

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин**

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Обґрунтування системи обігріву теплиці за допомогою теплонасосної  
установки

**Виконав:** студент 3 курсу групи МС-4-20  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Анцишкін Богдан Глібович \_\_\_\_\_

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Золотовська Олена Володимирівна

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«    »                      2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Анцишкін Богдан Глібович

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Обґрунтування системи обігріву теплиці за допомогою теплонасосної установки

керівник роботи Золотовська Олена Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«08» травня 2023 року № 820

**2. Строк подання студентом роботи** 05.06.2023 р.

**3. Вихідні дані до проєкту** Характеристика господарства. Аналіз літературних джерел та обґрунтування актуальності дипломного проєкту.

Аналіз схем обігріву теплонасосної установки.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити). Характеристика господарства. 2. Аналіз актуальності дипломного проєкту.

3. Технологічно-конструктивна проробка проєкту. 4. Охорона праці.

5. Техніко-економічні показники проєкту. Висновки. Бібліографічний список.

**5. Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових креслень)1. Склад господарства. Таблиці (А1). 2. Загальний вигляд теплиці (А1). 3. Тепловий насос (А2). 4. Монтажна схема системи опалення (А3). Клапан запобіжний. Складальне креслення (А3). Пружина (А4). Клапан (А4). Прижим (А4). Шток (А4). 5. Економічна доцільність використання ТНУ.

**6. Консультанти розділів проєкту**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Деркач О.Д., доцент		
нормоконтроль	Бойко В.Б., доцент		

**7. Дата видачі завдання:** 12.02.2023 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика господарства	12.02.23-12.03.23	
2	Аналіз актуальності проєкту	13.03.23-14.04.24	
3	Технологічно-конструктивний	15.04.23-20.05.23	
4	Охорона праці	16.04.23-20.05.23	
5	Економічний	17.04.23-5.06.23	
6	Графічна частина	10.05.23-5.06.23	

**Студент**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Анцишкін Б.Г.  
(прізвище та ініціали)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Золотовська О.В.  
(прізвище та ініціали)



## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП	7
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА	9
1.1 Загальні відомості	9
1.2 Машино-тракторний та автомобільний парк	12
1.3 загальна характеристика теплиць	14
1.4 Висновки і задачі проєкту	19
2. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІНИХ РІШЕНЬ ОПАЛЕННЯ ТЕПЛИЦІ	20
2.1 Основні аспекти температурного режиму ґрунту	21
2.2 Аналіз схем та конструкцій теплонасосних установок	22
2.2.1 Принцип дії теплового насоса	22
2.2.2 Класифікація теплових насосів	23
2.3 Тепло-енергетична оцінка використання установки	28
2.4 Аналіз основних теплових характеристик ґрунту при опаленні теплиці	30
2.5 Системи розміщення труб у ґрунті для одержання тепла	31
2.6 Висновки	33
3 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЄКТУ	34
3.1 Розрахунок необхідної потужності теплового насоса з теплою ґрунту	34
3.2 Конструктивні розрахунки теплиці	37
3.2.1 Розробка монтажної схеми обігріву теплиці з тепловим насосом	39
3.2.2 Розрахунок стійкості пружини запобіжного клапану	43
3.3 Висновки	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	48
4.1 Стан охорони праці на підприємстві	48
4.2 Організація екологічної безпеки	49
4.2.1 Комплекс заходів щодо забезпечення безпеки об'єкта.	49
4.2.2 Системи запобігання пожежам	51
4.3 Заходи з поліпшення охорони праці в господарстві	55
4.4 Висновки	58
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ.	60
5.1 Висновки	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТКИ	



## АНОТАЦІЯ

Анцишкін Б.Г. Обґрунтування системи обігріву теплиці за допомогою теплонасосної установки/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

Розрахунково-пояснювальна записка проекту включає в себе п'ять розділів. В першому розділі представлена коротка характеристика господарства, ремонтна база, загальна характеристика теплиць, які повинні обігріватися теплонасосною установкою, особливу увагу приділено обґрунтуванню обігріву теплиць та клімату протягом року.

