати основні базові параметри для успішного догляду за рослинами, вимірює на досить глибокому рівні (до 30 см.) і саме головне - об'єднує в собі три незалежні пристрої:

- фотометр – дає можливість виміряти рівень освітленості ґрунту і місця посадки рослинних культур. Особливо важливий для спеціальних видів рослин, які чутливі до рівня освітленості;
- рН Метр - вимірник рівня кислотності ґрунту;
- вологомір - вимірник рівня вологи в ґрунті.

Діапазон вимірів :

- фотометр: 0...2000 (x10 люкс LX);
- рН Метр: 3,5...8 рН;
- вологомір: 1...10 рівнів вологості.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.001 ДП | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Теплофізичний розрахунок теплиці

Призначення теплофізичного аналізу. Теплофізичний розрахунок встановлює аналітичні зв'язки між необхідними параметрами мікроклімату теплиці та параметрами, необхідним для забезпечення потоків тепла та взаємодії речовин у спорудженні. Це завдання провести кількісний аналіз закономірностей управління енергетичним режимом теплиці. Вважається, що будівля є єдиною енергетичною системою, яка включає опалення, вентиляцію та теплотехніку огорожувальних конструкцій [22].

Теплофізичний розрахунок складається з 4-х етапів.

1 етап. Складання розрахункової схеми тепло- і масообміну в приміщенні.

2 етап. Складання системи рівнянь енергетичного балансу приміщення, що відповідають прийнятій розрахунковій схемі і представляють собою фізико-математичну модель формування енергетичного режиму в теплиці.

3 етап. Приведення системи балансових рівнянь до розрахункового виду підстановкою чисельних виразів.

4 етап. Чисельний розв'язок системи балансових рівнянь.

При складанні розрахункової схеми енергетичного режиму теплиці прийняті наступні допущення:

- масообмінні процеси відбуваються тільки в робочій зоні;
- вплив продуктів життєдіяльності рослин на вологісний режим в приміщенні також не враховують, так як вночі транспірація рослин дорівнює нулю;
- нічний режим приміщення;
- екран (рослини), як найгірший випадок з точки зору енергетичної забезпеченості приміщення не враховують, так як при наявності екрану знизиться променистий тепловий потік від ґрунту до огорожі;
- усереднені величини температур поверхонь огорожень, ґрунту, шарів повітря, потоків тепла і маси;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

- умови протікання процесів тепло- і масообміну в приміщенні і зовні стаціонарні;
- термічним опором огорожі нехтують.

2.2 Схема розрахунку теплообміну та фізико-математична модель формування енергетичного режиму теплиці

Рис. 2.1 показує розрахункову схему енергетичного балансу плівкової теплиці в нічний час. Ця схема враховує інфільтрацію тепла, випаровування з ґрунту та конденсацію вологи на внутрішній поверхні теплиці.

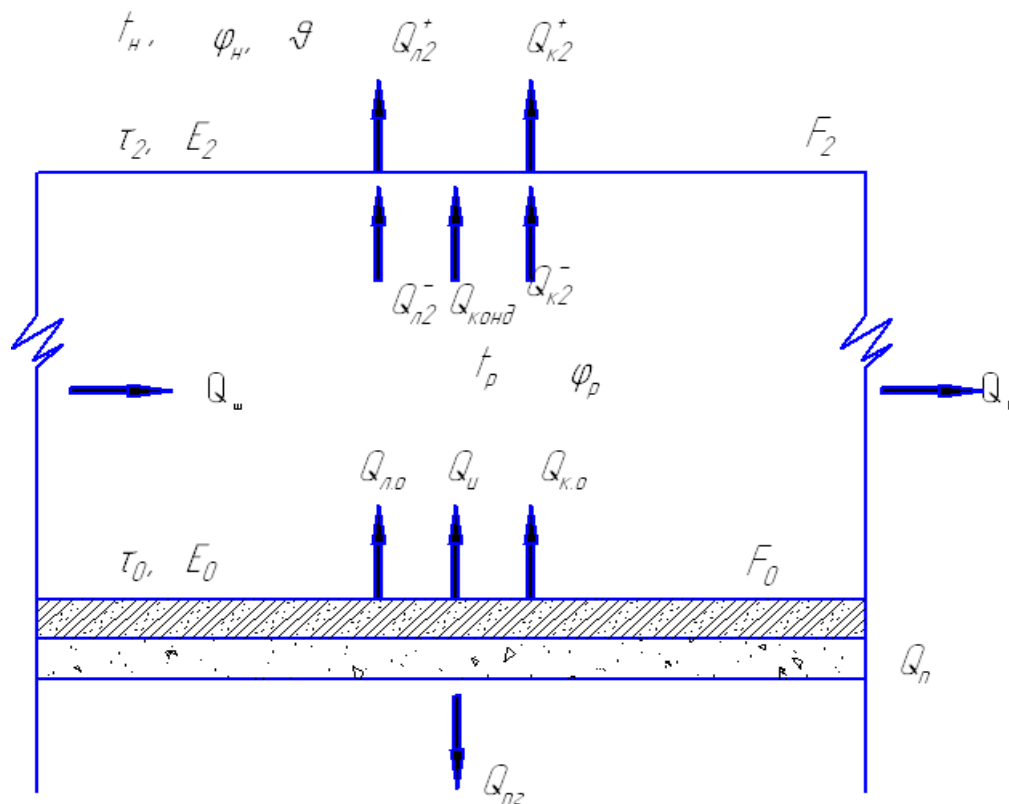


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема енергетичного балансу теплиці з технічним обігрівом для нічного часу, з одинарним огородженням

Складаємо систему рівнянь теплового балансу на основі розрахункової схеми енергетичного режиму теплиці. Ми враховуємо потоки двох різних типів [22].

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Змінні потоки тепла та маси, які регулюються опалювально-вентиляційними пристроями, відносяться до першої категорії. Вони включаються в систему балансних рівнянь як невідомі величини, які необхідно визначити.

Потоки, які характеризують тепло- і масообмін на поверхнях ґрунту, огорожі та в об'ємах теплиці, пов'язані з фазовими перетвореннями, конвективним і променистим теплообміном і теплопровідністю ґрунту, входять до другої категорії ґрунтових потоків. Параметри, які визначають енергетичний стан системи, включають фізичні та геометричні константи, а також параметри зовнішнього та внутрішнього повітря. Вони можуть бути чисельно представлені. Термін «теплиця» стосується простору, заповненого однорідним, добре перемішуваним газом, який обмежений тонкою напівпрозорою дірчастою оболонкою та поверхнею напівобмеженого масиву [23].

Рівняння теплового балансу для теплиці в цілому:

$$Q_{ш} + Q_{п} = Q_{п.г} + Q_{к2}^{+} + Q_{л}^{+} + Q_{в}, \quad (2.1)$$

де $Q_{ш}$ і $Q_{п}$ — встановлена теплова потужність (тепловий потік) відповідно систем шатрового і ґрунтового обігріву, Вт;

$Q_{п.г}$ і $Q_{в}$ — теплові потоки втрат відповідно в ґрунтовий масив і на інфільтрацію, Вт;

$Q_{к}^{+}$ — тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією зовнішньої поверхні огорожі з навколишнім повітрям, Вт;

$Q_{л}^{+}$ — променистий тепловий потік від зовнішньої поверхні огорожі, Вт.

Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту в теплиці:

$$Q_{п} = Q_{п.г} + Q_{кo} + Q_{л.o} + Q_{I}, \quad (2.2)$$

де $Q_{кo}$ — конвективний тепловий потік від ґрунту до повітря в робочій зоні теплиці, Вт;

$Q_{л.o}$ — променистий тепловий потік від поверхні ґрунту в теплиці, Вт;

Q_{I} — тепловий потік, що характеризує витрату теплоти на випаровування вологи з ґрунту, Вт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.002 ДП | Арк. |
| | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Рівняння теплового балансу на поверхні огорожі теплиці:

$$Q_{к2}^- + Q_{л2}^- + Q_{конд} = Q_{к2}^+ + Q^+ , \quad (2.3)$$

де $Q_{к2}^-$ — тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією внутрішньої поверхні огорожі з повітрям в робочій зоні, Вт;

$Q_{л2}^-$ — променистий тепловий потік від внутрішньої поверхні огорожі, Вт;

$Q_{конд}$ — тепловий потік, що характеризує виділення теплоти при конденсації пари на внутрішній поверхні огорожі, Вт.

2.3 Визначення теплових потоків втрат

Значення теплових потоків втрат визначають через їх параметри для теплиці.

З плівковим огорожею:

$$Q_{п.г} = \frac{t_{об} - t_n}{R_0^{cp}} \cdot F , \quad (2.4)$$

де $t_{об}$ і t_n — температура відповідно узагальнена і зовнішнього повітря, °С;

F — площа поверхні ґрунту в теплиці, м²;

R_0^{cp} — середньозважена за площею величина опору теплопередачі ґрунту (приймається за даними [24]);

$$t_{об} = \frac{133,9 - C_{np} [55 - (\frac{\tau_2 + 273}{100})^4]}{C_{np} + 8,6} \approx \frac{133,9 - C_{np} [55 - (0,814 \cdot \tau_2 + 55,55)]}{C_{np} + 8,6} , \quad (2.5)$$

де C_{np} — наведений коефіцієнт випромінювання;

τ_2 — температура поверхні огороження теплиці, °С;

$$C_{np} = \frac{5,67}{\frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{F_0}{F_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} , \quad (2.6)$$

де ε_0 і ε_2 — степе́нь чорноти відповідно ґрунту і огорожі;

F_2 — поверхня огорожі, м²;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

$$R_0^{cp} = \frac{2F_{1,0} \cdot 2.14 + 2F_{2,0} \cdot 4.3 + 2F_{3,0} \cdot 8.6 + F_{4,0} \cdot 14.2}{F_0}, \quad (2.7)$$

де F_0 — поверхня ґрунту в теплиці, що примикає до зовнішньої огорожі і має ширину 2 м, м²;

$F_{2,0}$ і $F_{3,0}$ — те ж саме, але на відстані від поздовжньої зовнішньої огорожі відповідно на 2 і 4 м, м²;

$F_{4,0}$ — інша поверхня ґрунту, що на відстані на 6 м від поздовжніх зовнішніх огорож, м².

$$Q_{ко} = A_3 \cdot m \sqrt{|\tau_0 - t_p|} \cdot (\tau_0 - t_p) F_0, \quad (2.8)$$

де A_3 — коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну (є функцією температур поверхні теплообміну і навколишнього повітря [25]);

m — коефіцієнт для розрахунку конвективного теплообміну, що дорівнює 1,3 при $\tau_0 > t_p$ та 0,7 при $\tau_0 < t_p$ [25];

τ_0 і t_p — температура відповідно поверхні ґрунту і повітря в робочій зоні, °С.

$$Q_{л.о. пр} = C \left[\left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_2 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_0 \approx 0.814 \cdot C \cdot F_0 \cdot (\tau_0^2 - t_2^2), \quad (2.9)$$

де t_2 — температура поверхні огорожі теплиці, °С.

$$Q_u = r_c \cdot \eta^\beta \cdot \left(c_0^H - \varphi_p \cdot c_p^H \right) \cdot \frac{760}{P_6} \cdot F_0, \quad (2.10)$$

де $r_c = 693 - 0,66$;

t_p^0 — питома теплота випаровування, Вт·год/кг (t_p^0 - температура рідини, °С);

$\eta = 0,8$ — коефіцієнт неповноти водності [26];

β — коефіцієнт масообміну, м/год;

c_0^H — концентрація пари при 100%-ному насиченні і температурі поверхні ґрунту, кг/м³;

φ_p — відносна вологість повітря в робочій зоні, %;

c_p^H — концентрація водяної пари насиченого повітря в робочій зоні при температурі t_p , кг/м³;

P_6 — барометричний тиск, мм рт. ст.;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 32 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

$$\beta = 0,66 \cdot \frac{D}{L_1} \cdot \left(\frac{q_1^3}{v^2} \cdot \frac{y_{i_0} - y_{i_p}}{y_{i_p}} \cdot \frac{v}{D} \right)^{0,26}, \quad (2.11)$$

де D - коефіцієнт дифузії, м²/год;

$L_1 = vF_0$ - визначає розмір, м;

Q - прискорення сили тяжіння, м²/с;

V - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с (приймають при $t_{опр}$ [11];

$\gamma_{тр}$ і $\gamma_{то}$ – щільність повітря при температурі відповідно в робочій зоні і поверхні ґрунту кг/м³.

$$D = 0,00754 \left(\frac{t_{виз} + 273}{273} \right)^{1,89} \cdot \frac{760}{P_{\sigma}}, \quad (2.12)$$

де $t_{виз}$ - визначальна температура °С;

$$t_{виз} = \frac{t_0 + t_p}{2}; \quad (2.13)$$

$$\gamma_{тр} = 1,293 \frac{273}{t_p + 273} \left(\frac{P_{\sigma}}{760} - 0,378 \frac{e_{t_p}^H}{760} \right), \quad (2.14)$$

де $e_{t_p}^H$ — пружність (парціальний тиск) водяної пари при температурі t_p , мм рт.ст;

$$\gamma_{то} = 1,293 \frac{273}{t_0 + 273} \left(\frac{P_{\sigma}}{760} - 0,378 \frac{e_{t_0}^H}{760} \right), \quad (2.15)$$

де $e_{t_0}^H$ - пружність насиченої водяної пари при температурі t_0 , мм рт.ст;

$$Q_{к2} = (F_{в2} + 0,7F_{н2}) A_3 \sqrt{|t_p - t_2|} (t_p - t_2), \quad (2.16)$$

де $F_{в2}$ і $F_{н2}$ – площа відповідно вертикальних і похилих огорож теплиці, м²;

A_3 – коефіцієнт, що залежить від температури $\frac{t_p + t_2}{2}$ [25];

t_2 – температура зовнішньої огорожі, °С.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

$$Q_{\text{л2}}^- = C_{\text{пр}} k_{\text{п}} \left[\left(\frac{t_{\text{п0}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{п2}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F \approx C_{\text{пр}} k_{\text{п}} F 0.814 \cdot (t_{\text{п0}} - t_{\text{п2}}) \approx k_{\text{п}} Q_{\text{н.л.}} \quad (2.17)$$

де $k_{\text{п}}$ — коефіцієнт поглинання довгохвильового випромінювання, що дорівнює 0,88 для теплиць і 0,93 - парників і малогабаритних укриттів [22].

$$Q_{\text{конд}} = r_{\text{с}} 2.2 \cdot 10^{-6} (0.5 t_{\text{п}} + 0.5 t_{\text{п2}} + 273)^{0.42} \sqrt[3]{\frac{t_{\text{п}} - t_{\text{п2}}}{v^2}} \Delta \varepsilon^{1.4} F_2 \quad (2.18)$$

де $\Delta \varepsilon$ — різниця об'ємного вмісту пари в повітрі, %;

v — приймають при $\frac{t_{\text{п}} + t_{\text{п2}}}{2}$ [27];

F_2 — поверхня зовнішньої огорожі теплиці, м²;

$$\Delta \varepsilon = 100 \left(\frac{\phi \cdot p^{e_{\text{т2}}} - e_{\text{т2}}^{\text{н}}}{P_0} \right) \quad (2.19)$$

де $e_{\text{т2}}^{\text{н}}$ — пружність насиченої водяної пари при $t_{\text{п2}}$, мм рт. ст.

$$Q_{\text{к}}^+ = a_{\text{к2}} (t_{\text{п2}} - t_{\text{н}}) F_2 \quad (2.20)$$

де $a_{\text{к2}}$ — розрахований коефіцієнт тепловіддачі конвекцією зовнішньої огорожі теплиці, Вт/(м²·°C);

$$a'_{\text{к2}} = 3,7 \frac{(\vartheta \gamma_{\text{н}})^{0,8}}{L^{0,2}} \approx 3,7 \frac{\sqrt[3]{(\gamma_{\text{н}} \vartheta)^2}}{\sqrt[3]{L}} \quad (2.21)$$

де $a'_{\text{к}}$ — коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для похилої ділянки огорожі, Вт/(м²·°C);

ϑ — швидкість вітру, м/с;

L — найменший розмір приміщення в плані, м;

$$a'_{\text{к}} = 10 \sqrt{\vartheta} \quad (2.22)$$

де $a'_{\text{к}}$ — коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для вертикального ділянки огорожі, Вт/(м²·°C);

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------|
| | | | | | Арк. |
| | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

$$a_{\kappa 2} = \frac{a' F_{H2} + a'' F_{\epsilon 2}}{F_2}; \quad (2.23)$$

$$Q_n^+ = Q_{ef} + Q_{om}, \quad (2.24)$$

де Q_{ef} — ефективне випромінювання зовнішньої поверхні огорожі в навколишній простір, Вт;

Q_{om} — променистий теплообмін зовнішньої поверхні огорожі з оточуючими ґрунтом і будівлями, Вт;

$$Q_{ef} = 5,67 \varepsilon_2 \left[\left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 (0,27 - 0,007 \varphi_n e^h) \cdot (1 - c' n^2) \psi_1(\alpha) + \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 \right] \times \\ \times \psi_2(\Theta) F_2 \approx 5,67 \varepsilon_2 \cdot \psi_2(\Theta) F_2 [(0,814 t_n + 55,55) \cdot (0,27 - 0,007 \varphi_n e^h) \cdot (1 - c' n^2) \psi_1 \times \\ \times (\alpha) + 0,814(\tau_2 - t_n)], \quad (2.25)$$

де $\psi_1(\alpha)$ — функція, що враховує орієнтацію огорожі;

ε_2 — ступінь чорноти огорожі теплиці;

φ_n — відносна вологість зовнішнього повітря;

e_t^h — пружність насиченої водяної пари при температурі t_n мм рт. ст.;

c' — коефіцієнт, що залежить від широти місцевості (0,74 для 55 °С, $c' = 0,7$ для 45° з.ш.);

n_0 — хмарність в частках одиниці;

$\psi_2(\Theta) = 1$ — функція, що враховує взаємне розташування теплиці і навколишніх будівель, для окремо розташованого приміщення [22];

$$\psi_1(\alpha) = \frac{\delta_l F_{\epsilon 2} + \cos \alpha F_{H2}}{F_2}, \quad (2.26)$$

де $\delta_l = 0,5$ для хмарного неба і 0,35 - безхмарного [22];

α - кут нахилу покрівлі теплиці ($\alpha \leq 30^0$);

$$Q_{окр} = 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \left[\left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 \right] \varphi_{оп} F_2 \approx 5,67 \varepsilon_2 \varepsilon_0 \varphi_{оп} F_2 \cdot 0,814(\tau_2 - t_n), \quad (2.27)$$

де ε_0 - ступінь чорноти поверхні ґрунту;

$\varphi_{оп}$ - коефіцієнт опромінення системи «огорожа - ґрунт і будівля»;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

$$\varphi_{оп} = 0,5 \frac{F_{62}}{F_2}; \quad (2.28)$$

$$Q_B = (\gamma_{тн} - \gamma_{тп})(Q_{пг} + Q_{\varepsilon 2}^+ + Q_{\varepsilon 2}^-), \quad (2.29)$$

де $\gamma_{тн}$ - щільність зовнішнього повітря, кг/м³.

2.4 Розрахунок теплових втрат і теплової потужності обладнання

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі через стіни теплиці [22]:

$$k_0^{cm} = \left[\frac{Q_n + Q_{ш}}{(1 + \gamma_{тн})(t_p - t_n)} - \frac{F_0}{R_0^{cp}} \right] \frac{1}{F_2} - \gamma_{тп} \quad (2.30)$$

Коефіцієнт теплопередачі через одинарну плівку, покриту конденсатом [22, 23]:

$$k_0^{nl} = 1,1 k_0^{cm}. \quad (2.31)$$

Необхідна кількість теплоти на обігрів плівкової теплиці:

$$Q_n + Q_{ш} = (k_0^{nl} F_2 + \frac{F_0}{R_0^{nd}})(t_p - t_n) [1 + 0,8 (\gamma_{тн} - \gamma_{тп})]. \quad (2.32)$$

Встановлені теплові потужності ґрунтового нагрівального пристрою Q_n' і шатрового $Q_{ш}'$ визначаються з наступних виразів:

$$Q_n' = \frac{Q_n}{Q_n + Q_{ш}} (Q_n' + Q_{ш}'); \quad (2.33)$$

$$Q_{ш}' = \frac{Q_{ш}}{Q_n + Q_{ш}} (Q_n' + Q_{ш}'). \quad (2.34)$$

Потрібно розрахувати встановлену теплову потужність нагрівальних пристроїв для обігріву ґрунту і шатра в плівковій теплиці, розташованій в західній кліматичній зоні і призначеної для виробництва саджанців і різних видів розсади.

Вихідні задані: $t_n = -15^{\circ}\text{C}$; $t_p = 7^{\circ}\text{C}$; $\tau_0 = 20^{\circ}\text{C}$; $\varphi_n = 80\%$; $\varphi_p = 70\%$; $\vartheta = 5$ м/с;
 $\varepsilon_0 = 0,96$; $\varepsilon_2 = 0,94$; $F_0 = 1440$ м²; $F_2 = 2045$ м²; $F_{62} = 394$ м²; $F_{н2} = 1651$ м²; $L = 30$ м;

$$L_1 = \sqrt{1440}.$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | | |

Визначити Q'_n і $Q'_{ш}$. Послідовність розрахунку приведено в табл. 2.1. З розрахунку випливає, що без обліку тепла, що вноситься сонячною радіацією, теплиця повинна мати тільки ґрунтовий нагрівальний пристрій з питомою встановленою потужністю 236 Вт/м².

Таблиця 2.1 - Послідовність розрахунку

| Номер формули | Позначення | Результати розрахунку | Розмірність | Примітка |
|---------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| 2.6 | $c_{пр}$ | 522 | | $\varepsilon_0=0,96$, $\varepsilon_2=0,94$; $F_0=1440$ м ² ; $F_2=2045$ м ² |
| 2.5 | $t_{об}$ | 7,1 | °C | $\tau_2=-9$ °C |
| 2.7 | $R_{ср0}$ | 10,53 | м ² •°C /Вт | $F_1=F_2=F_3=96$ м ² ; $F_4=864$ м ² |
| 2.4 | $Q_{п.г}$ | 3023,5 | Вт | $t_{об}^H=7,1$ °C; $R_{ср0}^H=10,53$ м ² •°C/Вт |
| 2.8 | $Q_{к0}$ | 78635,7 | Вт | $A_3=1,375$; $m=1,3$ |
| 2.9 | $Q_{л.0}$ | 177441,8 | Вт | $\tau_2=-9$ °C |
| 2.12 | D | $22,97 \cdot 10^{-6}$ | м ² /с | $t_{опр}=13,5$ °C; $P_6=760$ мм.рт.ст. |
| 2.14 | $\gamma_{пр}$ | 1,256 | кг/м ³ | $e_{t_p}^H=7,492$ мм.рт.ст. |
| 2.15 | $\gamma_{то}$ | 1,194 | кг/м ³ | $e_{t_0}^H=17,53$ мм.рт.ст. |
| 2.11 | β | 5,9 | м/ч | $V=14,47 \cdot 10^{-6}$ м ² /с; $L_1=37,95$ м |
| 2.10 | $Q_{н}$ | 54567,7 | Вт | $r_0=679,8$ Вт•год/кг; $\eta=0,8$; $c_0^H=17,2 \cdot 10^{-3}$ кг/м ³ ; $\varphi_p=0,7$; $c_{t_p}^H=7,7 \cdot 10^{-3}$ кг/м ³ |
| 2.16 | $Q_{к2}^-$ | 91274,9 | Вт | $A_3^H=1,455$; $\tau_2=-9$ °C |
| 2.17 | $Q_{л2}^-$ | 156148,3 | Вт | $Q_{л2}=177441,8$ Вт; $k_n=0,88$; |
| 2.19 | $\Delta\varepsilon$ | 0,39 | χ | $e_{\tau_2}^H=2,267$ мм.рт.ст.; |
| 2.18 | $Q_{конд}$ | 39200 | Вт | $r_c=693$ Вт•ч/кг; $V=13,2 \cdot 10^{-6}$ м ² /с |
| 2.21 | $a'_{к2}$ | 2,7 | Вт/(м ² •°C) | $\gamma_n=1,368$ кг/м ³ ; $\mathcal{G}=0,5$ м/с |
| 2.22 | $a''_{к2}$ | 22,4 | Вт/(м ² •°C) | - |
| 2.23 | $a_{к2}$ | 105 | Вт/(м ² •°C) | - |
| 2.20 | $Q_{к2}^+$ | 128835 | Вт | $\tau_2=-9$ °C |
| 2.26 | $\psi_1(\alpha)$ | 0,77 | | $\delta_{л}=0,35$; $\cos\alpha=0,866$ |

Продовження таблиці 2.1

| | | | | |
|------|-----------------------|----------|--|---|
| 2.28 | $\varphi_{оп}$ | 0,1 | | $F_{в2}=394 \text{ м}^2; F_2=2045 \text{ м}^2;$ |
| 2.25 | $Q_{эф}$ | 147948,6 | Вт | $c'=0,77; n_0=0; \tau_2=-9^\circ\text{C}; e''_{t_n}=1,4 \text{ мм.рт.ст.};$ $\varepsilon_2=0,94$ |
| 2.27 | $Q_{окр}$ | 5110,6 | Вт | $\varphi_{оп}=0,1; \varepsilon_0=0,96$ |
| 2.29 | $Q_{в}$ | 30486 | Вт | $\gamma_{тн}=1,368 \text{ кг/м}^3; \gamma_{тп}=1,261 \text{ кг/м}^3; Q_{шт} \text{ з (28);}$ $Q_{\varepsilon_2}^+ \text{ з (24); } Q_{\varepsilon_2}^+ = (25)$ |
| 2.24 | $Q_{\varepsilon_2}^+$ | 153059,2 | Вт | - |
| 2.2 | $Q_{п}$ | 313668,7 | Вт | - |
| 2.1 | $Q_{шт}+Q_{п}$ | 315404 | Вт | - |
| 2.30 | k_0^m | 6,3 | Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) | - |
| 2.32 | $Q'_n/Q'_{ш}$ | 340270 | Вт | $k_0^{i\varepsilon}=6,9 \text{ Вт/(} \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ |
| 2.31 | $k_0^{шт}$ | 6,9 | Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) | - |
| 2.33 | Q'_n | 340270 | Вт | Потрібен тільки ґрунтовий обігрів при питомій встановленій тепловій потужності 236 Вт / м ² |

2.5 Фізико-математична модель енергетичного режиму в теплиці

При вирощуванні саджанців, розсади та іншої рослинності, яка має висоту перед висадкою у відкритий ґрунт не більше 0,25 м, немає необхідності обігрівати всю теплицю висотою 3,2-4 м. Досить обігріти тільки робочу зону заввишки 0,3 м, огородивши її від об'єму теплиці малогабаритними укриттями. Такий обігрів (зонний) дозволяє зменшити витрату теплоти на вирощування розсади і знизить питому теплову потужність нагрівальних пристроїв теплиці. Розрахункова схема енергетичного режиму теплиці з зонним укриттям робочого об'єму, в якому розвивається розсада, показана на рис. 2.2.

У робочій зоні I діють теплові потоки від нагрівача, закладеного в ґрунт, $Q_{п}$ і шатрового нагрівача $Q_{шт}$, змонтованого під зонним укриттям. Теплові потоки втрат представлені витратами тепла на випаровування $Q_{л}$, інфільтрацію $Q_{вр}$, а також променисті і конвективні потоки $Q_{ло} Q_{\varepsilon_i}^-$, $Q_{ко}$ і $Q_{\varepsilon_1}^-$. На внутрішній поверхні зонного укриття, покритої конденсатом, діє потік $Q_{конд}$, що враховує фазове перетворення водяної пари у воду.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

В неробочій зоні II діють тільки потоки втрат з інфільтрацію $Q_{в1}$ а також променистий і конвективний $Q_{л1}^+$, $Q_{л2}^-$, $Q_{к1}^+$ і Q^- . Внутрішня поверхня зовнішньої огорожі може покрита незначними конденсатом і, з огляду на його незначний об'єм, виділеннями тепла при конденсації можна знехтувати.

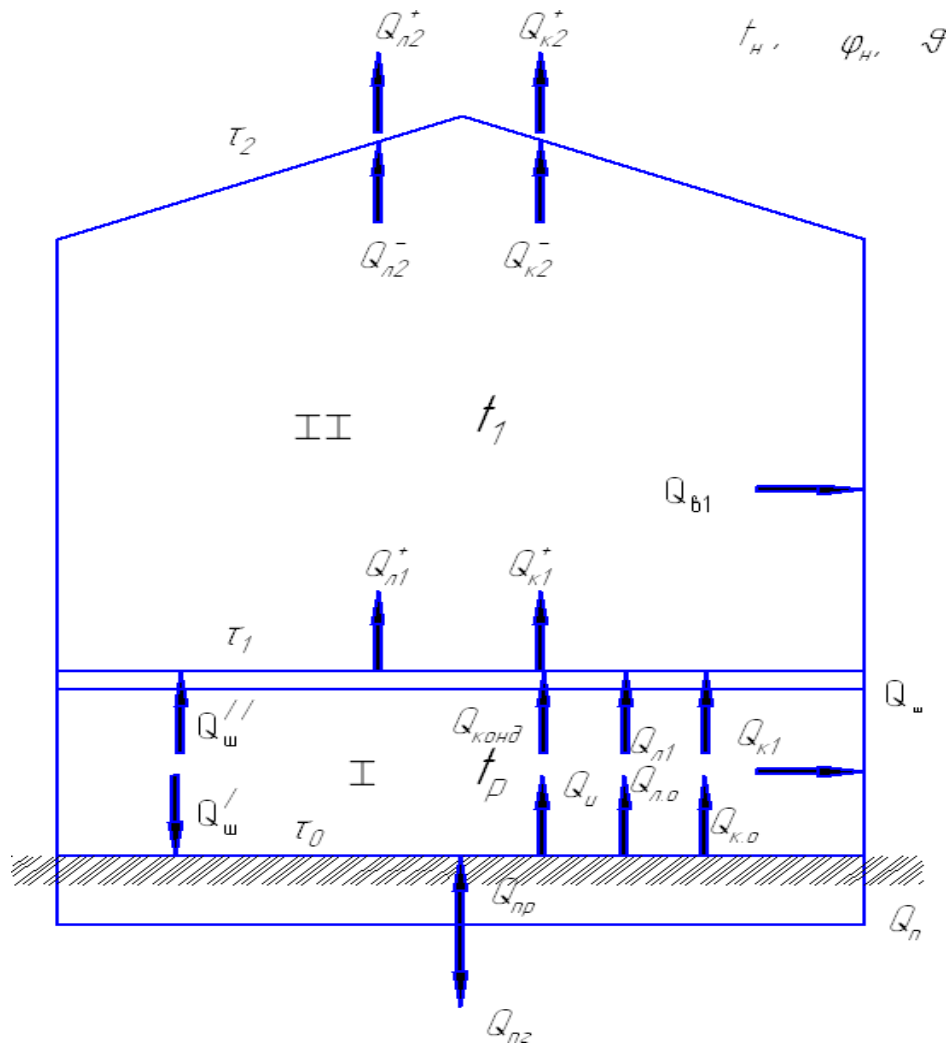


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема енергетичного балансу теплиці з технічним обігрівом для нічного часу з зонним укриттям

2.6 Рівняння теплових балансів

Рівняння теплового балансу для робочої зони I:

$$Q_{ш} + Q_{п} = Q_{п.г} + Q_{л1}^+ + Q^+ + Q_{вр}, \quad (2.35)$$

де $Q_{ш}$ і $Q_{п}$ - встановлені теплові потужності шатрового і ґрунтового нагрівачів, Вт;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

$Q_{л}^{+}$ - променистий тепловий потік від зовнішньої поверхні зонного укриття до внутрішньої поверхні зовнішньої огорожі, Вт;

$Q_{к}^{+}$ - конвективний тепловий потік від зовнішньої поверхні зонного укриття до повітря в зоні II, Вт;

$Q_{вр}$ - тепловий потік втрат тепла на інфільтрацію в зоні I, Вт.

Рівняння теплового балансу для робочої зони II:

$$Q_{л1}^{+} + Q_{к1}^{+} = Q_{л2}^{+} + Q_{к2}^{+} + Q_{вр}, \quad (2.36)$$

де $Q_{вр}$ - тепловий потік втрат на інфільтрацію в зоні II, Вт.

Рівняння теплового балансу для поверхні ґрунту:

$$Q_{I} + Q_{ш}^{p} = Q_{п.г} + Q_{кo} + Q_{л.o} + Q_{I}, \quad (2.37)$$

де $Q_{ш}^{p}$ - складова теплового потоку шатрового нагрівача, що бере участь в теплообміні з поверхнею ґрунту, Вт:

Q_{I} - витрати теплоти на випаровування вологи з ґрунту, Вт;

$Q_{л.o}$ і $Q_{кo}$ - тепловий потік втрат з поверхні ґрунту під зонним укриттям відповідно випромінюванням і конвекцією, Вт.

Рівняння теплового балансу для поверхні зонного укриття:

$$Q_{ш}^{h} + Q_{конд} + Q_{к1}^{-} + Q_{л1}^{-} = Q_{к1}^{+} + Q_{л1}^{+}, \quad (2.38)$$

де $Q_{ш}^{h}$ - складова теплового потоку шатрового нагрівача, що бере участь в теплообміні з поверхнею зонного укриття, Вт;

$Q_{конд}$ - тепловий потік, що характеризує виділення теплоти на внутрішній поверхні зонного укриття при конденсації вологи, Вт:

$Q_{л1}^{-}$ - тепловий потік в результаті теплообміну випромінюванням між внутрішньою поверхнею зонного укриття і поверхнею ґрунту, Вт;

$Q_{к1}^{-}$ - тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією між внутрішньою поверхнею огорожі і повітрям робочої зони I, Вт.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.002 ДП | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Рівняння теплового балансу на поверхні зовнішнього огородження теплиці:

$$Q_{к2}^- + Q_{л2}^- = Q_{к2}^+ + Q^+ , \quad (2.39)$$

де $Q_{л}^-$ - тепловий потік в результаті теплообміну випромінюванням між внутрішньою поверхнею зовнішньої огорожі і поверхнею зонного укриття, Вт;

$Q_{к}^-$ - тепловий потік в результаті теплообміну конвекцією між внутрішньою поверхнею зовнішньої огорожі і повітрям в зоні II, кВт.

Загальне рівняння теплового балансу для всього приміщення:

$$Q_{ш} + Q_{п} = Q_{п.г} + Q_{к2}^+ + Q^+ + Q_{в1} + Q_{вр}. \quad (2.40)$$

Теплові потоки втрат теплиці з зонним обігрівом виражають через параметри, що їх визначають.

У теплиці з полімерних плівок поверхні огорожі покриваються конденсатом, який перешкоджає пропусканню довгохвильової радіації. З цієї причини вирази потоків втрат випромінюванням можна порівняти з вимірюваннями для приміщень зі скляними покриттями, але вони додаються до коефіцієнта тепловтрат.

З урахуванням цього припущення вирази для теплових потоків втрат приймають такий вигляд:

$Q_{п.г}$ за формулою (4); $t_{об}$ — (5); $R_{ср0}$ — (7); $Q_{ко}$ — (8); Q_I — (10); β — (11); D — (12); $Q_{конд}$ — (18); $\Delta\varepsilon$ — (19) з заміною τ_2 на τ_1 і F_2 на F_1' ; $Q_{к2}^+$ — (20); $a'_{к2}$, $a''_{к2}$, $a_{к2}$ — відповідно (21), (22) і (23); $Q_{л2}^+$ — (24); $Q_{эф}$ — (25) — Q^- - (27).

Теплові потоки, що діють під зонним укриттям, в зоні I виражені в наступному вигляді [25]:

$$Q_{л.о} = C_{пр} \left[\left(\frac{\tau + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_0 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_0 \approx 0.814 \cdot \tilde{N}_{пр} \cdot F_0 \cdot (\tau_0 - \tau_1), \quad (2.41)$$

де $C_{пр}$ - наведений коефіцієнт опромінення;

τ_0 на τ_1 - температура поверхні відповідно ґрунту і зонного укриття, °С.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

$$C_{\text{пр}} = \frac{1 - \frac{5,67}{\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{F_1} - 1 \right)}{\frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{5,67}{F_1} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_1} - 1 \right)}, \quad (2.42)$$

де ε_0 і ε_1 -ступінь чорноти відповідно ґрунту і плівки;

F_0 і F_1 — площі ґрунту і поверхні зонного укриття, м².

$$Q_{\text{л2}}^- = k_{\text{п}} Q_{\text{ло}} \approx 0,93 Q_{\text{ло}}, \quad (2.43)$$

де $k_{\text{п}}$ - коефіцієнт, що враховує поглинання променевої енергії повітряним середовищем.

$$Q_{\text{к1}}^- = (F_{\text{в1}} + 0,7 F_{\text{н1}}) A_{\text{з}} \cdot \sqrt[3]{\frac{t_{\text{п}} - \tau_1}{t_{\text{п}} - \tau_1}}, \quad (2.44)$$

де $F_{\text{в1}}$ і $F_{\text{н1}}$ - площі вертикальної і похилої поверхні зонного укриття, м²;

$t_{\text{п}}$ - температура повітря, під зонним укриттям, °С;

$A_{\text{з}}$ - коефіцієнт, що залежить від $\frac{t_{\text{п}} + \tau_1}{2}$ [25].

$$Q_{\text{в}} = (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{р}})(Q_{\text{пр}} + Q_{\text{ел}}^+ + Q_{\text{ел}}^-), \quad (2.45)$$

де $\gamma_{\text{н}}$ і $\gamma_{\text{р}}$ – об'ємні маси відповідно зовнішнього та внутрішнього повітря, кг/м³.

Вираз для визначення теплових потоків, що діють в неробочій зоні II має наступний вигляд:

$$Q_{\text{ло}}^- = c'_{\text{пр}} \left[\left(\frac{\tau_1 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{\tau_2 + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot F_1 \approx 0,814 \cdot c'_{\text{пр}} \cdot F_1 \cdot (\tau_1 - \tau_2), \quad (2.46)$$

де τ_2 – температура зовнішнього огородження, °С;

F_1 – поверхня зонного укриття, м².

$$c'_{\text{пр}} = \frac{1 - \frac{5,67}{\varepsilon_1} \cdot \left(\frac{1}{F_2} - 1 \right)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{5,67}{F_2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)}, \quad (2.47)$$

де $c'_{\text{пр}}$ - наведений коефіцієнт опромінення системи «зонне укриття - зовнішня огорожа»;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

ε_2 - ступінь чорноти зовнішнього огороження;

F_2 - площа зовнішньої огорожі, м²;

F'_1 - площа зонного укриття, що бере участь в променистому теплообміні із зовнішньою огорожею, м².

$$Q_{к1}^+ = A'_3 \cdot m \sqrt{\frac{t_1 - t_2}{\tau_1 - \tau_2}} F'_1 \quad (2.48)$$

де m - коефіцієнт ($m = 1,3$ при $\tau_1 > \tau_2$);

t_1 - температура в зоні II, °C;

A'_3 - коефіцієнт, що залежить від $\frac{\tau_1 + \tau_2}{2}$ [25];

$$Q_{л2}^- = k'_п Q_{л1}^+ \approx 0,88 Q^+ \quad (2.49)$$

де $k'_п$ - коефіцієнт, що дорівнює 0,88 [22]

$$Q_{к2}^- = (F_{в2} + 0,7F_{н2}) A''_3 \cdot \sqrt[3]{|t_1 - \tau_2|} (t_1 - \tau_2), \quad (2.50)$$

де $F_{в2}$ і $F_{н2}$ - площі відповідно вертикальних і похилих поверхонь зовнішньої огорожі, м²;

A''_3 - коефіцієнт, що залежить від визначальної температури, $t_{виз} = \frac{t_1 + \tau_2}{2}$ [25].

$$Q_{в1} = (\gamma_n - \gamma_1) (Q_{\varepsilon 2}^+ + Q_{\varepsilon 2}^-), \quad (2.51)$$

де γ_1 - щільність повітря в зоні II, кг/м³.