В другому розділі розглянуто принцип дії та конструкції теплових насосів, тепло-енергетична оцінка ТНУ, теплові характеристики ґрунту для використання ґрунтових теплообмінників та температурний аспект ґрунту, системи розміщення труб в ґрунті.

В третьому розділі виконано розрахунки на максимальну потужність системи опалення теплиці, конструктивні розрахунки теплиці з розробкою монтажної схеми обігріву з ТНУ. Виконано розрахунок стійкості пружини запобіжного клапану для регулювання температурного режиму в теплиці.

Четвертий розділ присвячений заходам з охорони праці в господарстві. Проведений розрахунок параметрів захисного заземлення.

У п'ятому розділі проведено техніко-економічну оцінку використання системи обігріву теплиці за допомогою теплонасосної установки.

**Ключові слова:** теплонасосна установка, ґрунт, обігрів, теплиця.

## ВСТУП

В умовах погіршення екологічних, економічних, енергетичних, соціальних і демографічних чинників проблема пошуку раціональних, ефективних і біологічно стійких шляхів сільськогосподарського виробництва набуває все більшої актуальності. Перспективні варіанти повинні відображати основи стратегічного розвитку національного агропромислового комплексу, виконувати його основні завдання і гарантувати продовольчу незалежність, а також вирішувати такі серйозні для нашого суспільства проблеми, як збереження села як основного національного ресурсу, динамічний розвиток вітчизняного машинобудування, всебічне обґрунтування як в рослинництві, так і в тваринництві повинні комплексно вирішуватися в рамках реалізації комплексної наукової програми. Всі розуміють, що простих рішень цих проблем не існує. Іноді ми настільки зосереджуємося на вирішенні одних проблем, що забуваємо про інші складові виробничої системи. Тому сьогодні важлива не лише оптимізація виробничих процесів, які часто штучно спрощуються і обмежуються невеликою кількістю факторів, а й те, що негативні наслідки рішень можна значно мінімізувати, максимізуючи кількість факторів впливу.

Енергозбереження при виробництві продуктів харчування є одним з найактуальніших питань сьогодення, а сільськогосподарське виробництво, як один з найбільших споживачів палива в країні, не може і не повинно відволікатися від досягнень сучасної науки і тенденцій технологічного розвитку в цій галузі. Енергоспоживання значною мірою пов'язане з рівнем технології виробництва основних видів сільськогосподарської продукції та техніки, що використовується для їх виробництва.

На технічну допомогу припадає найбільша частка загальних витрат на виробництво продукції рослинництва в Україні, і енергетична складова в цій сумі є домінуючою.



Реалізація підходу, заснованого виключно на економічній доцільності (отримання прибутку за відносно короткий проміжок часу), може за певних умов значно загострити проблеми в інших сферах суспільного життя.

Господарство намагається підтримувати енергетичну безпеку шляхом використання відновлюваних джерел енергії.

Такий підхід не означає відмову від використання ефективних методів сільськогосподарського виробництва. Навпаки, найкращі світові практики, наукові та виробничі досягнення мають стати основою для розвитку аграрного сектору. Тому метою проєкта є обґрунтування системи обігріву теплиці за допомогою теплового насосу.

Особливу увагу необхідно приділити вибору теплиці та її обігріву протягом року.

Для досягнення високих показників необхідно вирішити наступні задачі:

- провести теоретичне обґрунтування використання тепла землі протягом року для обігріву теплиці;
- провести розрахунок потреби теплових насосів та їх систем для теплиці;
- спроектувати монтажну схему;
- розробити заходи з покращення техніки безпеки в теплиці з врахуваннями реалізації, використання тепла землі протягом року;
- провести техніко-економічну оцінку проєктних рішень.