Розрахунки теплофізичних теплиць з технологічним обігрівом визначають встановлену теплову потужність систем шатрового та ґрунтового обігріву, що забезпечує необхідний температурний режим для вирощування саджанців або розсади овочів у ґрунті та робочій зоні відповідно до розрахункової температури зовнішнього повітря.

У загальному випадку задані наступні величини: конструктивні параметри теплиці: L, F_1, F_2, F_0 ; температурні і вологісні режими всередині її: τ_0, t_p, φ_p ; параметри зовнішнього повітря: t_n, V, φ_n .

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.002 ДП | | | | |

Потрібно визначити теплові потужності нагрівальних пристроїв $Q_{п}$, $Q_{ш}$, температури огорож t_1 , t_2 і повітря t_1 в зоні **II**, без знання яких неможливо розрахувати теплові баланси на поверхнях огорож і в об'ємах теплиці. Розрахунок зводиться до спільного розв'язку рівнянь (2.35) - (2.40).

Потім використовують формулу (2.30) для визначення коефіцієнта теплопередачі через скління, а також знаходять встановлені теплові потужності систем обігріву плівкової теплиці з урахуванням виразів (2.31) - (2.34).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.002 ДП | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальна характеристика досліджуваного підприємства

Підсобне господарство ВСП «ОТФК ОНТУ» по вирощуванню рослинної сировини створене в 1999 році на базі збанкрутілого колгоспного господарства Одеського району.

Метою створення підсобного господарства ВСП «ОТФК ОНТУ» є отримання прибутку шляхом організації виробництва сільськогосподарської продукції з метою отримання прибутку, а також виконання робіт і послуг для задоволення потреб суспільства.

Підсобне господарство ВСП «ОТФК ОНТУ» розташоване в першій природно-економічній зоні Одеської області і в центральній частині Одеського району.

Землекористування господарства складається з трьох ділянок. Протяжність основної ділянки з півночі на південь на 2 км і з заходу на схід 2 км.

Територія господарства має явно виражену рівнинну поверхню.

В цілому рельєф не є сильно розчленованим і не ускладнює механізований обробіток ґрунту.

Загалом, ґрунти господарства мають високу потенційну родючість і добре підходять для вирощування зернових культур.

За даними державного обліку земель на 1 січня 2023 року загалом використовується близько 4 га землі.

Внутрішнє сполучення з районними та обласними центрами здійснюється ґрунтовими та частково асфальтованими дорогами.

Дані за посівними площами сільськогосподарських культур наведені в табл. 3.1.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.003 ДП | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Таблиця 3.1- Посівні площі сільськогосподарських культур

| Культура | Площа, га | | | | |
|---|-----------|------|------|-------|-------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Маточно-живцевий сад | 2,15 | 2,3 | 2 | 2,25 | 2,28 |
| Плодово-ягідні культури | 2,3 | 2,5 | 2 | 2,2 | 2,3 |
| Декоративні рослини | 1 | 1,2 | 1,5 | 2 | 2,28 |
| Сортова малина | 0,9 | 0,6 | 1 | 0,8 | 1 |
| Ожина | 0,9 | 0,6 | 1 | 0,8 | 1 |
| Суниця | 0,9 | 0,5 | 1 | 0,8 | 1 |
| Маточно-насіннєвий сад | 2,7 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,71 |
| Насінєві сади | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,7 |
| Маточник клонових підщеплень плодово-ягідних культур | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,65 |
| Декоративні культури | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,65 |
| Всього с/г угідь | 13,25 | 12,6 | 11,8 | 13,65 | 15,57 |

3.2 Клімат, рельєф, економічні показники

Територія господарства належить до південно-східного кліматичного району області. Середньорічна температура повітря становить приблизно 9 °С.

Найбільш холодним місяцем є січень, найтеплішим - липень. Безморозний період триває в середньому 165 днів. Клімат в цілому характеризується теплим літом і порівняно холодною зимою.

Середня тривалість вегетаційного періоду становить 196 днів, що цілком забезпечує вирощування сільськогосподарських культур.

За даними районної метеостанції, середньорічна кількість опадів становить 520-600 мм. Найбільша кількість опадів випадає в літній період.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.003 ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 46 |

Місцевий рельєф характеризується відокремленими ділянками, розділеними невеликими ярами та пологими та слабологими схилами. На орних землях схили становлять від 2-3 до 5-8 градусів.

Основні екологічні показники, за допомогою яких оцінюється робота підприємства, включають вартість основних фондів, обсяг виробництва продукції та послуг у вартісному вираженні, обсяг реалізації продукції робіт і багато інших факторів, які сприяють отриманню прибутку.

Основні виробничо-економічні показники виробництва сільськогосподарської продукції ВСП «ОТФК ОНТУ» зведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Основні виробничо-економічні показники по господарству

| Показники | Од. вим. | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 оцінка | 2023 р в % до 2019 р. |
|--|---------------|-------|-------|-------|-------|----------------|--------------------------|
| Вартість основних фондів | тис. грн. | 15310 | 13400 | 12210 | 17820 | 46560 | 304,1 |
| Величина активів | тис. грн. | 10030 | 1229 | 9036 | 16718 | 25200 | 251,1 |
| Численність робітників | чоловік | 470 | 515 | 567 | 602 | 690 | 146,8 |
| Обсяг виробництва продукції, послуг в вартісному вираженні | тис. грн. | 18898 | 17542 | 17798 | 19005 | 28427 | 150,4 |
| Обсяг реалізації продукції, робіт, послуг у фізичному вираженні | тис. грн.. | 324 | 315 | 304 | 317 | 400 | 170,9 |
| Обсяг реалізації продукції, робіт, послуг у вартісному вираженні | тис. грн. | 14030 | 13840 | 12930 | 19005 | 24050 | 171,4 |

Продовження таблиці 3.2

| Показники | Од. вим. | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 оцінка | 2023 р в % до 2019 р. |
|---|-------------|--------|--------|--------|--------|----------------|-----------------------------|
| В т.ч. по рослинництву | тис. грн. | 10751 | 12474 | 9751 | 13474 | 18038 | 167,8 |
| Витрати на вироб- ництво і реалізацію продукції | тис. грн. | 10670 | 9760 | 9670 | 13303 | 18520 | 173,6 |
| В т.ч. по рослинництву | тис. грн. | 8211 | 8509 | 8711 | 8748 | 13600 | 165,6 |
| Прибуток від реалізації | тис. грн. | 3360 | 3200 | 3250 | 5702 | 5530 | 164,4 |
| В т.ч. по рослинництву | тис. грн. | 2540 | 2330 | 2430 | 4726 | 4438 | 174,7 |
| Рентабельність | % | 31,5 | 29,3 | 30,4 | 42,9 | 29,9 | 94,8 |
| В т.ч. по рослинництву | % | 30,9 | 27,6 | 29,8 | 54,0 | 32,6 | 105,5 |
| Середньомісячна заробітна плата | грн. | 6068 | 7286 | 7996 | 8822 | 10961 | 180,6 |
| Річний фонд заробітної плати | тис. грн. | 3172,5 | 2962,4 | 3062,5 | 4401,3 | 8406,8 | 265,0 |
| Суми сплачених податків | тис. грн. | 1095 | 1105 | 1125 | 1564 | 2150 | 196,3 |

3.3 Виробничі ресурсів, сільськогосподарські машини та електрична частина

Праця відіграє важливу роль у процесі виробництва матеріальних благ. Найважливішою умовою підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва є висока ефективність використання трудових ресурсів.

Дані таблиці 3.3 показують кількість працівників ВСП «ОТФК ОНТУ».

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.003 ДП | | | | |

Таблиця 3.3 - Чисельність працюючих в ВСП «ОТФК ОНТУ»

| Показники | За роками | | | | | |
|---|-----------|------|------|------|------|------|
| | 2021 | | 2022 | | 2023 | |
| | люд. | % | люд. | % | люд. | % |
| Всього працюючих | 567 | 100 | 602 | 100 | 690 | 100 |
| 1. Працівники, зайняті в с/г: | 452 | 79,7 | 472 | 78,5 | 537 | 77,8 |
| а) робочі постійні; | 412 | 59,8 | 418 | 62,2 | 479 | 53,4 |
| б) службовці, з них: | 40 | 20,3 | 49 | 21,3 | 58 | 21,5 |
| - керівники; | 10 | 9,1 | 15 | 8,1 | 22 | 7,9 |
| - спеціалісти. | 30 | 11,2 | 34 | 11,4 | 36 | 14,7 |
| 2. Працівники, зайняті в супутніх промислових підприємствах | 95 | 16,8 | 105 | 17,4 | 118 | 17,1 |
| 3. Працівники торгівлі та громадського харчування | 20 | 3,5 | 25 | 4,1 | 35 | 5 |

З наведених у таблиці 3.3 даних випливає, що загальна чисельність працюючих зросла за три роки з 567 чоловік до 690 або на 17,8%, в тому числі на 15,8% збільшилася чисельність постійних робочих, зайнятих у сільськогосподарському виробництві. Чисельність працівників торгівлі та громадського харчування також зросла протягом трьох років .

Тракторний парк в ВСП «ОТФК ОНТУ» представлено в табл. 3.4, а парк сільськогосподарських машин – у табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Тракторний парк

| № | Марка | Кількість | | | | |
|---|---------|-----------|------|------|------|------|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1 | ДТ-75 | 6 | 8 | 8 | 7 | 7 |
| 2 | Т-25 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 3 | Т- 70 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | Т- 150 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 5 | МТЗ-80 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 6 | МТЗ- 82 | 9 | 7 | 8 | 9 | 9 |
| 7 | МТЗ-952 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | ЮМЗ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

З таблиці видно, що в господарстві в 2020 році придбали два трактори ДТ-75, два трактори МТЗ-80 і один трактор МТЗ -952.

Таблиця 3.5 – Парк сільськогосподарських машин

| № | Найменування і марка машини | Кількість | | | | |
|---|-----------------------------|-----------|------|------|------|------|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1 | Плуги | | | | | |
| | ПЛН-4-35 | | | | 3 | 3 |
| | ПЛН-5-35 | | | | 2 | 2 |
| 2 | Культиватори | | | | | |
| | КРН-5,6 | | | | 6 | 6 |
| | КСН-4 | | | | 3 | 3 |
| 3 | Борони | | | | | |
| | ЗБП-0,6 | | | | 6 | 6 |
| | БДТ-70 | | | | 3 | 3 |
| 4 | Луцильники | | | | | |
| | ЛДГ-10 | | | | 2 | 2 |
| 5 | Оприскувачі | | | | | |
| | ПОМ-630-1 | | | | 1 | 1 |
| | ОП-2001 | | | | 1 | 1 |
| | ОВ-2001 | | | | 1 | 1 |

Електрична частина ВСП «ОТФК ОНТУ» представлена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Електрична частина

| № | Найменування | Кількість | | | | |
|---|--|-----------|------|------|------|------|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1 | Комплексна трансформаторна підстанція РП-10/0,4кВт | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | Зрошувальний насос АБТ-4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 3 | Глибинний електронасос БЦМ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | Зварювальний трансформатор ТДС-305 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |

З таблиці видно, що в господарстві в 2020 році придбали один зварювальний трансформатор ТДС-305 і в 2017 році один зрошувальний насос АБТ-4. Протяжність всієї електричної лінії на виробництві становить 300 метрів.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

3.4 Тепличне господарство ВСП «ОТФК ОНТУ»

На території господарства ВСП «ОТФК ОНТУ» побудовані три теплиці з плівковим покриттям довжиною 60 м, шириною 24 м кожна, площа однієї теплиці становить 1440 м².

До недоліків електрифікації тепличного господарства можна віднести наступні:

- опалення здійснюється шляхом підігріву води електрикою, без автоматичного регулювання температури;
- вентиляція теплиці тільки природна, проводиться відкриванням дверей, які розташовані паралельно;
- за графіком полив сільськогосподарських культур здійснюється один або два рази на добу,
- по довжині всієї теплиці розташовано чотири лампи розжарювання, які недостатньо забезпечують освітленість робочої зони в темний час доби.

Всі ці недоліки в опаленні, кондиціонування, поливі і висвітленні вказують на те, що підприємство зазнає певних збитків в тепличному господарстві.

Для усунення всіх цих недоліків доцільно:

- введення в систему автоматичного регулювання повітрообміну;
- полив рослин в теплиці доцільно проводити в автоматичному режимі за задалегідь заданою програмою автоматичного управління, що скоротить витрати ручної праці;
- при проектуванні необхідно провести більш точний розрахунок необхідної для рослини рівня освітленості, що дозволить прискорити зростання рослин і їх якість;
- використовувати в системі оригінальний сонячний котел з жалюзями, для отримання додаткового тепла і охолодження при необхідності тепличного приміщення, що дасть економію витрат традиційних джерел тепла, (в нашому випадку витрат на електропідігрів і примусову вентиляцію).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.003 ДП | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.5 Технологія забезпечення мікроклімату

Автоматичне управління дозволяє підтримувати задані технологічні параметри мікроклімату в теплиці. Крім того, він забезпечує найкращі умови для вирощування різних овочевих культур при найнижчих можливих витратах, теплоти на обігрів теплиць, що значно покращує економіку.

Основні функції системи автоматичного регулювання полягають в наступному:

- автоматичне регулювання температури повітря;
- автоматичне регулювання обігріву;
- автоматичне керування освітлювальними установками;
- автоматичне управління циркуляцією повітря.

Портативний вимірювач температури ІВТМ-7. Прилад розроблений для вимірювання температури та інших температурних характеристик повітря. Терморезистор із плівки, виготовленої з нікелю, служить чутливим елементом вимірювача температури. Прилад працює, перетворюючи ємність датчика вологості та опір датчика температури в частоту, а потім мікроконтролер обробляє результат.

В дипломній роботі розроблено проект системи кондиціонування повітря для теплиць підсобного господарства ВСП «ОТФК ОНТУ» по вирощуванню рослинної сировини площею до 1500 м². Регулювання температури повітря в сторону підвищення відбувається за рахунок включення додаткового обігріву, а в сторону зниження – за рахунок посилення природної кондиціонування через віконця (квартирки). Вологість регулюють періодичним розпиленням води в повітря. Датчики температури, два калорифери та два електромагнітні вентиля складають систему регулювання температури, як показано на рис. 3.1. Термометри електроконтактного типу ТК-6 з регульованою магнітною голівкою служать датчиками температури. З них чотири контролюють температуру протягом дня, два контролюють її вночі, а один сигналізує про екстремне зниження температури.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 52 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

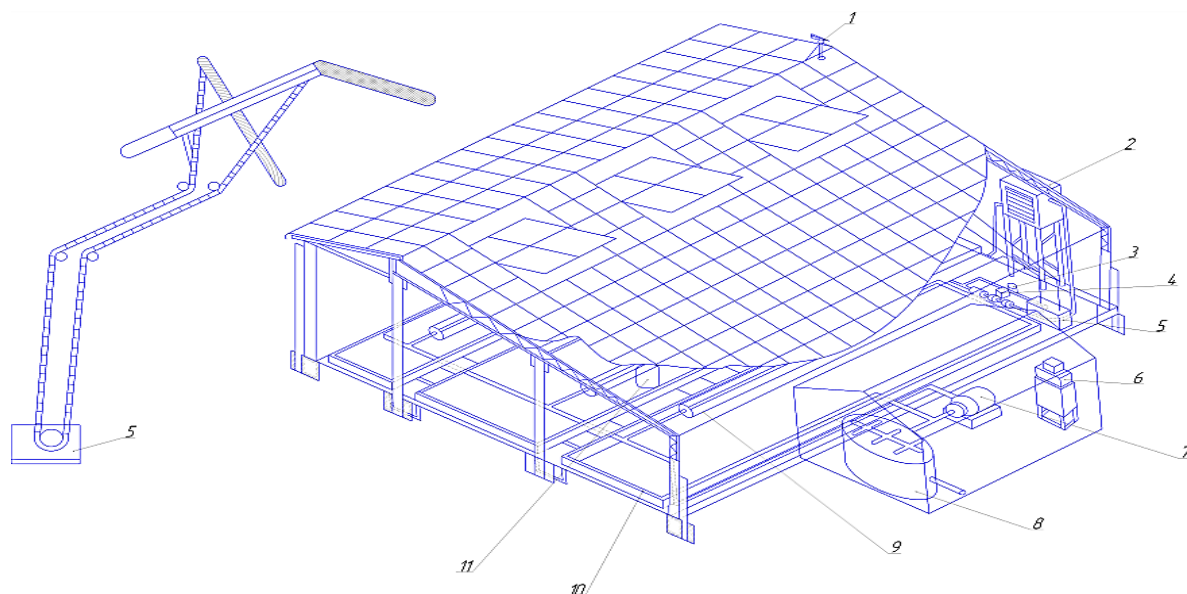


Рисунок 3.1 - Схема обладнання теплиці:

1 - електроконтактний флюгер; 2 - калорифер; 3 - ручний вентиль;
 4 - електромагнітний вентиль; 5 - привід відкривання кватирок; 6 - шафа управління; 7 - насос; 8 - водонагрівач; 9 - жолоб; 10 - розпилювачі води;
 11 - шафа з датчиками.

Один із термометрів кожної пари встановлюють на верхню межу діапазону температур, що задається, інший - на нижній. При отриманні сигналу від датчика температури на включення опалення вступають в роботу двигуни калориферів і електромагнітні вентиля, що відкривають доступ теплоносія до калорифера.

Система зволоження повітря включає в себе датчики вологості, трубопроводи, розпилювачі, насосну станцію, регулятор температури води. Датчиком вологості служить двопозиційний камерний водорегулятор (ВДК), включений в електричне коло системи зволоження. Необхідне значення вологості задають, налаштовуючи ВДК.

Пластмасові трубопроводи підвішують на розтяжках під покрівлю вздовж теплиці в три лінії з відстанню 3 ... 3,5 м від покрівлі теплиці і з кроком в лінії 3 м. Розпилювачі 10, що прикріплюються до труб, являють собою капронові насадки з двома отворами (діаметром 0,4 мм кожна), завдяки чому потоки води, що виходять з них під тиском, стикаючись, розбиваються в дрібний пил, яка утворює навколо розпилювачів віяло, що досягає 2 м у діаметрі. Розпилювачі закріплюють на трубопроводах в шаховому порядку з кроком в лінії 3 м. Для

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

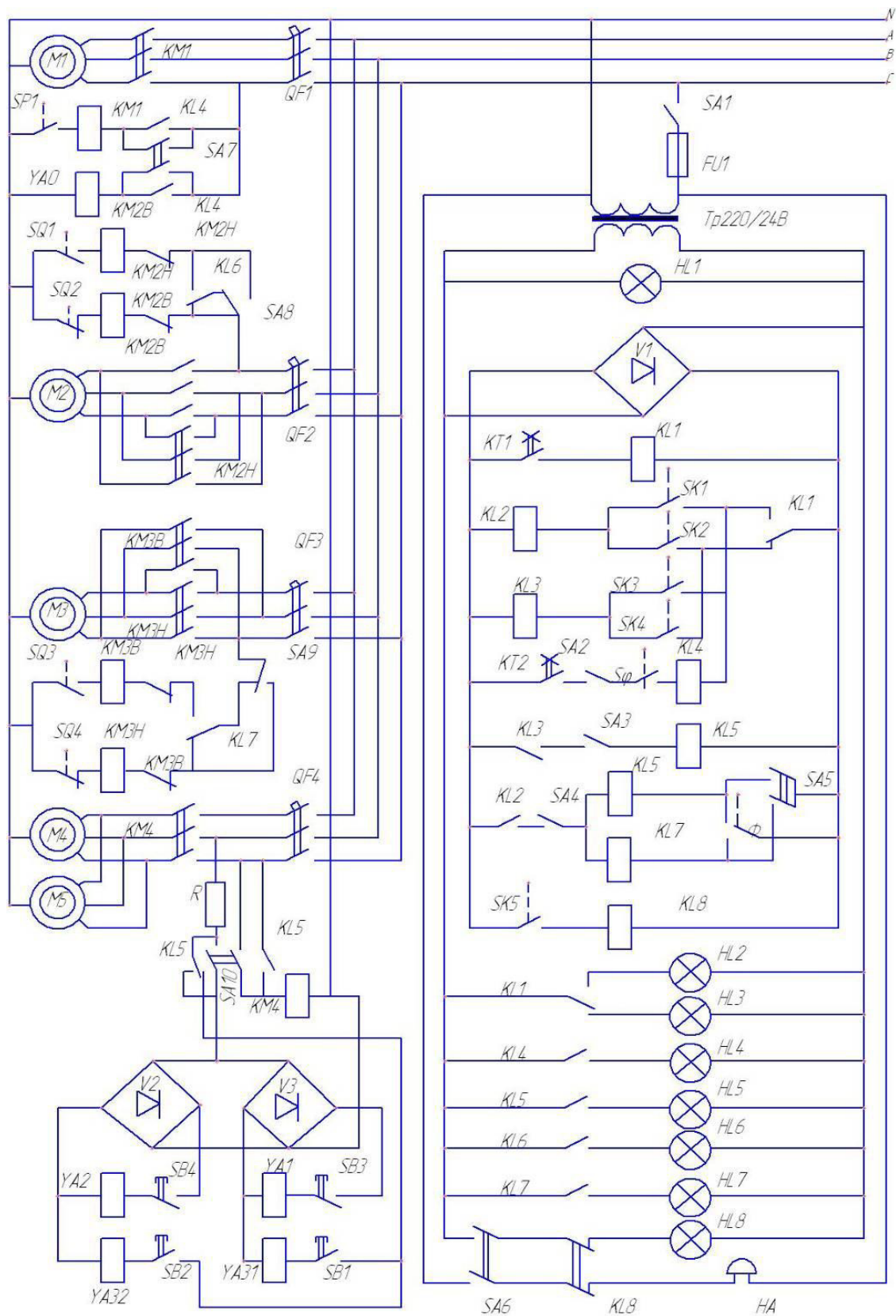
збору води і відведення крапель, що утворюються на трубах під час розпилювання та від конденсації водяної пари з повітря, під трубами встановлюють жолоби 9, по яких вода стікає в каналізацію. Насосна станція, призначена для подачі до розпилювачів теплої води під постійним тиском, складається з бака підігрівача 8 і відцентрового насоса 7 типу 2КМ-6 з електродвигуном. Рівень води в баку підтримується поплавковим клапаном, а її температура - автоматичним регулятором прямої дії типу РТ, встановленим на вхідному патрубку змішувача, по якому пропускається підігріта вода.

У вузол кондиціонування входять фрамуги з приводом 5 від двох електродвигунів через черв'ячні редуктори і чотири барабани з канатною системою і блоками. Кватирки можуть бути відкриті з правого або лівого боку теплиці, або з обох сторін одночасно.

Для подачі команди на відкриття кватирок з підвітряного боку використано електроконтактний флюгер 1, що встановлюється на даху теплиці. Залежно від напрямку вітру кулачок обертової частини флюгера тисне на мікроперемикач і замикає коло включення кондиціонування лівого або правого боку теплиці. У шафі управління передбачений вимикач SA5 (рис. 3.2), блокуючі контакти флюгера для включення кондиціонування з двох сторін. Шафу управління встановлюємо в приміщенні (поза межами теплиці), де умови не перешкоджають нормальній роботі електроустаткування.

Програми роботи систем задаються програмним реле часу 2РВМ з приставкою, що дозволяє отримати витримки в 0.5 ... 3 хв через потрібні проміжки. Реле 2РВМ має диск налаштування з різьбовими отворами під штифти в два ряди (для двох програм). Мінімальний час уставки першої програми 15 хв, другої - 20 хв. Через встановлений час штифти натискають на мікрореле, замикаються кола живлення реле, які включають коло відповідних програм. Перша програма задає денний або нічний режим роботи, друга періодично (через кожні 60 хв) включає систему зволоження із заданою тривалістю вприскування (до 2 хв). На рис. 3.2 приведено розроблену схему електричну функціональну управління обладнанням мікроклімату теплиці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.003 ДП | Арк. |
| | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



8

Рисунок 3.2 - Функціональна схема управління обладнанням мікроклімату теплиці

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

БКВ 04.023.003 ДП

| |
|------|
| Арк. |
| 55 |

У денному режимі роботи замикаються контакти реле часу КТ1, спрацьовує реле КЛ1 і включає кола датчиків температури дня SK1, SK3 і вологості повітря Sф. Термометр SK1 встановлюється на верхню межу регульованої температури (наприклад, 28 °С), а SK3 - на нижню (наприклад, 25 °С), Якщо температура стане нижче 25 °С, контакти датчика SK3 розмикаються, реле відключається від живлення, контакти КЛ3 в колі реле КЛ5 замикаються. Реле КЛ5 через пускач КМ4 включає електродвигуни М4 і М5 калориферів вентиляторів і електромагніти вентилів УА1, УА2, які відкривають доступ теплоносія в калорифери.

Електромагніти вентилів після спрацьовування відключаються від живлення, проте вентиля, що утримуються механічними засувками, залишаються відкритими, а контакти в колі електромагнітів засувок закриваються (вентилі готуються до закриття). Коли температура досягає 25 °С, контакти SK3 замикають коло реле КЛ3, яке розриває коло живлення реле КЛ5, котушка пускача КМ4 виключається з кола струму, одночасно подається імпульс на електромагніти засувок УА31, УА32 і вентиля закриваються, а котушки засувок виявляються відключеними.

Якщо температура в теплиці перевищить 28 °С, замкнуться контакти термометра SK1, заживиться реле КЛ2 і замкне коло живлення обмотки реле КЛ6 або КЛ7 в залежності від положення флюгера Ф (при установці двосторонньої кондиціювання - одночасно обидва реле), а реле замкне коло живлення котушок пускачів КМ2В або КМ3В, які включають електродвигуни приводів, що відкривають кватирки. Шайби на тросах кватирок натиснуть на кінцевий вимикач SQ1 або SQ3 і зупинять двигуни, залишаючи кватирки відкритими.

Коли температура знизиться до 28 °С, коло живлення реле КЛ2 розірветься, контакти його в колі реле КЛ6 і КЛ7 відкриються, реле КЛ6 або КЛ7 втратить живлення і його контакти замкнуть коло пускача КМ2Н або КМ3Н, двигуни виконають реверс, кватирки закриються. Після цього вимикач SQ2 або SQ4 відключить двигун. При зниженні температури до аварійно низької розімкнуться контакти датчика SK5, виводячи з кола струму реле КЛ8, ввімкнуться звуковий і світловий сигнали.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.003 ДП | Арк. |
| | | | | | | 56 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Коли закриваються контакти реле часу КТ2 за другою програмою і в разі зменшення відносної вологості повітря в теплиці по відношенню до заданої, замикаються контакти датчика вологості Sφ. Реле КЛ4 включає пускач КМ1 двигуна приводу насосу бака водопідігрівача і електромагнітний вентиль УАО системи зволоження - вода надходить до розпилувачів. Через заданий час контакти реле часу КТ2 розмикаються, реле КЛ4 відмикає живлення пускача і електромагніт вентиля УАО. Вприскування припиняється. Про роботу системи сигналізують лампи НЛ1 ... НЛ7.

У нічному режимі роботи контакти КТ1 розімкнуті, тому кола реле КЛ1 і КЛ4 відкриті, система зволоження не працює, системою обігріву управляють датчики SK2 і SK4. Автоматичні вимикачі QF1 ... QF4 служать для включення і захисту двигунів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.003 ДП | Арк. |
| | | | | | | 57 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок розробленого проекту теплиці

Визначаємо теплову потужність нагрівального пристрою для зонного обігріву плівкової теплиці, розташованій в західній кліматичній зоні і призначеній для вирощування саджанців і різних видів розсади.

Початкові дані: $t_n = -15^{\circ}\text{C}$; $t_p = 7^{\circ}\text{C}$; $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$; $\varphi_n = 80\%$; $\varphi_p = 70\%$; $\vartheta = 5 \text{ м/с}$;
 $\varepsilon_0 = 0,96$; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,94$; $k_n = 0,93$; $k'_n = 0,88$; $F_{n1} = F'_{1} = F_0 = 1440\text{м}^2$; $F_{в1} = 47\text{м}^2$; $F_1 = 1487\text{м}^2$;
 $F_{в2} = 347\text{м}^2$; $F_{н2} = 1651 \text{ м}^2$; $F_2 = 1998 \text{ м}^2$; $L = 30\text{м}$; $L_1 = \sqrt{F_0} = \sqrt{1440}$.

Визначаємо теплову потужність Q , необхідну для забезпечення $t_p = 7^{\circ}\text{C}$ і $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$ при $t_n = -15^{\circ}\text{C}$. При розрахунку наявної теплиці було встановлено, що для забезпечення необхідних температурних режимів при посадці саджанців і різних видів розсади в плівковій теплиці з одинарним огородженням досить тільки ґрунтового нагрівача, що забезпечує поверхневу потужність близько 230 Вт/м^2 . У такому випадку система рівнянь теплового балансу теплиці з зонним обігрівом (ґрунтовим) складається з чотирьох рівнянь з чотирма невідомими Q_n , τ_1 , t_1 і τ_2 .

$$Q_n = Q_{п.г} + Q_{л1}^+ + Q^+ + Q_{вр}; \quad (4.1)$$

$$Q_{л1}^+ + Q_{к1}^+ = Q_{л2}^+ + Q_{к2}^+ + Q; \quad (4.2)$$

$$Q_n = Q_{п.г} + Q_{ко} + Q_{л.о} + Q_{и}; \quad (4.3)$$

$$Q_{л2}^- + Q_{к2}^- = Q_{л2}^+ + Q^+ \quad (4.4)$$

Формули 4.1-3.4 взято з розділу 2 від формул;

$$4.1 = 2.35; 4.2 = 2.36; 4.3 = 2.37; 4.4 = 2.39.$$

Чисельні значення складових теплового балансу теплиці з зонним обігрівом приведені в табл. 4.1.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 58 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

Таблиця 4.1 - Чисельні значення складових теплового балансу (див. розділ 2)

| № формули | Позначення | Результати розрахунку | Розмірність | Примітка |
|-----------|-------------------|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2.42 | c_{np} | 5,14 | - | $\varepsilon_0=0,96, \varepsilon_1=0,94; F_0=1440\text{м}^2;$ $F_1=1487\text{м}^2;$ |
| 2.5 | $t_{об}$ | $9,95+0,3 \tau_1$ | $^{\circ}\text{C}$ | - |
| 2.47 | c'_{np} | 5,11 | - | $F'_1=1440\text{м}^2;$ $F_2=1998\text{м}^2; \varepsilon_1=\varepsilon_2=0,94$ |
| 2.4 | $Q_{пг}$ | $3412+41 \tau_1$ | Вт | - |
| 2.7 | R^{cp}_0 | 10,53 | $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ /Вт | $F_{1\cdot 0}= F_{2\cdot 0}= F_{3\cdot 0}=96 \text{ м}^2;$ $F_{4\cdot 0}=864 \text{ м}^2$ |
| 2.8 | $Q_{ко}$ | 78636 | Вт | $A_3=1,375; m=1,3$ |
| 2.9 | D | $22,9 \cdot 10^{-6}$ | $\text{м}^2/\text{с}$ | $t_{опп}=13,5^{\circ}\text{C}; P_6=760 \text{ мм.рт.ст.}$ |
| 2.14 | γ_{tp} | 1,256 | $\text{кг}/\text{м}^3$ | $e^H_{tp}=7,492 \text{ мм.рт.ст.}$ |
| 2.15 | γ_{τ_0} | 1,194 | $\text{кг}/\text{м}^3$ | $e^H_{\tau_0}=17,53 \text{ мм.рт.ст.}$ |
| 2.11 | β | 5,9 | м/ч | $v=14,47 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; L_1=37,95 \text{ м}$ |
| 2.10 | $Q_{и}$ | 43894 | Вт | $r_0=680 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{кг}; \eta=0,8;$ $c^H_0=17,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3;$ $F_0=1440\text{м}^2; c^H_{tp}=7,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$ |
| 2.41 | $Q_{лю}$ | $120498-6025 \tau_1$ | Вт | $c_{np}=5,14; F_0=1440\text{м}^2$ |
| 2.43 | $Q_{л1}^-$ | $112063-5603 \tau_1$ | Вт | $k_{п}=0,93;$ |
| 2.44 | $Q_{к1}^-$ | $\frac{1055A//x}{3}$ $3\sqrt{(7-\tau_1)x}$ $x(7-\tau_1)$ | Вт | $F_{B1}=47 \text{ м}^2; F_{ш}=1440 \text{ м}^2$ |
| 2.46 | $Q_{л1}^+$ | $6185(t_1-t_2)$ | Вт | $c'_{np}=5,11$ |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|------------------|--|----|--|
| 2.48 | $Q_{к1}^+$ | | Вт | $m=1,3; F'_1=1440 \text{ м}^2$ |
| 2.48 | $Q_{к1}^+$ | $\frac{1872A'/x}{3}$ $3\sqrt{(\tau_1 - t_1)x}$ $x(\tau_1 - t_1)$ | Вт | $m=1,3; F'_1=1440 \text{ м}^2$ |
| 2.49 | $Q_{л2}^-$ | $5443(\tau_1 - \tau_2)$ | Вт | $k_{п}=0,88$ |
| 2.50 | $Q_{к2}$ | $\frac{1503A''/x}{3}$ $3\sqrt{(t_1 - \tau_2)x}$ $x(t_1 - \tau_2)$ | Вт | $F_{в2}=347 \text{ м}^2; F_{н2}=1651 \text{ м}^2$ |
| 2.20 | $Q_{к2}^+$ | $305694+20380 \tau_2$ | Вт | $a'_{к2}=7,6 \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); a''_{к2}=22,4;$ $a_{к2}=10,2$ |
| 2.24 | $Q_{л2}^+$ | $235579+9500 \tau_2$ | Вт | $Q_{эф}=223097+8668 \tau_2$ |
| 2.45 | $Q_{в}$ | $365+666 \tau_1-662$ τ_2+200A'/x 3 $x(\tau_1-t_1)^{4/3}$ | Вт | $Q_{окр}=12482+832 \tau_2$ |
| | Принято $Q_{в1}$ | $1,1(Q_{л2}^+ + Q_{к2}^+)$ | Вт | - |

Після підстановки в рівняння чисельних значень теплових потоків втрат, взятих з табл. 4.1, отримаємо:

$$Q_n = 3412 + 41\tau_1 + 6185(\tau_1 - \tau_2) + 1872A'/3\sqrt{\tau_1 - t_1} \cdot (\tau_1 - t_1) + 365 + 666\tau_1 - 662\tau_2 + 200A'/3(\tau_1 - t_1)^{4/3}; \quad (4.1')$$

$$6185(\tau_1 - \tau_2) + 1872A'/3\sqrt{\tau_1 - t_1}(\tau_1 - t_1) = 1.1(235579 + 9500\tau_2 + 305694 + 20380\tau_2); \quad (4.2')$$

$$Q_{п}=3412+41\tau_1+54568+120498-6025\tau_1+78636; \quad (4.3')$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 60 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.004 ДП | | | | |

$$5443(\tau_1 - \tau_2) + 1503A_3^{1/3}\sqrt{(t_1 - \tau_2)}(t_1 - \tau_2) = 235579 + 9500\tau_2 + 305694 + 20380\tau_2. \quad (4.4')$$

Після перетворення рівнянь (4.2') і (4.4') маємо:

$$6185\tau_1 - 39053\tau_2 + 1872A_3^{1/3}\sqrt{(t_1 - t_1)}(\tau_1 - t_1) - 595400 = 0; \quad (4.2')$$

$$5443 \tau_1 - 35323 \tau_2 + 1503A_3^{1/3}\sqrt{(t_1 - \tau_2)}(t_1 - \tau_2) - 541273 = 0; \quad (4.4')$$

Після цього розрахунку вводимо заміну змінних: $\Delta t_1 = \tau_1 - t_1$; $\Delta t_2 = t_1 - \tau_2$,
тоді

$$\tau_1 = \Delta t_1 + t_1; \quad \tau_2 = t_1 - \Delta t_2.$$

Рівняння (4.2') і (4.4') з новими змінними і $A \approx 1,47$, $A \approx 1,5$ після перетворень отримуємо:

$$6185\Delta t_1 - 32868t_1 + 39053\Delta t_2 + 2752\Delta t_1^{4/3} - 595400 = 0; \quad (4.2')$$

$$5443 \Delta t_1 - 29880 t_1 + 35323 \Delta t_2 + 2254,5\Delta t_1^{4/3} - 541273 = 0; \quad (4.4')$$

Звільняємось від коефіцієнтів при t_1 :

$$-\Delta t_1 + 0,188\Delta t_1 + 1,188\Delta t_2 + 0,0837\Delta t_1^{4/3} - 18,11 = 0; \quad (4.2')$$

$$-\Delta t_1 + 0,182\Delta t_1 + 1,182\Delta t_2 + 0,0755\Delta t_1^{4/3} - 18,11 = 0; \quad (4.4')$$

Після віднімання з рівняння (4.2') виразу (4.4') і ділення змінних отримаємо:

$$0,006\Delta t_1 + 0,837 t_1^{4/3} = -0,006\Delta t_2 + 0,0755 t_1^{4/3} \quad (4.2') - (4.4')$$

Помножимо обидві частини рівняння на 1000:

$$6\Delta t_1 + 83,7 t_1^{4/3} = -6\Delta t_2 + 75,5 t_1^{4/3} \quad (4.2') - (4.4')$$

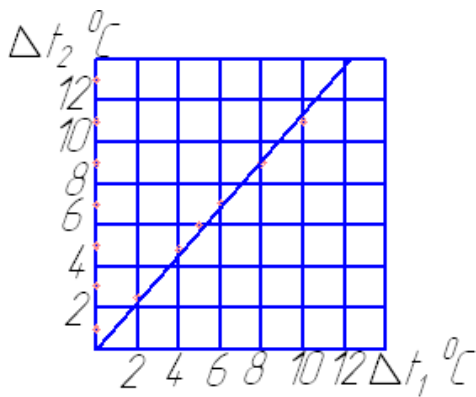
Розв'яжемо отримані рівняння (4.2') - (4.4') методом послідовних наближень і представимо їх у вигляді таблиці 4.2.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.004 ДП | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

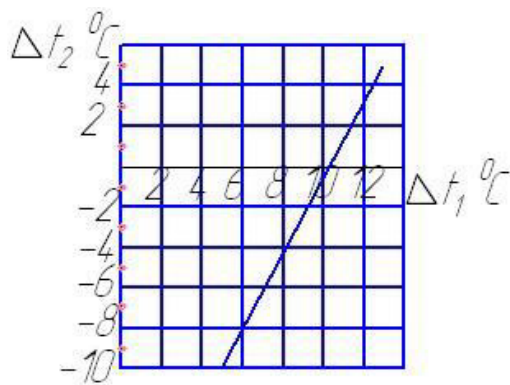
Таблиця 4.2 - Метод послідовних наближень

| Δt_1 (задають) | $6\Delta t_1$ | Δt_1^4 | $\sqrt[3]{\Delta t_1^4}$ | $83,7 t_1^{4/3}$ | Ліва частина |
|---------------------------|----------------|----------------|--------------------------|------------------|------------------|
| 13 | 78 | 28567 | 30,67 | 2558,5 | 2636,5 |
| 10 | 60 | 10000 | 21,55 | 1803,3 | 1863,3 |
| 8 | 48 | 4096 | 16 | 1339 | 1387 |
| 6 | 36 | 1296 | 10,9 | 912 | 948 |
| 5 | 30 | 625 | 8,5 | 715 | 745 |
| 4 | 24 | 256 | 6,3 | 531 | 555 |
| 2 | 12 | 16 | 2,5 | 211 | 223 |
| Δt_2 (задають) | $-6\Delta t_2$ | Δt_2^4 | $\sqrt[3]{\Delta t_2^4}$ | $75,5 t_2^{4/3}$ | Права частина |
| 15 | -150 | 50625 | 37 | 2793 | 2643,5 |
| 11 | -65 | 14641 | 24,5 | 1847 | 1781 |
| 9 | -54 | 6561 | 18,7 | 14,1 | 1359 |
| 7 | -42 | 2401 | 13,4 | 1011 | 968 |
| 6 | -36 | 1296 | 10,9 | 823 | 787 |
| 4,8 | -29 | 531 | 8,1 | 611 | 582 |
| 2,4 | -14 | 33,17 | 3,2 | 243 | 229 |

Будуємо графік $\Delta t_2(\Delta t_1)$ (рис. 4.1) і знаходимо $\Delta t_2 = 1,15\Delta t_1$ або $\Delta t_1 = 0,869\Delta t_2$.