## **1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА**

### **1.1 Загальні відомості**

Товариство з обмеженою відповідальністю «Олдрідж Груп» розташоване на лівому березі Дніпра у місті Дніпро. Компанія надає фермерам послуги з технічного обслуговування та ремонту тракторів, а також здає в оренду транспортні засоби. У майбутньому планується будівництво тепличного господарства.

Багаторічні спостереження за впливом погодних умов на сільськогосподарське виробництво показали, що погодні умови мають вирішальне значення для економічної життєздатності діяльності компанії.

Господарства, в яких орендується обладнання, розташовані в помірно-континентальній кліматичній зоні, що характеризується спекотним літом і значними перепадами температур взимку. Влітку не рідкі суховії, а взимку +10..13°C. Заморозки трапляються у квітні та травні. Навесні переважають вітри зі сходу. Навесні середньодобові температури перевищують 10°C у другій декаді квітня і 15°C у другій декаді травня. Кількість днів теплового періоду (вище 10°C) коливається в межах 16,5-17,5. Перші осінні заморозки трапляються наприкінці вересня - на початку жовтня.

Метеорологічні дані були надані Дніпровським гідрометеорологічним центром і представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Середньомісячна та річна температура повітря, °С

Роки	Місяці												Середня за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2021	-5,3	-1,4	1,9	13,3	14,8	18,1	21	20,8	13,4	8,6	3,1	4,5	9,4
2022	-0,2	-2,6	3,8	11,1	13,6	17,6	25,1	22	15,3	8,9	1,4	-6,8	9,1
2023	-3,5	2,7	5,5	9,2	16	19,3	24,7	20,7	16,2	7,8	4,1	-8,9	9,5
Середня багаторічна	-3,2	-0,4	3,7	11,2	14,8	18,3	23,6	21,2	15,0	8,4	2,8	-2,6	9,3

Середня температура повітря за травень була на 1<sup>0</sup>С нижче середньої багаторічної і дорівнювала 14,8...15,5<sup>0</sup>С тепла.

В червні середня місячна температура повітря була на 0,5-1,5<sup>0</sup>С вище середньої багаторічної і дорівнювала 20-21<sup>0</sup>С тепла. Мінімальна температура повітря знижувалась до 7-11<sup>0</sup>С тепла, максимальна досягала 32-34<sup>0</sup>С тепла.

Липнева середня температура повітря за місяць була близькою до середньої багаторічної і становила 22-23,5<sup>0</sup>С тепла.

В перших двох декадах серпня утримувалась аномально спекотна, суха погода. Середні добові температури повітря в більшості часу були на 2-8<sup>0</sup>С вищі за норму і становили 23-29<sup>0</sup>С тепла. Середня температура повітря за місяць виявилась на 2-3<sup>0</sup>С вище середньої багаторічної і визначалась 22,5-24,0<sup>0</sup>С тепла.

Середня температура повітря за вересень місяць становила 16-17,5<sup>0</sup>С тепла, що на 1,-1,5<sup>0</sup>С перевищувала середню багаторічну температуру повітря. У таблиці 1.2 наведена кількість атмосферних опадів і розподіл їх по місяцях.

Таблиця 1.2 – Кількість опадів та їх розподіл по місяцях, мм

Роки	Місяці												Сума за рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2021	46,2	21,3	65,2	23,8	20,4	95,3	34,5	24,1	124,8	0,7	6,6	33,6	496,5
2022	20,4	51	49,8	37,7	66,2	80,7	25,9	16,1	40,8	20,5	21,4	19,8	450,3
2023	11,2	21,3	25,1	14,1	51,2	54,4	60,6	15,7	102,1	67,4	34	5,9	463
Серед- ня багато- річна	25,9	31,2	46,7	25,2	45,9	76,8	40,3	18,6	89,2	29,5	20,7	19,8	469,9

Спостерігалась нестійка погода з частими атмосферними опадами, грозами в травні. В середньому за місяць кількість опадів по області склала 68 мм або 145 % норми.

В червні місяці також спостерігалась нестійка погода з частими опадами, сильними зливами та шквалами. Кількість опадів за місяць в середньому склала 65 мм або 105 % норми.