а)



б)

Рисунок 4.1 - Графічний метод визначення залежностей:

а) $\Delta t_2(\Delta t_1)$; б) $t_1(\Delta t_1)$

У рівняння (4.2') підставимо $\Delta t_2 = 1,15\Delta t_1$ і після перетворень отримаємо:

$$-t_1 + 1,554\Delta t_1 + 0,0837t_1^{4/3} - 18,11 = 0, \quad (4.2'')$$

$$t_1 = 1,554\Delta t_1 + 0,0837t_1^{4/3} - 18,11 \quad (4.4'')$$

Розв'язок рівняння зведемо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Розв'язок рівняння

| Δt_1 (задають) | $1,554\Delta t_1$ | Δt_1^4 | $\sqrt[3]{\Delta t_1^4}$ | $0,0837t_1^{4/3}$ | t_1 |
|---------------------------|-------------------|----------------|--------------------------|-------------------|-------|
| 13 | 20,2 | 28567 | 30,564 | 2,558 | 4,6 |
| 10 | 15,54 | 10000 | 21,545 | 1,8 | -0,8 |
| 8 | 12,43 | 4096 | 16 | 1,34 | -4,3 |
| 6 | 9,32 | 1296 | 10,9 | 0,91 | -7,9 |

За даними таблиці 4.1 будують графіки $t_1(\Delta t_1)$ і з рис 4.1, б знаходять $t_1 = 1,73 \Delta t_1 - 18,11$. Так як $\Delta t_1 = 0,869\Delta t_2$, то $t_1 = 1,5\Delta t_2 - 18,11$.

У рівняння (4.4') підставимо вирази $t_1 = 1,5\Delta t_2 - 18,11$ і $\Delta t_1 = 0,869\Delta t_2$.

Після перетворень отримаємо:

$$0,075 \Delta t_2^{4/3} = 0,16 \Delta t_2. \quad (4.4'')$$

Помножимо обидві частини на 1000:

$$75 \Delta t_2^{4/3} = 160 \Delta t. \quad (4.4''')$$

Розв'язок рівняння (4.4''') методом послідовних наближень показало, що його задовольняє $\Delta t_2 = 10^\circ \text{C}$.

Тоді $\Delta t_1 = 0,869 \Delta t_2 \approx 8,7^\circ \text{C}$;

$$\tau_1 - t_1 = 8,7; \tau_1 = t_1 + 8,7; t_1 = 1,5 \Delta t_2 - 18,11 = 1,5 \cdot 10 - 18,11 \approx -3,1^\circ \text{C};$$

$$\tau_1 = -3,1 + 8,7 = 5,6^\circ \text{C}; \Delta t_2 = t_1 - \tau_2; \tau_2 = t_1 - \Delta t_2 = -3,1 - 10 = -13,1^\circ \text{C}.$$

Підставляючи знайдені значення $\tau_1 = 5,6^\circ \text{C}$, $t_1 = -3,1^\circ \text{C}$ і $\tau_2 = -13,1^\circ \text{C}$ в рівняння (4.3), знаходимо теплову потужність:

$$Q_{\text{п}} = 3412 + 41 \cdot 5,6 + 43894 + 120498 - 6025 \cdot 5,6 + 78636 = 212930 \text{ Вт}.$$

Похибку розрахунків перевіримо за формулою (4.1)

$$Q_{\text{п}} = 3412 + 41 \cdot 5,6 + 6185(5,6 + 13,1) + 1872 \cdot 1,44 \sqrt[3]{8,7 \cdot 8,7} + 365 + 666 \cdot 5,6 + 200 \times \\ \times 1,44 \sqrt[3]{5,6 + 3,1} \cdot 8,7 = 177155 \text{ Вт}$$

Похибка виконаних розрахунків:

$$\delta = \frac{212930 - 177155}{177155} \cdot 100 \approx 20\%.$$

Для наших розрахунків цю похибку можна визнати задовільною.

Визначаємо коефіцієнт тепловтрат ($\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$) для плівкової теплиці за формулою (2.30) (див. розділ 2):

$$k_0^{\text{ст}} = \left[\frac{Q_{\text{п}} + Q_{\text{ш}}}{(1 + \gamma_{t_{\text{н}}}) - \gamma_{t_{\text{р}}}} (t_{\text{р}} - t_{\text{н}}) - \frac{F_0}{R_0^{\text{сп}}} \right] \frac{1}{F_2} = \left[\frac{212930}{(1 + 1,368 - 1,261)(7 + 15)} - \frac{1440}{10,53} \right] \frac{1}{1998} \approx 4,3$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 64 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.004 ДП | | | | | |

З виразу (2.31) (див. розділ2):

$$k_{0}^{нл} = 1,1 k_{0}^{ст} = 1,1 \cdot 4,3 = 4,73$$

З виразу (2.32) (див. розділ2):

$$Q_{п} = (k_{0}^{нл} F_{2} + \frac{F_{0}}{R_{0}^{сп}}) (t_{п} - t_{н}) [1 + 0,8 (\gamma_{тн} - \gamma_{тп})] = (4,73 \cdot 1998 + \frac{1440}{10,53}) (7 + 5) (1 + 0,8 \times 0,109) = 229920.$$

Питома встановлена потужність ґрунтового електронагрівального пристрою при зонному обігріві згідно з розрахунками складе:

$$q_{п} = \frac{229920}{1440} = 159,7 \approx 160 \text{ Вт/м}^2.$$

Для плівкової теплиці без зонного укриття аналогічні температурні режими ($t_{п} = -7^{\circ}\text{C}$ і $t_{0} = 20^{\circ}\text{C}$ при $t_{н} = -15^{\circ}\text{C}$) Забезпечувалися при $q_{п} = 236 \text{ Вт/м}^2$. Отже, застосування зонного обігріву дозволить зменшити встановлену теплову потужність на

$$\Delta q_{п} = \frac{236 - 160}{236} \cdot 100 = 32\%.$$

4.2 Модернізація системи електрифікації теплиць

Конструкція представляє собою теплицю, з розташованим під заксленим дахом геліокотлом, що забезпечує можливість регулювання температури всередині приміщення.

Конструкція геліокотла (рис. 4.2) представляє собою теплоізоляційну камеру, орієнтовану на південь, з метою захоплення максимуму енергії Сонця. Нагрівальні елементи складаються з розташованих на передній стінці ємності системи жалюзі, пофарбований з одного боку в чорний, а з іншого боку - в білий колір. Над системою жалюзі (поглинальна поверхню) вмонтована рама зі склом. При високій температурі всередині теплиці жалюзі розгортають за допомогою

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.004 ДП | Арк. |
| | | | | | | 65 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

автоматичного електромагніту білою стороною до Сонця, що призводить до зниження температури і відбиванню сонячної радіації від поверхні теплиці, а при низькій температурі, навпаки, відбувається поглинання сонячної радіації зворотною (чорною) стороною жалюзі, що призводить до підвищення температури. Примусова циркуляція повітря забезпечується електричними вентиляторами. Повітряний зазор між скляними панелями становить 10-15 см при двошаровій системі.

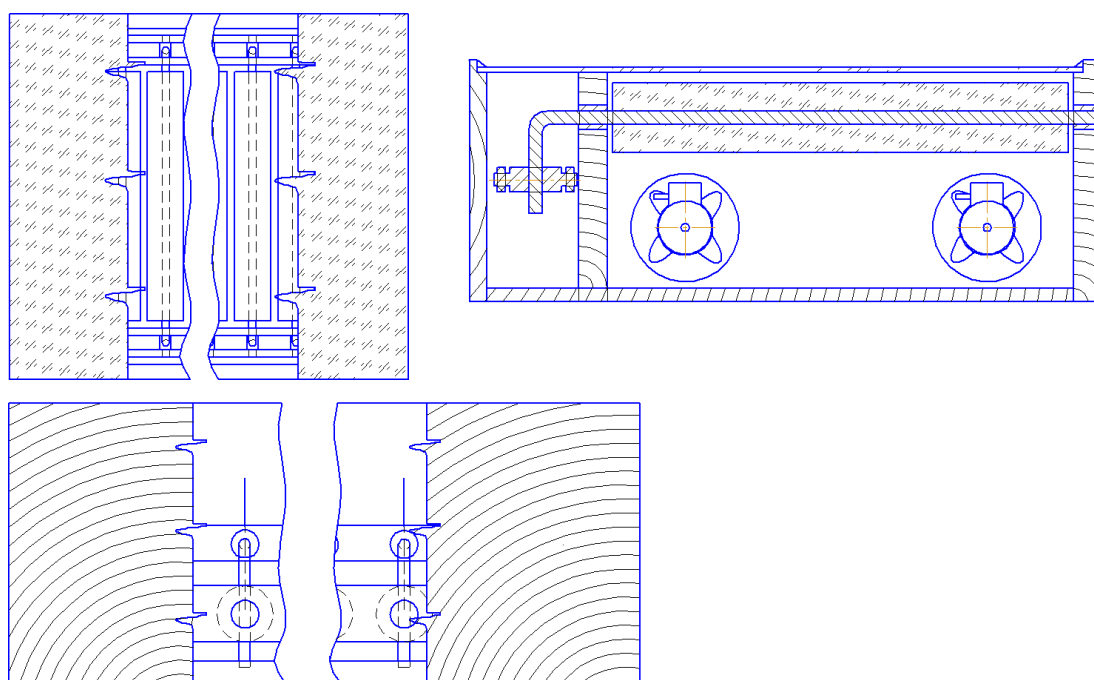


Рисунок 4.2 - Геліокотел

Робота системи жалюзі діє від електромагнітів, які спрацьовують від схеми автоматичного управління температурним режимом теплиці.

Плоска установка, крім прямої сонячної радіації, сприймає і розсіяну радіацію в похмуру погоду, при легкій хмарності.

4.3 Розрахунок теплового балансу геліоустановки теплиці

На основі аналізу теплового балансу геліоустановки, обчислюємо середню температуру повітря t_{f1} в теплиці в залежності від середньої зовнішньої температури t_{f2} .

Розрахункова формула для визначення середньої температури повітря в

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 66 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

теплиці в холодну пору року буде наступною [29]:

$$t_{f1} = \frac{E_0 \cdot F_1 \cdot D_c \cdot A_k \cdot J}{C_b \cdot T_b \cdot C \cdot T + K \cdot Y_1 \cdot Y_2 \cdot F_2 \cdot J} + \frac{t_{f2}}{2} \quad (4.5)$$

де E_0 - кількість сонячної енергії, що надходить на приймач, ккал / м²·год;

D_c - коефіцієнт пропускання сонячної радіації склом;

A_k - коефіцієнт поглинання сонячної радіації зачорненням металом;

T_b, T_k, T - відповідно маси повітря, рослин і алюмінію, кг;

C_b, C_k, C - відповідно коефіцієнти теплоємності повітря, рослин і металу (алюмінію), ккал / м²·град²;

K - середній коефіцієнт теплопередачі огорожувальних частин установки, ккал/м²·град;

Y_1 - коефіцієнт огорожі;

Y_2 - коефіцієнт, що враховує витрати тепла, обумовлені повітрообміном;

F_2 - загальна площа теплиці, м² (1440 м² - 60х24);

F_1 - площа жалюзі, м²

J - тривалість сонячного дня, год;

t_{f1}, t_{f2} - температура внутрішнього і зовнішнього повітря, °С.

Результати знайдених значень t_{f1} залежно від t_{f2} і умов проведення досліду, показані на графіку (рис. 4.1).

Вихідні параметри для розрахунку приймаємо наступні:

$E_0 = 500-540$ ккал/м²·град (Західна Україна - $E_0 = 650-700$ ккал/м²·град);

$D_c = 0,88$; $A_k = 0,92$; $C_b = 0,25$ ккал/кг·град;

$C = 0,5$ ккал/кг·град; $C_k = 0,21$ ккал/кг·град;

$K = 5$ ккал/ м²·год·град; $Y_1 = 1,5$; $Y_2 = 1,25$;

$J = 8$ год; $T_b = 156$ кг; $T_k = 500$ кг;

$T = 345$ кг; $F_1 = 134$ м²; $F_2 = 1440$ м².

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.004 ДП | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$t_{f1} = \frac{E_0 \cdot F_1 \cdot D_c \cdot A_k \cdot I}{C_b \cdot T_b \cdot C \cdot T + C_k \cdot T_k + K \cdot Y_1 \cdot Y_2 \cdot F_2 \cdot J} + \frac{t_{f2}}{2} = \frac{500 \cdot 134 \cdot 0.88 \cdot 0.92 \cdot 8}{0.25 \cdot 156 \cdot 0.5 \cdot 345 + 0.21 \cdot 500 + 5 \cdot 1.5 \cdot 1.25 \cdot 1440 \cdot 8} + \frac{5}{2} = 6,2^{\circ}\text{C},$$

де t_{f1} - фактично величина додавання температури за рахунок використання геліоефекту з чорною стороною жалюзі.

Навіть при зниженні зовнішньої температури до 5-7 °С всередині теплиці можна отримати температуру на 6-8°С вище, ніж зовні при розрахунковій площі жалюзі до 9,3% по відношенню до загальної площі скла теплиці.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.004 ДП | Арк. |
| | | | | | | 68 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

5.1 Розрахунок системи кондиціювання

Виконаємо розрахунок кондиціювання [22]. Для визначення основних елементів системи кондиціювання визначаємо повітрообмін L_{BO} , необхідний для видалення зайвої вологи з приміщення теплиці за формулою:

$$L_{BO} = \frac{\Sigma W}{q_1 \cdot \phi_{\text{в}} - q_2 \cdot \phi_{\text{н}}}, \quad (5.1)$$

де, ΣW - сумарна кількість вологи, що виділяється з вологоємних місць (змішувач і ін.):

$$\Sigma W = 2520 \text{ г/год} = \sqrt{0,03} \text{ м}^3/\text{год}.$$

Виходячи із загальної площі цеху (1440 м^2) і середньозваженого вологовиділення з 1 м^2 площі 50 г/год :

q_1 - вологість зовнішнього повітря;

$$q_2 = 3,1 \text{ г/м}^3;$$

$\phi_{\text{в}}, \phi_{\text{н}}$ - відносна вологість внутрішнього і зовнішнього повітря, відповідно, $\phi_{\text{в}} = 75\%, \phi_{\text{н}} = 40\%$.

$$L_{BO} = \frac{2520}{12,9 \cdot 0,75 - 3,1 \cdot 0,4} = 298,76 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повний об'єм цеху дорівнює $V_{\text{пол}} = 1440 \text{ м}^3$.

Мінімально допустиму кратність повітрообміну $R_{\text{в}}$ визначаємо з відношення:

$$R_{\text{в}} = \frac{L_{BO}}{V_{\text{пол}}}. \quad (5.2)$$

$$R_{\text{в}} = \frac{298,76}{1440} = 0,2 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахунковий об'єм кондиціювання з урахуванням втрат повітря в системі приймаємо за співвідношенням:

$$Q_p = k_3 \cdot L_{BO}, \quad (5.3)$$

де k_3 - коефіцієнт запасу системи кондиціювання, $k_3 = 1,5$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.005 ДП | Арк. |
| | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$Q_p = 1,5 \cdot 298,76 = 448,14 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідна годинна кратність повітрообміну, k_z , год⁻¹, складе:

$$k_z = \frac{Q_p}{V_{\text{пол}}} \quad (5.4)$$

Приймаємо $k_z = 3$ год⁻¹.

$$k_z = \frac{448,14}{1440} = 0,31 \text{ год}^{-1}.$$

Так як $k_z = 3 \div 5$, то приймаємо приточно-витяжну систему кондиціювання. Визначаємо подачу витяжних вентиляторів за формулою:

$$Q_{\text{внт}} = (2 \div 3) \cdot L_{\text{в.о.}}, \quad (5.5)$$

де $2 \div 3$ - коефіцієнт запасу, що дозволяє регулювати параметри мікроклімату.

$$Q_{\text{внт}} = 2,5 \cdot 298,76 = 746,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Подачу вентиляторів приймаємо на 20÷25% менше подачі витяжних вентиляторів, тобто:

$$Q_{\text{пр}} = 746,9 - (746,9 \cdot 0,25) = 560,175 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Число вентиляторів знаходимо за формулою:

$$n = \frac{Q}{q} \quad (5.6)$$

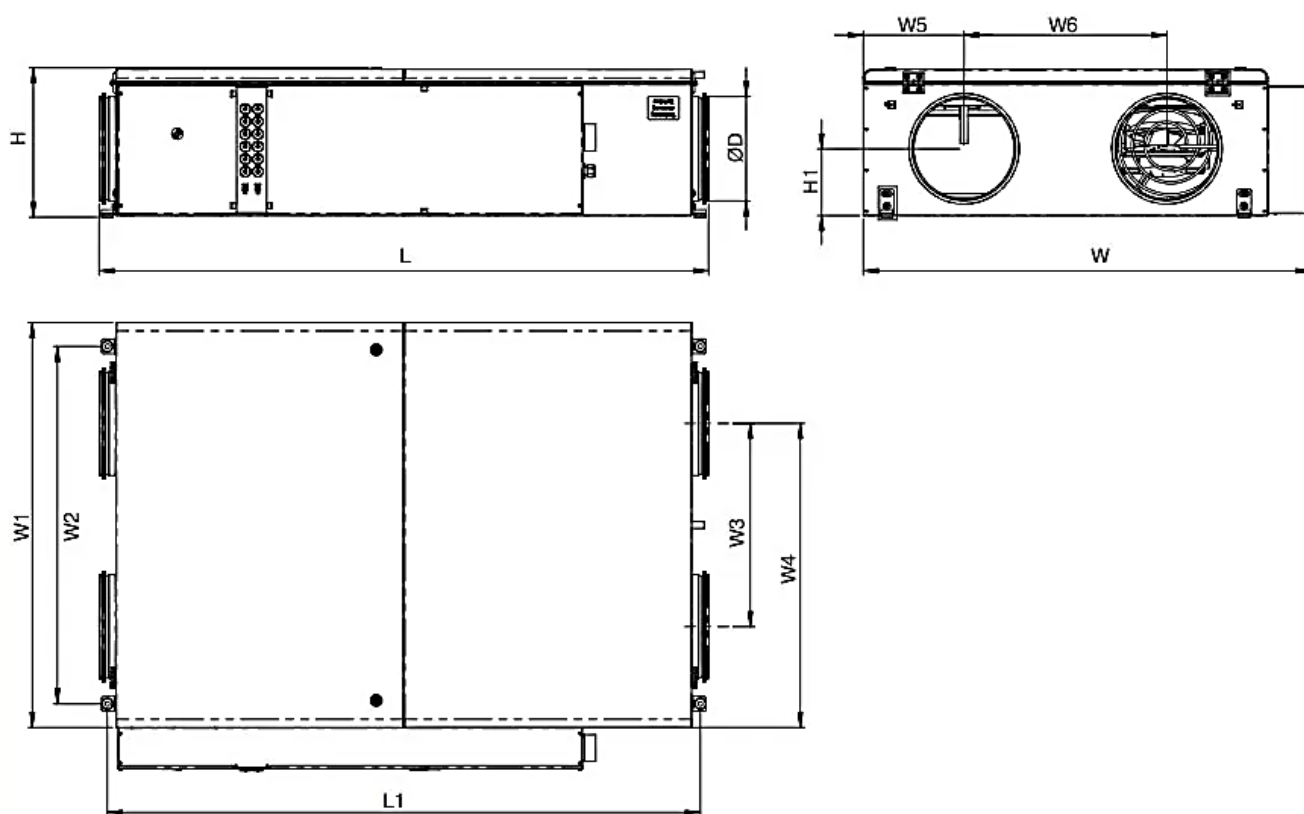
де q - подача припливного або витяжного вентилятора, м³/год.