У липні продовжилася помірно тепла погода з нестачею опадів, що спостерігалася здебільшого в другій десятиденці, але зі зливовим характером опадів і дуже нерівномірним розподілом по регіонах. У середньому по всьому регіону випало 41мм опадів, що становило 75% від норми.

У третій декаді серпня опади мали переважно зливовий характер і розподілялися по районах нерівномірно: всередньому за серпень випало 44 мм, 107% від норми; у другій декаді серпня опади мали переважно зливовий характер і розподілялися по районах нерівномірно: в середньому за серпень випало 44мм, 107%від норми.

Лише вперші 10 днів вересня погода була нестійкою, з частими та подекуди сильними зливами і шквалами; середня кількість опадів за місяць становила 31мм, 84% від норми.

Клас АТП – це багатопрофільна компанія, яка займається обслуговуванням і здачею в оренду техніки фермерам, обслуговуванням і ремонтом машин і тракторів для сільськогосподарських підприємств і вирощуванням овочів у теплицях.

У компанії працюють 47 співробітників.

## 1.2. Машино-тракторний та автомобільний парк

Таблиця 1.3 – Склад машино-тракторного парку

Найменування	Кількість одиниць.
<u>Комбайни:</u>	
John Deere	11
Massey Ferguson	1
<u>Трактори:</u>	
John Deere	2
МТЗ-80	1
МТЗ-82	4
ДТ-75	1
Т-16	2
Т-25	1
Балканкара	1
ПТС	4
<u>Автомобілі:</u>	
КАМАЗ	4
ГАЗ-53	4
Маз (автокран)	2
ЗІЛ-130, 131	3
Вольво	2
Заз	2

Таблиця 1.4 – Склад с.-г. техніки

<u>Культиватори:</u>	
КПС-4	4
КПС-8	
Резидент	2
Европак	2
КРН-5,4	1
Фармет 9м	1
<u>Сівалки:</u>	
СЗ-3,6	1
Кінзе	3
Кінзе 16ряд	1
Мультикорн	1
Сон-4,2	1
<u>Плуги:</u>	
ПЛН-3-35	4
Плуг оборотний 8кор	2
<u>Оприскувачі:</u>	
ОП-2000	1
ОКН 18 " Деганія"	1
<u>Котки:</u>	
ЗККШ-6	3
<u>Борони:</u>	
БДДТ-3	1
Дискавер	1

БЗСС-1	1
ЗПГ-15	1
<u>Прес-підбирачі:</u> Фортшрит (350-570)	1
<u>Розкидачі твердих мін. і орган. добрив:</u> МВУ-0,5 Амазон РОУ -6	1 2 1 2
<u>Дощувальна машина:</u> Sigma Oclra 7528	1

Аналіз табл. 1.3. та 1.4. показав, що господарство забезпечене сільськогосподарською технікою та машинно-тракторним парком на належному рівні. Під час виробництва, збирання врожаю нестачі техніки не відчувається.

### 1.3 Загальна характеристика теплиць

Теплиця – різновид опалювального парника.

Являє собою захисну споруду. Застосовується круглий рік, для вирощування ранньої розсади (капусти, томатів, огірків, квітів-сіянців, вкорінення живців або дорощування рослин-горщиків), для подальшого висаджування у відкритий ґрунт. Але на відміну від парника розміри і система опалення дозволяє організувати весь цикл вирощування тієї чи іншої культури. Покриваються поліетиленовою плівкою, склом, пластиком або стільниковим полікарбонатом. Всередині них від сонця або труб опалення виходить теплове випромінювання, що підігріває рослини і ґрунт. Повітря,

нагріте від внутрішньої поверхні, утримується всередині конструкції дахом і стінками.

Парник - малогабаритна неопалювана будова для захисту культурних рослин від впливу несприятливих погодних умов. Являє собою малогабаритну культивацийну споруду, що має бокове огороження і знімну світлопрозору покрівлю, повністю або частково занурена в ґрунт, обслуговується робітниками, які знаходяться поза приміщенням. Розрізняють холодні, напівхолодні і теплі парники.