Використовуючи результати отриманих розрахунків, виконаємо підбір припливно-витяжної установки (ПВУ) з рекуперацією тепла *Lessar LV-PACU 700 PW-V4-ECO*, керування якою буде здійснюватися за допомогою розробленої системи автоматичного управління [18].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.005 ДП | Арк. |
| | | | | | | 70 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

6. АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТЕПЛИЦІ

На рис. 6.1 показана схема припливно-витяжної установки (ПВУ) з рекуперацією тепла *Lessar LV-PACU 700 PW-V4-ECO*, яка забезпечує можливість в ручному режимі кондиціювання та обігріву що надходить зовнішнього повітря як за рахунок електронагрівальних елементів (ТЕН), так і при частковій рециркуляції повітря, що відводиться з вентилязованого приміщення.



| Тип вентустановки | Розміри, мм | | | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------|------|-----|-----|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| | L | L1 | H | H1 | W | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | W6 | ØD |
| LV-PACU 700 P-V4-ECO | 1461 | 1422 | 358 | 160 | 1074 | 970 | 856,6 | 486,6 | 728,3 | 241,7 | 486,6 | 250 |

Рисунок 6.1 – Припливно-витяжна установка

Lessar LV-PACU 700 PW-V4-ECO

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | БКВ 04.023.006 ДП | | | | | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | 71 |

При розміщенні вентиляторів в витяжних шахтах свіже повітря зазвичай подається без його попереднього підігріву. Якщо вентилятори монтують в припливних каналах, зручно попередньо нагрівати повітря для приміщень, в яких недостатньо теплоти. Такі установки отримали назву вентиляційно-калориферних.

Шахта установки типу ПВУ складається з секцій двох концентричних труб, що утворюють припливний і витяжний повітроводи. Вентилятор, розташований в вентиляторній секції, має колесо з двома рядами лопатей. Зовнішні лопаті колеса засмоктують повітря в приміщення, лопаті внутрішньої частини викидають його з приміщення по центральній трубі. Викид регулюється заслінками 5, за допомогою яких частина повітря приміщення спрямовується в потік свіжого повітря і кілька обігріває його. У комплект ПВУ входять 6 шахт з силовим блоком і пультом централізованого управління роботою припливно-витяжних установок.

Припливно-витяжні установки можна застосувати для кондиціонування тепличних приміщень і забезпечити автоматичну підтримку заданої температури повітря в приміщенні і регулювання повітрообміну в залежності від зовнішньої і внутрішньої температури.

Без організації системи кондиціонування потрібного мікроклімату в теплиці домогтися неможливо. В теплицях можна застосовувати як природну вентиляцію, так і примусову. Для природної кондиціонування не потрібно якихось особливих зусиль. Способів її застосування є декілька. Мається на увазі провітрювання за допомогою кватирок і дверей, а також плівковими шторами і вентиляційними трубами. А ось для примусової кондиціонування знадобиться система автоматичного управління, яка буде ефективно переміщати повітря в теплиці.

Тому в дипломній роботі виконаємо модернізацію приточно-витяжної установки, представленої на рис. 6.1, впровадивши в її роботу систему автоматичного управління.

На рис. 6.2 представлена розроблена електрична схема автоматичного управління вентиляцією в приміщенні теплиці.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 72 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

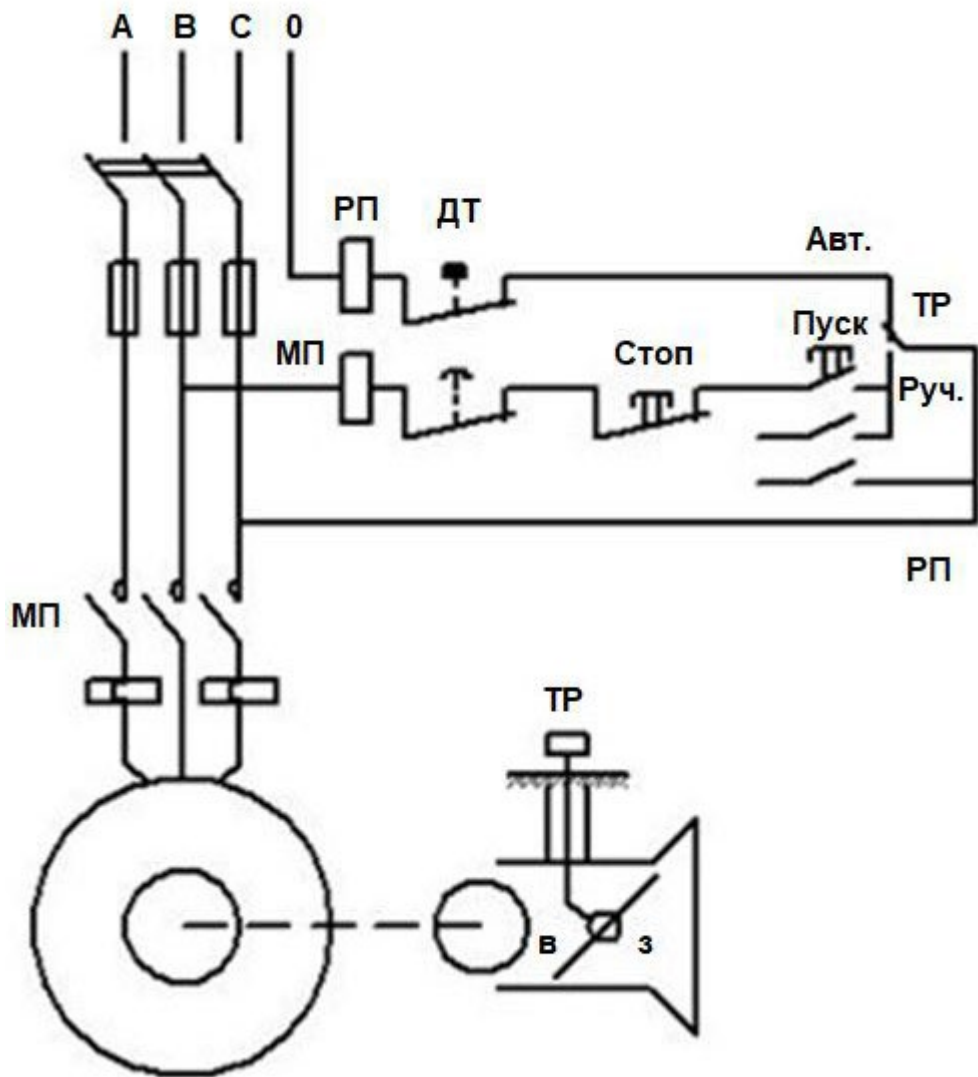


Рисунок 6.2 – Схема автоматизації управління кондиціонуванням в теплиці: ДТ – давач температури; ТР – температурне реле; В - вентилятор; З – засувка

Принцип її роботи полягає в наступному. Вентилятор **В** монтуємо в головному приточному каналі (повітроводі), в якому знаходиться заслінка **З**. У приміщенні теплиці знаходиться термореле **ТР**, яке в залежності від температури повітря управляє заслінкою **З**, відкриваючи або закриваючи її. В результаті цього змінюється надходження зовнішнього повітря в приміщення. Коли електродвигун працює в автоматичному режимі, то включенням і відключенням вентиляторів керує давач **ДТ**. При замиканні контактів давача отримує живлення котушка **РТ**, контакти якої замикаються. Після чого заживлюється котушка **МП**

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 73 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.006 ДП | | | | |

і вмикається магнітний пускач **МП**, який в свою чергу вмикає електродвигун. Як тільки температура повітря в приміщенні досягне того найнижчого значення, яке вважається допустимим, давач **ДТ** розімкне коло котушки **РП**, після чого контакти її також розімкнуться, знеструмиться котушка **МП** магнітного пускача, і останній відключить електродвигун вентилятора. Приплив зовнішнього повітря припиниться. Основні розрахунками системи кондиціювання приведені в попередньому пункті роботи. Основними параметрами вентиляторів вважають їх продуктивність і повний тиск. При визначенні потужності електродвигуна продуктивність вентилятора вибирають з урахуванням втрат або підсосів в повітроводах. Крім того, цю розрахункову кількість повітря збільшують на 10%, коли передбачається застосувати пластмасові, металеві і азбестоцементні трубчасті повітроводи довжиною до 50 м. У всіх інших випадках розрахункову продуктивність вентилятора підвищують на 10%.

Автоматичне і ручне дистанційне керування електрокалориферною системою, а також захист від аварійних режимів і світлова сигналізація передбачені в розробленій електричній схемі, приведеній на рис. 6.3.

Щоб здійснити автоматичне керування калорифером, треба перемикач встановити в верхнє положення (рис. 6.2), після чого напруга заживить котушку **К2** і електродвигун вентилятора включиться. Якщо в цей час контакти давачів температури замкнуті і, отже, температура в приміщенні, що обігрівається, нижче необхідної, то напруга буде підведено до котушки **Р2**. Як тільки замкнуться контакти реле потоку повітря **Р3** котушки **К1** ввімкнеться калорифер, а заслінка буде встановлена електродвигуном приводу на найменшу подачу повітря. Якщо контакти давача **ДТ2** замкнуться, що вказує на те, що температура повітря на виході з калорифера перевищує задану, ввімкнеться електродвигун приводу заслінки і поверне заслінку жалюзі в положення, при якому збільшиться подача повітря. Після того як в приміщенні теплиці температура повітря стане нормальною, коло котушки **К1** під дією контактів давача розімкнеться, і калорифер буде відімкнений від мережі.

При різкому зменшенні потоку повітря реле **Р3** відключає калорифер.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 74 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.006 ДП | | | | |

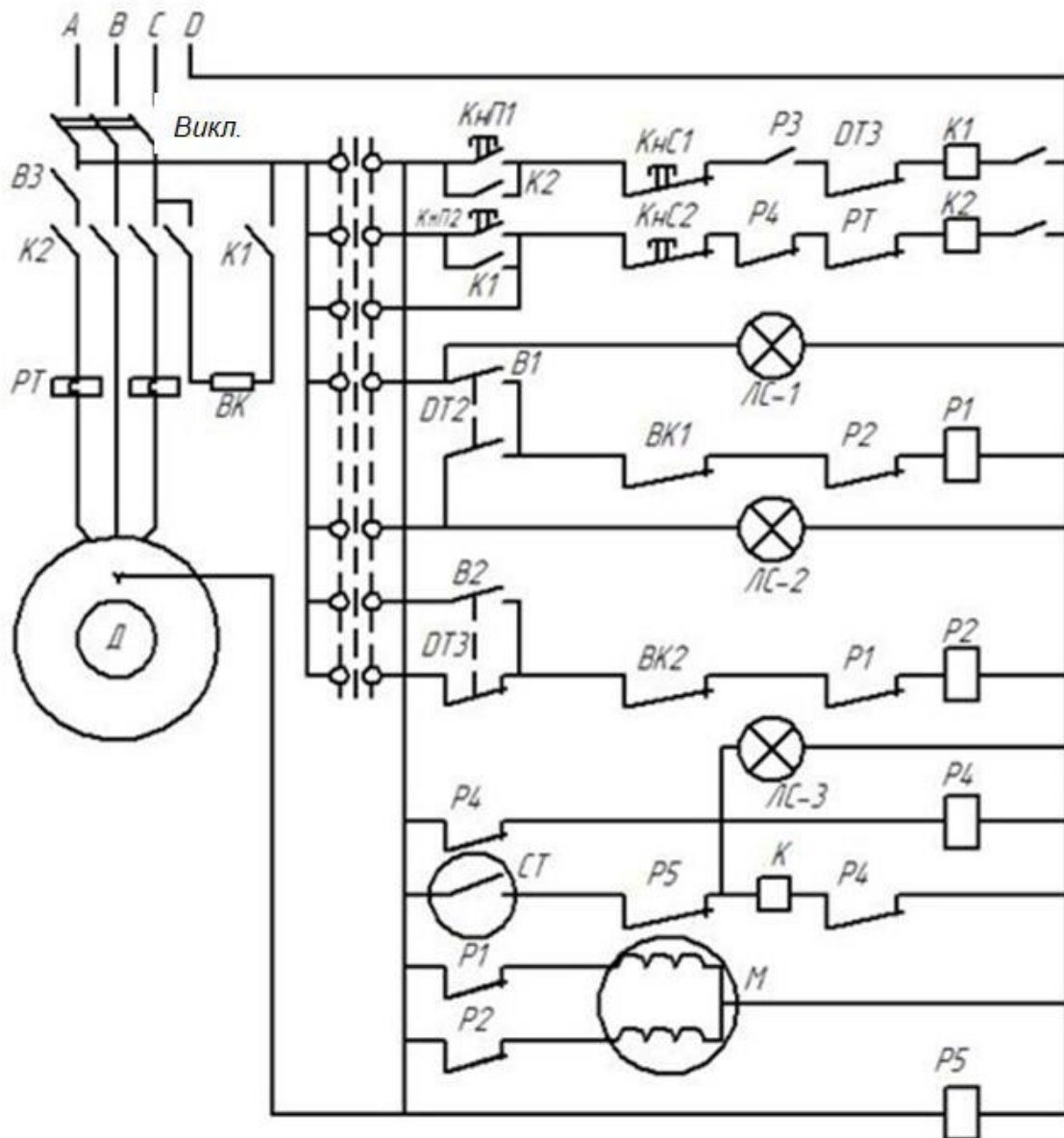


Рисунок 6.3 – Електрична схема управління калориферною системою: *KnП1 і KnП2 – кнопки; В1-В3 – тумблери; ВК1 і ВК2 – кінцеві вимикачі; ДТ2 і ДТ3 – давачі температури; СТ – стартер; P4 – аварійне реле; KnС – кнопка зняття напруги; P – реле; ЛС – лампа сигнальна*

Як тільки відбудеться обрив фази, під напругою не симетрії виявиться реле обриву фаз **P5**, контакти якого поставлять під напругу стартер **СТ**. Котушка аварійного реле **P4** буде під повним напругою мережі після того, як закінчиться задана витримка часу. Остання залежить від тривалості розігрівання електродів стартера **СТ** і опору **К**. Котушка аварійного реле відключить від мережі електродвигун вентилятора і калорифер. Одночасно загориться сигнальна лампа

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 75 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.006 ДП | | | | |

ЛСЗ. Лише після усунення несправності і зняття напруги з котушки **Р4** за допомогою кнопки **КнС1** можливе повторне включення калорифера.

Ручне управління електрокалорифером здійснюється тоді, коли універсальний перемикач встановлений в нижнє положення (рис. 5.2). Потім кнопками **КнП1** і **КнП2** і тумблерами **В1** і **В2** включають електродвигун вентилятора, калорифер і привід заслінки.

6.2 Розрахунок та вибір системи поливу

Відповідно до «*Норм технологічного проектування теплиць і тепличних комбінатів*» інтенсивність поливу ґрунту в теплиці дощуванням повинна бути не більше 1 л на 1 м² в хвилину.

Необхідно, щоб температура поливальної води дорівнювала 22-25⁰С, витрати води-10 л/м². Тривалість поливу не повинна перевищувати 4 годин на добу [8]. При використанні проточних електричних водонагрівачів їх потужність (кВт) розраховують за формулою:

$$P = \frac{Q}{3600} = \frac{kGc(t_k - t_n)}{\eta \Phi 3600} \quad (6.1)$$

де Q - кількість тепла, потрібного для нагрівання поливальної води, кДж/год;

Φ - час нагрівання, год;

3600 - термічний еквівалент, кДж/(кВт·год);

k - 1,1-1,2 коефіцієнт запасу;

G - маса води, що підлягає нагріванню протягом години, кг;

c - питома теплоємність води, $c = 4,19$ кДж/(кг·°С);

t_k і t_n - температура нагрівання води кінцева і початкова, °С;

η - ККД водонагрівача.

Визначити встановлену потужність проточного електроводонагрівача для нагрівання води від $t_n = 4$ °С до $t_k = 25$ °С для поливу розсади в теплиці площею $F_0 = 1440$ м² при $\eta = 0,98$ за год, рівна 2 години.

Витрата води через проточний водонагрівач при нормі 10 л/м² протягом 1 години буде рівна:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.006 ДП | Арк. |
| | | | | | | 76 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$G = \frac{\gamma \cdot 10 \cdot 1440}{2} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 1440}{2} = 7200 \text{ л.}$$

Кількість тепла, що потрібне для нагрівання протягом години 7200 л води з урахуванням втрат у навколишнє середовище:

$$Q = \frac{1,2 \cdot 7200 \cdot 4,19(25-4)}{0,98 \cdot 1} = 775748,5 \text{ кДж/год.}$$

Встановлена потужність проточного електроводонагрівача:

$$P = \frac{775748,5}{3600} = 215 \text{ кВт.}$$

Цю величину можна розглядати, як сумарну потужність окремих проточних водонагрівачів, встановлених в теплиці.

Проблема реалізації системи поливу в різних сільськогосподарських сферах частково вирішена різними видами систем поливу. Всі ці системи розраховані на обробку великих посадочних площ. Але реалізації систем поливу на малих площах, таких як теплиці, приділяється недостатньо уваги. Найчастіше, це трудомісткий і тривалий процес з великою нераціональною витратою води. Для розгляду даної проблеми ми умовно виділимо два напрямки [2]:

1. Оптимізація витрат водних ресурсів при поливі;
2. Автоматизація самого процесу поливу, для виключення ручної праці і скорочення часу поливу.

Проектуючи системи автоматичного поливу необхідно пам'ятати про те, що часте і рясне зрошення ґрунту може привести до згубних для рослин змін ґрунту. Необхідно проектувати системи поливу, враховуючи цю обставину.

У процесі всебічного вивчення проблеми, ми розглянули системи поливу великих площ, як найбільш поширених і розглянули їх стосовно до поливу на малих площах, зокрема в теплицях.

Полив малих площ може використовувати всі ті ж технології поливу, що і розглянуті нами раніше системи поливу великих площ. В процесі розгляду систем поливу ми з'ясували, що системи крапельного поливу є найбільш перспективним напрямком. На такій системі поливу ми і будемо розробляти нашу систему. До того ж, розробляючи системи крапельного поливу на малих площах, ми

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.006 ДП | Арк. |
| | | | | | | 77 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

можемо згодом збільшити масштаби системи, і перейти до системи крапельного поливу для великих площ.

Так як ми проектуємо систему крапельного поливу для теплиці, розглянемо можливі варіанти систем крапельного поливу, пропонованих на ринку.

На даний час існує дві різних системи крапельного поливу:

1. Трубопровід зі спеціальними отворами або «крапельниці», являють собою шланг (трубопровід) зі спеціальної гуми, прокладений по рядах з рослинними культурами. В необхідних місцях, зазвичай навпроти стебла рослини, зроблено отвір, через яке поступово витікає вода невеликими крапельками, зволожуючи ґрунт під рослиною.

2. Системи з інжекторами, які являють собою трубки малого діаметру з інжекторами на кінці. Інжектор є мініатюрним розпилювачем з можливістю регулювання кількості води, що подається.

Порівнюючи ці дві системи можна знайти багато нюансів. Результат порівняння наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Порівняльна характеристика систем поливу

| № | Критерій | Система крапельного поливу типу «крапельниця» | Система крапельного поливу з інжекторами |
|---|---|---|--|
| 1 | Зручність розгортання системи | Проста прокладка трубопроводу по грядках з рослинами. Простий спосіб проколювання отворів-крапельниць | Трохи більша витрата трубопроводу (шлангу), пов'язаний з обов'язковим відведенням шлангу з інжектором під кожен куш. |
| 2 | Зручність переконафігурації системи під нові вимоги | Необхідно перебудувати систему заново. У разі зміни відстані між рослинами, необхідно заново прокласти трубопровід і проробляти отвори під крапельницю. | Будь-яка зміна конфігурації не представляє складності, так як подовжити трубопровід можна за допомогою перехідників, зробити додаткові відводи можна за допомогою спеціальних трійників. |
| 3 | Регулювання об'єму води, що подається, для поливу або припинення подачі води для конкретної рослини | Такої можливості немає. | Інжектори становлять основу з дахівкою, в якій пророблені отвори. Кришка обертається відносно основи, що дає можливість збільшувати або зменшувати (аж до повного зупинення) обсяг рідини, що подається. |

7 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

7.1 Техніко-економічне обґрунтування проекту

Економічну ефективність характеризують такі показники:

- зниження витрат на традиційні теплоносії;
- підвищення продуктивності праці;
- використання корисної площі покриття теплиці на геліокотел;
- час окупності капіталовкладень;
- річний економічний ефект.

Основні капіталовкладення теплиці складаються з капіталовкладень на спорудження, будови та обладнання:

$$K = C_{\bar{o}} + B, \quad (7.1)$$

де $C_{\bar{o}}$ - вартість спорудження і споруд, грн.;

B – балансова вартість устаткування, грн.

З урахуванням транспортування та монтажу визначаємо балансову вартість споруд і будівель за формулою:

$$C_{\bar{o}} = V_{\bar{o}} K_v, \quad (7.2)$$

де $V_{\bar{o}}$ – об'єм приміщення базової теплиці, $V_{\bar{o}} = 2160 \text{ м}^3$;

V_c - об'єм існуючої теплиці, $V_c = 2160 \text{ м}^3$;

K_v - вартість 1 м^3 приміщення теплиці, $K_v = 50$ грн.

Для проектованої теплиці:

$$C_{np.} = 2160 \cdot 50 = 108\,000 \text{ грн.}$$

Для існуючої теплиці:

$$C_{icn.} = 2160 \cdot 50 = 108\,000 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.007 ДП | Арк. |
| | | | | | | 79 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Балансову вартість геліокотла визначаємо за формулою:

$$B = K C, \quad (7.3)$$

де K - коефіцієнт, який враховує витрати на транспортування і монтаж обладнання, $K= 1,2$;

C - прејскурантна ціна геліокотла, грн.

$$B = 1,2 \cdot 55480 = 66576 \text{ грн.}$$

Ціни на комплектуючі геліокотла вносимо в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Ціни на комплектуючі геліокотла

| Найменування | Одиниця виміру | Ціна, грн. |
|--------------------------|----------------|------------|
| ДСП 2x1,5x0,02 | м | 8400 |
| Дерев'яний брус 10x10 | м | 21760 |
| Труба алюмінієва d10 | м | 720 |
| Скло | м ² | 15360 |
| Прокат алюмінієвий 2x1,5 | м ² | 7200 |
| Електроventильатор ПВУ | шт. | 420 |
| Втулка d15 | шт. | 1620 |
| Разом | | 55480 |

Капіталовкладення для проектованої теплиці:

$$K_n = C_{np.} + B. \quad (7.4)$$

$$K_n = 108000 + 66576 = 174576 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.007 ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 80 |

7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати складаються з оплати праці, амортизаційних відрахувань, відрахувань на поточний ремонт, витрат на електроенергію та ін.

Річна програма теплиці розраховується за формулою:

$$P_k = T \cdot Q \cdot t, \quad (7.5)$$

де T - число днів роботи теплиці в році, $T = 240$ днів;

Q - продуктивність теплиці, $Q_{існ.} = 4$ т/міс; $Q_{пр} = 4,5$ т/міс;

t - час роботи теплиці в день, $t_{існ.} = 7$ год.; $t_{пр} = 7$ год.

Для існуючої теплиці річна програма складає:

$$P_{існ.} = 240 \cdot 4 \cdot 7 = 6720 \text{ т.}$$

Для проектованої теплиці річна програма складає:

$$P_{пр.} = 240 \cdot 4,5 \cdot 7 = 7560 \text{ т.}$$

7.3 Розрахунок заробітної плати і амортизаційних відрахувань

Витрати на оплату праці з урахуванням відпусток та перерахунків визначають формулою:

$$Z_{он} = [(T \cdot 3,2 \cdot m_1 \cdot t_1) + (T \cdot 2,8 \cdot m_2 \cdot t_2)] \cdot 1,9 \quad (7.6)$$

де T - число днів роботи теплиці;

3,2; 2,8 - годинні тарифні ставки оператора і працівника в годину;

m_1, m_2 - число операторів і працівників; в проектованій теплиці безпосередньо (не включаючи прибирання, посадку і доставку добрив) працює 2 людини; в існуючій - 4 людини за рахунок переважання ручної праці

1,9 - коефіцієнт, що враховує нарахування.

Фонд оплати праці в існуючій теплиці:

$$Z_{он.існ.} = [(240 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 8) + (240 \cdot 2,8 \cdot 2 \cdot 8)] \cdot 1,9 = 43776 \text{ грн.}$$

Фонд оплати праці в проектованій теплиці;

$$Z_{он.пр.} = [(240 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 8) + (240 \cdot 2,8 \cdot 1 \cdot 8)] \cdot 1,9 = 33561 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.007 ДП | Арк. |
| | | | | | | 81 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Амортизаційні відрахування теплиці складаються з амортизаційних відрахувань будівлі, машин, обладнання:

$$A = \frac{B \cdot K_a}{100}, \quad (7.7)$$

де B - балансова вартість основних фондів, грн.;

K_a - коефіцієнт щорічних амортизаційних відрахувань, %.

Відрахування на амортизацію споруд:

- для існуючої теплиці:

$$Z_{ам.існ.} = \frac{113817 \cdot 3,1}{100} = 3528 \text{ грн.}$$

- для проектованої теплиці:

$$Z_{ам.пр.} = 3348 \text{ грн.}$$

Відрахування на амортизацію обладнання:

-для проектованої теплиці:

$$Z_{ам.пр.} = \frac{66576 \cdot 12}{100} = 7989 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточний ремонт споруд становить 3% від первісної вартості:

- для існуючої теплиці:

$$Z_{п.існ.} = \frac{113817 \cdot 3}{100} = 3414 \text{ грн.}$$

- для проектованої теплиці:

$$Z_{п.пр.} = \frac{108000 \cdot 3}{100} = 3240 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.007 ДП | Арк. |
| | | | | | | 82 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Витрати на електроенергію розраховуються за формулою:

$$Z_e = 240 \cdot N \cdot 7,1 \quad (7.8)$$

де N - добові витрати на електроенергію, кВт·год;

7,1 - ціна електроенергії, грн/кВтгод;

240 - кількість днів роботи теплиці.

$$Z_{e.np} = 240 \cdot 188,5 \cdot 7,1 = 321204 \text{ грн.}$$

$$Z_{e.исн.} = 240 \cdot 193 \cdot 7,1 = 328872 \text{ грн.}$$

Загальна сума експлуатаційних витрат складе:

$$Z_{екс} = Z_{оп} + Z_{ам.с} + Z_{т.р.} + Z_e, \quad (7.9)$$

$$Z_{екс. исн.} = 43773 + 3528 + 3414 + 321204 = 371919 \text{ грн.}$$

$$Z_{екс. np.} = 33561 + 3348 + 3240 + 328872 = 369021 \text{ грн.}$$

7.4 Розрахунок експлуатаційних витрат та економічного ефекту

Експлуатаційні витрати на вирощування розсади в теплиці визначають за формулою:

$$C_k = \frac{Z_e}{P_k}, \quad (7.10)$$

де P_k - річна програма продуктивності теплиці, грн.

Експлуатаційні витрати на продуктивність теплиці складуть:

- в існуючій теплиці:

$$C_{н.исн.} = \frac{371919}{6720} = 55,3 \text{ грн./т.}$$

- в проектованій теплиці:

$$C_{н.пр.} = \frac{369021}{7560} = 48,8 \text{ грн./т.}$$

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 83 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | БКВ 04.023.007 ДП | | | | |

Річна економія експлуатаційних витрат:

$$E = (C_{н.існ.} - C_{н.пр.}) \cdot P_{кп} \quad (7.11)$$

$$E = (55,3 - 48,8) \cdot 7560 = 49140 \text{ грн.}$$

Витрати праці на приготування 1 т розсади можна визначити за формулою:

$$Z_m = \frac{q_m}{a_m}, \quad (7.12)$$

де q_m - добові витрати праці в теплиці, *люд·год*;

a_m - добова продуктивність теплиці .

Добові витрати праці:

- в існуючій теплиці: $q_{m \text{ існ.}} = 4 \cdot 8 = 32 \text{ люд·год}$;

- в проектованій теплиці: $q_{m \text{ пр.}} = 3 \cdot 8 = 24 \text{ люд·год}$.

Витрати праці на виробництво:

- в існуючій теплиці:

$$Z_{m \text{ існ.}} = \frac{32}{48} = 0,67 \text{ люд·год /т};$$

- в проектованій теплиці:

$$Z_{m \text{ пр.}} = \frac{24}{55,2} = 0,43 \text{ люд·год /т.}$$

Таким чином, економія праці на приготування 1 т розсади складе:

$$m = Z_{m \text{ існ.}} - Z_{m \text{ пр.}} \quad (7.13)$$

$$m = 0,67 - 0,43 = 0,24 \text{ люд·год /т.}$$

Отже, економія праці в проектованій теплиці в порівнянні з існуючою становитиме:

$$E = m \cdot P_{к.пр} \quad (7.14)$$

$$E = 0,24 \cdot 7560 = 1814,4 \text{ люд·год.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.007 ДП | Арк. |
| | | | | | | 84 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Капіталовкладення на отримання 1 т розсади складе:

$$K_{к.в.} = \frac{K}{P_{к}}, \quad (7.15)$$

- для існуючої теплиці:

$$K_{к.в.існ.} = \frac{224124}{6720} = 33,4 \text{ грн/т};$$

- для проектованої теплиці:

$$K_{к.в.пр.} = \frac{215368}{7560} = 28,5 \text{ грн/т.}$$

Річні приведені витрати розраховуються за формулою:

$$P_{пр} = Z_{э} + K \cdot E_{н} \quad (7.16)$$

Для існуючої теплиці:

$$P_{пр.існ.} = 371919 + 224124 \cdot 0,2 = 416743,8 \text{ грн.}$$

Для проектованої теплиці:

$$P_{пр.пр.} = 369021 + 215368 \cdot 0,2 = 412094,6 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на вирощування 1 т розсади для:

- існуючої теплиці:

$$P_{існ.} = \frac{416743,8}{6720} = 62 \text{ грн.}$$

- для проектованої теплиці:

$$P_{пр.} = \frac{412094,6}{7560} = 54,5 \text{ грн.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.007 ДП | Арк. |
| | | | | | | 85 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_{річ} = [(C_{к існ} + K_{кв існ} \cdot 0,2) - (C_{к пр.} + K_{кв пр.} \cdot 0,2)] \cdot P_{к пр.}, \quad (7.17)$$

$$E_{річ.} = [(55,3 + 33,4 \cdot 0,2) - (48,8 + 28,5 \cdot 0,2)] \cdot 7560 = 56548,8 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень складе:

$$T_0 = \frac{K}{E_{річ}} \quad (7.18)$$

$$T_0 = \frac{174576}{56548,8} = 3,08 \text{ року}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 7.2.

Таблиця 7.2 - Економічна ефективність проекту

| Показники | Варіанти теплиць | |
|---|-------------------------|---------------------|
| | <i>Існуючий</i> | <i>Проектований</i> |
| Річна програма | 6720 | 7560 |
| Капіталовкладення: | | |
| - основні | 224124 | 215368 |
| - питомі | 33,4 | 28,5 |
| Витрати виробництва на 1 т розсади: | | |
| - праці, люд.-год; | 0,67 | 0,43 |
| - експлуатаційні, грн. | 55,3 | 48,8 |
| - наведені, грн. | 62 | 54,5 |
| Економія: | | |
| -Праці, люд.-год; | - | 1814,4 |
| -експлуатаційні витрат, грн. | - | 49140 |
| Термін окупності капітальних вкладень, років. | - | 3,1 |

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

На оператора комп'ютерної системи управління мікрокліматом в теплицях, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори як:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищена напруженість електричного поля;
- недостатня освітленість повітря робочої зони;
- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово - психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів).

Відповідно до визначених факторів складаємо рекомендації щодо покращення умов праці на робочому місці оператора комп'ютерної системи управління мікрокліматом в промислових теплицях.

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні оператора комп'ютерної системи управління температурно-вологісним режимом в промислових теплицях встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.008 ДП</i> | Арк. |
| Зм. | Лист | № докум. | Підп. | Дата | | 87 |

періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Допустимі параметри мікроклімату наведені в табл.8.1.

Таблиця 8.1 – Параметри мікроклімату

| Період року | Допустимі | | |
|-------------|-----------|------|---------|
| | t, °C | W, % | V, м/с |
| Теплий | 22-28 | 55 | 0,1-0,2 |
| Холодний | 21-25 | 75 | 0,1 |

Для підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему кондиціонування з регулюванням температури, систему опалення.

Робочою зоною вважається простір, який обмежений конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря та впливу на нього шкідливих виробничих факторів. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

В приміщенні, де здійснюється управління мікрокліматом в промислових теплицях, можливими шкідливими речовинами є фенол, озон та пил. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99 які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

| Назва речовини | ГДК, мг/м ³ | | Клас небезпечності |
|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------|
| | Максимально разова | Середньо добова | |
| Фенол | 0,01 | 0,01 | 3 |
| Пил нетоксичний | 0,5 | 0,15 | 4 |
| Озон | 0,16 | 0,03 | 4 |

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

| Рівні | Кількість іонів в 1 см ³ | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------|
| | n+ | n- |
| Мінімально необхідні | 400 | 600 |
| Оптимальні | 1500-3000 | 3000-5000 |
| Максимально необхідні | 50000 | 50000 |

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою регулярного провітрювання та системи кондиціонування.

На органах зору негативно позначається як недостатнє, так і надмірне освітлення.

Освітлення виробничих приміщень і робочих місць характеризується силою світла, яскравістю, світловим потоком, освітленістю.

Норми освітленості при штучному освітленні зазначені у таблиці 8.4:

Таблиця 8.4 – Норми освітленості в приміщенні

| Характеристика зорової роботи | Найменший розмір об'єкта розрізнення | Розряд зорової роботи | Підрозряд зорової роботи | Контраст об'єкта розрізнення з фоном | Характеристика фона | Освітленість, лк | | КПО, e_n , % | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------|--------------------|--------|
| | | | | | | Штучне освітлення | Природне освітлення | Сумісне освітлення | | Сумісне освітлення | |
| | | | | | | | | Комбінован | Природне | Верхнє | Бокове |
| Дуже високої точності | Від 0,15 до 0,3 | II | I | великий | світлий | 100 | 300 | 7 | 2,5 | 4,2 | 1,5 |

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Максимальне використання природного освітлення.
- 2) Очищення скла від бруду.
- 3) Штучне загальне освітлення здійснюється за допомогою ЛЕД.

Шум - форма фізичної дії середовища, що впливає на працездатність. Надмірний шум знижує продуктивність праці на 40 % і призводить до захворювання. Шум несприятливо діє на людину, особливо при тривалому впливі, і це впливає на розумову працездатність, підвищені втрати енергії (на 17 %), головний біль, безсоння.

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99. Рівень звукового тиску наведений в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Рівень звукового тиску

| Характер робіт | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах середньгеометричними частотами, Гц | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 32 | 63 | 125 | 250 | 300 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Постійні робочі місця в промислових | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 |

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

– безпосередньо біля джерел шуму використовувати звуко поглинаючі матеріали для покриття стелі та стін;

– для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

Живлення системи освітлення здійснюється від чотирипровідної трифазної мережі.

Категорія умов праці по електротравматизму – без підвищеної небезпеки, у зв'язку з відсутністю факторів підвищеної та особливої небезпеки.

Таблиця 8.6 Гранично допустимі значення напруги доторкання та сили струму, що проходить через тіло людини при нормальному режимі електроустановки

Таблиця 8.6 – Гранично допустимі значення напруги

| Вид струму | $U_{\text{доп}}$, В (не більше) | $I_{\text{л}}$, мА (не більше) |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Змінний, 50 Гц | 2 | 0,3 |
| Змінний, 400 Гц | 3 | 0,4 |
| Постійний | 8 | 1,0 |

При виконанні роботи в умовах високої температури (більше 25 °С) і відносної вологості повітря (більше 75 %) значення таблиці 3 необхідно зменшити у три рази.

Для запобігання електротравмам у приміщенні здійснюються:

- ізоляція струмвідних частин (стан ізоляції повинен відповідати Правилам використання електроустановок);
- недоступність для випадкового дотику до струмовідного устаткування (досягається застосуванням стаціонарних огорожень і розташванням неізольованих електропроводів у недоступному місці.);

Аварійний режим електроустановки означає, що вона має певні пошкодження, які можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій. Як видно із таблиці 8.7 значення $U_{\text{доп}}$ та $I_{\text{л}}$ істотно залежать від тривалості дії струму.

Таблиця 8.7 – Гранично допустимі значення напруги доторкання $U_{\text{дот}}$ та $I_{\text{л}}$, що проходить через тіло людини при аварійному режимі електроустановки

| Вид струму | Нормоване значення | Тривалість дії струму t, с | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|------------|
| | | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | Більше 1,0 |
| Змінний, 50 Гц | $U_{\text{дот}}$, В (не більше) | 500 | 250 | 100 | 70 | 50 | 36 |
| | $I_{\text{л}}$, мА (не більше) | 500 | 250 | 100 | 70 | 50 | 6 |
| Постійний | $U_{\text{дот}}$, В (не більше) | 500 | 400 | 250 | 230 | 200 | 40 |
| | $I_{\text{л}}$, мА (не більше) | 500 | 400 | 250 | 230 | 200 | 15 |

Для запобігання електротравмам у приміщенні при аварійному режимі здійснюються:

- захисне заземлення (навмисне електричне з'єднання із землею металевих струмопровідних не струмоведучих частин, на яких може з'явитися напруга);

- занулення (навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих частин, на яких може з'явитися напруга);

Приміщення, де здійснювалася розробника комп'ютерної системи управління температурно-вологісним режимом в промислових теплицях відноситься до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані.

Можливі причини виникнення пожежі у приміщенні:

- несправна електропроводка;
- використання електро побутових пристроїв; попадання вологи на електрообладнання;
- залишення без нагляду увімкнутих електроприладів.

Для запобігання виникнення пожежі доцільні такі заходи:

- призначення осіб, що відповідальні за пожежну безпеку приміщення;
- щорічне проведення повторних протипожежних інструктажів і занять за програмою пожежно-технічного мінімуму;
- утримання в справному стані засобів протипожежного захисту;
- своєчасне інформування про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання тощо.

У приміщенні управління температурно-вологісним режимом в промислових теплицях використовується система автоматичного пожежогасіння. Також потрібно використовувати установку порошкового пожежогасіння, що використовує у якості вогнегасної речовини спеціальний порошок.

Після закінчення роботи від усіх електроприладів, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга (за винятком протипожежних та охоронних установок). Електропроводи для підключення комп'ютерів, приладів повинні прокладені по негорючих конструктивних елементах.

Згідно норм ДБН В.2.5-56:2010 на кожні 20 м² площі приміщення вказаних категорії та класу пожежовибухонебезпеки та можливих класів пожеж – А і Е розміщується один порошковий або вуглекислотний вогнегасник з масою заряду від 3 до 5 кг.

Тому в досліджуваному приміщенні, слід розташувати три порошкових вогнегасники, які будуть розміщуватись в різних точках, на висоті не більше 1,5 м від підлоги до вогнегасника. Підходи до місця розташування вогнегасників мають бути завжди вільними. Для зазначення вогнегасників повинен бути встановлений вказівний знак.

В цілому приміщення по категорії вибухо і пожежобезпеці та ступеню вогнестійкості відповідає нормам, але потрібно звернути увагу на утримання в справному стані засобів протипожежного захисту та своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, впровадження систем протипожежного захисту.

9 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Тема: Система контролю і захисту від виникнення аварій і передаварійних ситуацій в установках кондиціювання повітря

1. Основні положення

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що може спричинити або спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Передаварійна ситуація – це ситуація яка передуює аварійній і не завдала серйозної шкоди, але якщо не усунути її наслідки то може призвести до аварійної.

Система контролю і захисту - це система заходів і пристроїв призначена для виявлення і попередження аварійних і передаварійних ситуацій.

Дії працівників при аварійних ситуаціях на установках кондиціювання повітря регламентує типова інструкція.

Типова інструкція, по діях працівників при аварійних ситуаціях на установках кондиціювання повітря, встановлює порядок дії працівників при аварійних ситуаціях, а також вимоги до складання, узгодження і затвердження інструкції в організаціях, що експлуатують хімічно небезпечні виробничі об'єкти (холодильні установки), на яких можливі аварії, що супроводжуються викидами вибухонебезпечних сумішей, вибухами в апаратурі, виробничих приміщеннях і зовнішніх установках, які можуть привести до руйнування будівель, споруд, технічних пристроїв, ураження людей, негативної дії на навколишнє середовище.

Інструкція розробляється з метою:

- визначення можливих сценаріїв виникнення аварійної ситуації і її розвитку;
- визначення готовності організації до локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на установках кондиціювання повітря;
- планування дій виробничого персоналу і аварійно-рятувальних служб (формувань) по локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на відповідних стадіях їх розвитку;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 95 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- розробки заходів, спрямованих на підвищення протиаварійного захисту і зниження масштабів наслідків аварій;

- виявлення достатності прийнятих заходів по попередженню аварійних ситуацій на установках кондиціонування повітря.

Інструкція є додатком до плану ліквідації аварійних ситуацій в організації (на об'єкті). Розробка інструкції може виконуватися самостійно (працівниками організації) або із залученням фахівців, що мають досвід розробки декларацій промислової безпеки небезпечних виробничих об'єктів.

Відповідальність за якість розробки, своєчасність перегляду, внесення змін і доповнень до інструкції покладається на керівника організації.

У такій інструкції визначаються і дії оператора в аварійних ситуаціях. Нижче будуть описані основні правила, положення, ситуації і дії персоналу в передаварійних і аварійних ситуаціях.

2.Перелік можливих аварій і інцидентів

Аварії та інциденти - це ситуації, при яких необхідно аварійно зупинити холодильну установку. Вони поділяються:

- аварії такі, як вибух, пожежа, викид, вилив фреону;
- інциденти такі, як порушення параметрів технологічного процесу, розгерметизація устаткування з викидом фреону, відключення електроенергії, припинення подачі холодоагента, повітря;
- відключення електроенергії і освітлення, припинення роботи вентиляції;
- порушення технологічного процесу або режиму роботи компресорів, судин, що працюють під тиском, агрегатів, апаратів, комунікацій, загоряння від грозових розрядів і вторинних проявів блискавки та інші, які можуть привести до аварій.

3.Противоаварійний автоматичний захист

Повинен відповідати вимогам діючих Правил, нормативно - технічній документації, проектам, регламентам і забезпечувати задану точність підтримки технологічних параметрів, надійність і безпеку експлуатації холодильних систем.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 96 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Фреонові компресори повинні бути оснащені засобами ПАЗ (протиаварійний автоматичний захист), які спрацьовують по наступних параметрах:

- по гранично допустимому значенню тиску нагнітання;
- по гранично допустимій температурі нагнітання;
- по гранично допустимій низькій різниці тиску в системі змащування;
- по верхньому гранично допустимому рівню рідкого фреону в апараті або посудині, з якої відсмоктуються пари фреону;
- по верхньому гранично допустимому рівню рідкого фреону в проміжній посудині (між ступенями компресора).

Значення гранично допустимих параметрів визначаються розробником проекту за даними наукового - дослідницьких організацій, характеристиками засобів контролю, вимірювання і управління, документації заводів - виробників устаткування.

У холодильних системах, обладнаних двома і більш компресорами, обслуговуваними декілька випарних систем, слід передбачати пристрої, що забезпечують зупинку всіх компресорів при спрацьовуванні захисних реле рівня рідини в посудині (апараті) будь-якої системи.

4. Прилади захисту устаткування холодильної установки

На устаткуванні холодильної установки повинні бути передбачені прилади захисту, завдання яких полягає в:

- сигналізації диспетчерові і персоналу про передаварійну і аварійну ситуацію;
- своєчасному відключенні компресорів які досягли критичних параметрів і інших агрегатів;
- введенні резервного устаткування при відмові головного (насосів, вентиляторів і так далі).

Нижче приведені встановлювані прилади і деякі правила відносно них:

- а) у системах охолодження з холодоносієм (розсіл, вода і ін.) повинні бути передбачені прилади, що відключають компресори при припиненні

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 97 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

руху холодоносія через кожухотрубні випарники або при пониженні в них температури кипіння фреону до меж, ведучих до замерзання холодоносія.

б) на кожному компресорі або агрегаті, що має водяне охолодження, повинні бути передбачені прилади, що відключають компресори за відсутності потоку води або зниженні тиску води нижче встановленої межі. На трубопроводах подачі води повинні бути встановлені електромагнітні клапани, що припиняють подачу води при зупинці компресора.

в) пуск і робота компресорів з несправними або вимкненими приладами захисної автоматики забороняється.

г) при спрацьовуванні приладів ПАЗ повинна автоматично включатися світлозвукова сигналізація, виключення якої повинне бути ручним.

д) кожна з перерахованих нижче посудин (апаратів) холодильної системи повинна мати захист по рівню рідкого фреону:

1) блок випарника (кожухотрубного або панельного) – два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори що досягли верхнього гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією;

2) циркуляційний ресивер (що суміщає функції віддільника рідини), проміжна судина: два реле рівня, що здубльовані, що відключають компресори які досягли верхнього гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією; реле для попереджувальної сигналізації про небезпечне підвищення рівня фреону;

3) віддільник рідини: два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори у разі перевищення в цій посудині гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією;

4) захисний ресивер (що суміщає функції віддільника рідини): два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори які досягли граничного допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією; реле для попереджувальної сигналізації про небезпечне підвищення рівня фреону; реле для попереджувальної сигналізації про мінімальний рівень фреону;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 98 |

5) ресивери лінійний і дренажний: реле для попереджувальної сигналізації про досягнення максимального рівня фреону.

Досягши перерахованих вище рівнів рідкого фреону в судинах і апаратах повинна автоматично включатися світлова сигналізація, яка повинна бути забезпечена лампами наступних кольорів:

- червоний – сигнал про гранично допустимий рівень (передаварійна сигналізація);

- жовтий – сигнал про небезпечне підвищення верхнього рівня (попереджувальна сигналізація).

Світлові сигнали про досягнення рівня рідкого фреону повинні одночасно супроводжуватися звуковим сигналом, виключення якого повинне бути ручним.

5. Основні причини аварійної зупинки компресора і аварійних ситуацій

Несправності, які можуть привести до аварійної зупинки компресора і аварійної ситуації:

а) Апарат (посудина) повинен бути виведений з роботи у випадку:

1) підвищення тиску в посудині вище дозволеного, не дивлячись на дотримання всіх вимог, вказаних в інструкції;

2) несправності запобіжних клапанів;

3) виявлення в основних елементах посудини тріщин, опуклостей, значного потоншення стінок, пропусків або протікання в зварних швах, течі в з'єднаннях;

4) виникнення пожежі, що безпосередньо загрожує посудині під тиском;

5) несправності манометра і неможливості визначити тиск по інших приладах;

6) несправності кріпильних деталей кришок і люків;

7) несправності показчика рівня рідини;

8) несправності передбачених проектом контрольно - вимірювальних приладів і засобів автоматики;

9) витoku фреону з системи, підключеної до даного апарату.

б) насос повинен бути негайно зупинений, якщо:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 99 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

1) впав тиск нагнітання або зменшилася різниця тиску нагнітання і всмоктування (за відсутності або відмові приладів автоматики);

2) з'явилися витoki фреону через нещільність агрегату;

3) виявлені несправності манометрів, зворотних клапанів, засобів автоматики.

в) при появі стуку в компресорі і інших шумів невластивих нормальній роботі компресора.

г) при спрацьовуванні приладів ПАЗ.

6. Вимоги до систем контролю рівня загазованості і сповіщення про аварійні витoki фреону

Найбільш серйозною аварійною ситуацією є витік фреону, який може привести до отруєння персоналу, тому цій проблемі приділяється багато уваги.

Вимоги до систем контролю рівня загазованості і сповіщення про аварійні витoki фреону:

а) Система контролю рівня загазованості і сповіщення про аварійні витoki фреону (далі - система контролю рівня загазованості) повинна забезпечувати контроль над рівнем загазованості із-за можливих витоків фреону в приміщеннях і на території об'єкту.

б) При використанні технологічних блоків I і II категорій вибухонебезпеки:

в) Система контролю рівня загазованості повинна забезпечувати в автоматичному режимі збір і обробку інформації про концентрацію фреону в повітрі у місцях установки датчиків сигналізаторів концентрації пари фреону в об'ємі, достатньому для формування відповідних управляючих дій.

г) Система контролю рівня загазованості при виникненні аварії, пов'язаної з витокom фреону, в автоматичному режимі повинна включати технічні пристрої, задіяні в системі локалізації і ліквідації наслідків аварії, засоби сповіщення про аварію і відключати устаткування холодильної установки, функціонування якого може привести до зростання масштабів і наслідків аварії.

д) Структура системи контролю рівня загазованості повинна бути двоконтурною і дворівневою.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 100 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Зовнішній контур повинен забезпечувати контроль за рівнем загазованості на території холодильної установки з видачею даних для прогнозування розповсюдження зони хімічного зараження за територію об'єкту і контроль за аварійними витокami фреону з устаткування холодильної установки, що знаходиться поза приміщеннями.

Внутрішній контур повинен забезпечувати контроль за рівнем загазованості і аварійними витокami фреону в приміщеннях.

Зовнішній і внутрішній контури системи контролю рівня загазованості повинні мати два рівні контролю концентрації фреону в повітрі:

- I рівень. Гранично допустима концентрація (ГДКр.з);
- II рівень. Аварійний витік фреону - концентрація фреону у місцях установки датчиків досягла величини, рівної 25 ГДКр.з

е) Система повинна бути обладнана автоматичними засобами, що дозволяють контролювати рівень загазованості на промисловому майданчику (I рівень зовнішнього контура контролю) і прогнозувати розповсюдження зони хімічного зараження за територію об'єкту. Таке оснащення повинне бути обгрунтоване оцінкою можливих наслідків аварії, підтвердженої відповідними розрахунками.

ж) Для фреонових холодильних установок, що мають в своєму складі технологічні блоки III категорії вибухонебезпеки.

з) Допускається установка сигналізаторів концентрації пари фреону, що спрацьовують при заданих значеннях концентрацій. Об'єм інформації від встановлених сигналізаторів повинен бути достатнім для формування відповідних дій, що управляють.

и) Система контролю рівня загазованості при перевищенні заданої величини концентрації фреону повинна забезпечувати автоматичне виконання наступних дій:

1) включення в приміщенні управління (приміщення обслуговуючого персоналу) попереджувальної світлової і звукової сигналізації і загальнообмінної вентиляції в машинному, апаратному і конденсаторному відділеннях

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 101 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони цих приміщень величини, рівною ГДКр.з; включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Перевищення рівня ГДК" і аварійній вентиляції при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони приміщення (машинного, апаратного і конденсаторного відділень) величини, рівної 3 ГДКр.з; повернення всіх систем в початковий стан при зниженні поточного значення концентрації нижче рівня 3ГДКр.з і ГДКр.з без відключення загально-обмінної вентиляції;

2) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони у місць установки датчиків, розташованих поблизу технологічних блоків на відкритому майданчику, величини, рівною ГДКр.з; включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Перевищення рівня ГДК" і системи сповіщення на об'єкті при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони у місцях установки датчиків величини, рівної 3 ГДКр.з; повернення всіх систем в початковий стан при зниженні поточного значення концентрації нижче рівня ГДКр.з;

3) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія" при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони приміщень розподпрстроїв величини, рівною ГДКр.з, з одночасним включенням аварійної вентиляції цих приміщень; автоматичне

відключення подачі рідкого фреону в приміщення розподпристроїв при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони величини, рівної 3 ГДКр.з;

4) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія" при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочих зон холодильних камер і приміщень інших споживачів холоду величини ГДКр.з; відключення подачі фреону в контрольовані приміщення при перевищенні в них концентрації фреону величини, рівної 3 ГДКр.з. При цьому в приміщеннях виробничих цехів з технологічним устаткуванням, що містить

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| | | | | | | 102 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

фреони, повинна включатися витяжна вентиляція;

5) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія", технічних засобів системи локалізації аварії, системи сповіщення на об'єкті, відключення аміачного устаткування при перевищенні концентрації фреону у місцях установки датчиків в приміщеннях машинного, апаратного і конденсаторних відділень величини, 25 ГДКр.з;

б) включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Аварія", технічних засобів системи локалізації аварії, системи сповіщення на об'єкті, відключення фреонового устаткування при перевищенні концентрації фреону у місцях установки датчиків поблизу технологічних блоків і устаткування, розташованого на відкритому майданчику, величини, рівної 25 ГДКр.з.

к) Система повинна забезпечувати оперативне попередження в приміщенні управління про конкретне місце аварії, що відбулася, і включення необхідних технічних засобів локалізації наслідків аварії.

л) Система контролю рівня загазованості по забезпеченню надійності електропостачання відноситься до електроприймачів I категорії відповідно до ПУЕ. За відсутності на об'єкті другого незалежного джерела електропостачання необхідно використовувати станції автоматичного резервного живлення, забезпечені акумуляторними батареями.

7. Дії оператора в аварійній ситуації

Всі параметри холодильної установки відображаються на моніторі оператора. Досягнувши параметра передаварійного значення, на екрані спрацює додаткова сигналізація застерігаючи про це. У такій ситуації холодильна установка не буде зупинена, оператор виходячи з отриманих даних, сам вирішить чи можна вирішити проблему без зупинки процесу або зупинити і повідомити про несправність відповідній службі і керівництву.

При отриманні повідомлення про аварійну ситуацію або аварію диспетчер зобов'язаний:

- оповістити територіальні органи МНС, Проматомнадзор, місцевий виконавський і розпорядливий орган;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.009 ДП | Арк. |
| | | | | | | 103 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- уточнити характер аварійної ситуації або аварії, можливих наслідків і зробити запис в журналі;

- визначити напрям вітру, зону можливого ураження, місце розміщення командного пункту і місце збору тих, що працюють організації, які попереджені про необхідність покинути небезпечну зону;

- повідомити посадових осіб за списком, вказавши місце розташування командного пункту;

- викликати "швидку медичну допомогу";

- оповістити персонал інших цехів, яким загрожує можливість поразки фреоном, про необхідність покинути робочі місця і вийти на місце збору, визначене їм;

- викликати членів добровільної пожежної дружини, що є на зміні;

- до прибуття керівника ліквідації аварії прийняти заходи по виставленню постів для обмеження доступу людей і транспортних засобів в небезпечну зону;

- з'ясувати (за чисельністю), чи всі працівники попереджених цехів вийшли з небезпечної зони;

- з'ясувати хід ведення аварійно-рятувальних робіт.

Висновок:

У даному розділі були описані основні вимоги по захисту установок кондиціонування повітря від аварій і передаварійних ситуацій, які можуть заподіяти збиток людям і навколишньому середовищу, а також розглянуто систему контролю і захисту від аварійних і перед аварійних ситуацій. Для запобігання збитку потрібно слідувати вимогам що пред'являються до протиаварійних автоматичних захистів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------|------|
| | | | | | <i>БКВ 04.023.009 ДП</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 104 |

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі представлені результати теоретичних досліджень, а також вирішена технічна задача. Технічна задача полягає в тому, щоб розробити систему кондиціонування повітря для тепличного господарства, яка використовує сонячну енергію.

В результаті проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. У теплиці проведено теплофізичний розрахунок і створено фізико-математичну модель енергетичного режиму. Виведено рівняння теплового балансу.

2. На обраному об'єкті проектування розроблено технологію забезпечення кондиціонування.

3. Проведено розрахунок теплового балансу теплиці з використанням геліоустановки.

4. Розроблено електричну схему та систему автоматичного керування кондиціонуванням теплиці.

5. Виконано оцінку економічної ефективності впровадження проекту.

6. У процесі реалізації проекту розроблено та запропоновано заходи щодо охорони праці, безпеки в надзвичайних ситуаціях та охорони навколишнього середовища.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.000 ДП | Арк. |
| | | | | | | 105 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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

2. Сучасні теплиці і парники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mexalib.com/read/486014>

3. Коломієць Т. І. Автоматизована система управління параметрами мікроклімату в теплицях / Т. І. Коломієць // Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної Internet-конференції. – Черкаси, 2019. – С. 32-33.

4. Лисенко В. П. Програмно-апаратне забезпечення системи фітомоніторингу в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел, І. І. Чернов // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. – 2019. – №2. – С. 65.

5. Speetjens S. L. Methodic design of a measurement and control system for climate control in horticulture / S. L. Speetjens, H. J. J. Janssen, G. van Straten, Th. H. Gieling, J. D. Stigter // Comput. Electron. Agric. – 2019. – Vol.64. – №2 (December 2008). – P. 162-172.

6. Малько С. Л. Актуальность проблемы контроля и диагностики систем автоматизации технологических процессов защищенного грунта / С. Л. Малько, Л. П. Андрианова // Электрификация сельского хозяйства. — Уфа: БГАУ, 2019, Вып. 3. — С. 62-65.

7. Токмаков Н. М. Математическая модель системы управления микроклиматом ангарных теплиц / Н. М. Токмаков, В. С. Грудинин // Гавриш №3.

8. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; за заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2018. – Ч. 1. Вимірювальні пристрої. – 470 с.

9. Бабіченко А. К. Промислові засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб.: У 2 ч. / А. К. Бабіченко, В. І. Тошинський, В. С. Михайлов та ін. ; За заг. ред. А. К. Бабіченка. – Харків: НТУ «ХП», 2013 р. – Ч. 2. Регулювальні і виконавчі пристрої. – 658 с. : іл. – Бібліогр.: с. 644–645.– 500 пр. – ISBN 966-593-292-6.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 106 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

БКВ 04.023.000 ДП

10. Системи управління мікрокліматом теплиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fito-system.ru/climate-systems>
11. Автоматизація процесів управління мікрокліматом тепличного блоку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.2d3d.ru/2d-galereia/automatika/465-avtomatizaciya-processov-upravleniyamikroklimatom-teplichnogo-bloka.html>
12. Системи автоматизації теплиць [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://automatization.pro/model-projects/sistemy-avtomatizacii-teplic>
13. Системи електричного досвічування в теплицях [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.greenhouses.ru/Sistemy-dosvechivaniija>
14. Світлова культура рослин в теплицях [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.greenhouses.ru/Svetokultura>
15. Назарова В. І. Сучасні системи опалення. 2011. - 320 с.: іл. – (Енциклопедія будівництва).
16. Системи АСУ в тепличному господарстві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://elektrocar.narod.ru/doc/4.pdf>
17. Бердышев, В.Ф. Основы автоматизации технологических процессов очистки газов и воды: Курс лекций / В.Ф. Бердышев, К.С. Шатохин. - Москва: МИСиС, 2013. - 136 с.
18. Ключев, А.С. Автоматизация настройки систем управления / А.С. Ключев, В.Я. Ротач, В.Ф. Кузищин. - Москва: Альянс, 2015. - 272 с.
19. Кангин, В.В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: Учебное пособие / В.В. Кангин. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 408 с.
20. Вернер В.В. Основы термодинамичних розрахунків вентиляцій і кондиціонування повітря. М.: «Вища школа», - 1995.
21. Гариков В.В. Теплофизические расчеты сельскохозяйственных производственных зданий. М.: Стройиздат, - 1983. 216 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
| | | | | | БКВ 04.023.000 ДП | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 107 |