Застосовується для вирощування розсади капусти, томатів, огірків, декоративних рослин, укорінення живців для подальшого висаджування у відкритий ґрунт або дорощування рослин горщиків. Значно рідше в парниках організують весь цикл вирощування тієї чи іншої культури, як правило, ранніх (салату, редиски і т. п.). Розташовувати парники необхідно в сонячному, незатемненому місці, інакше рослинам просто може не вистачити сонячного випромінювання. Істотним недоліком парників невеликих розмірів є небезпека «згоряння» рослин в пізньовесняний період, парники з системою автоматичної вентиляції позбавлені такої вади.

Для захисту рослин від заморозків до  $-3^{\circ}\text{C}$  добре зарекомендували себе покриті плівкою парники. Парник із застаклених рам або полікарбонату ефективно захищає від будь-яких видів заморозків або різких похолодань. Але вони істотно дорожче і важче. Основна перевага парників - зручність застосування ( вимога до площі від  $0,5\text{ м}^2$  ) і дешевизна споруди.

Розглянемо основні типи теплиць:

- односкілу теплицю рис.1.1,
- ангарну теплицю рис.1.2,
- блокову теплицю рис.1.3.



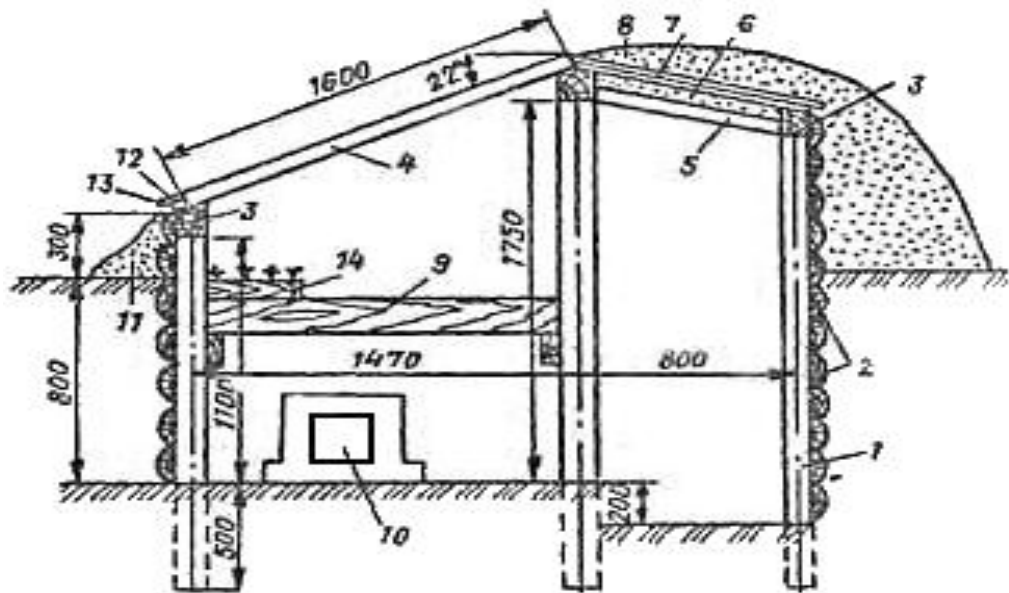


Рисунок 1.1 - Односхила теплиця

1 - стовпи; 2 – дерев'яний брус; 3 - обв'язка; 4 - парникова рама; 5 - стовпи;  
 6 - тирса; 7 - толь; 8 - земляне відсіпання; 9 - стелаж; 10 - борів-димохід;  
 11 - укіс; 12 - дошка; 13 - відлив; 14 - ящик.

Односхилу теплицю прилаштовують до південної сторони будинку, з тим щоб прозорий скат був звернений на південь. Іноді як глуха стіна використовується насип або природне підвищення. Така конструкція дозволяє істотно заощадити на матеріалах, необхідних для будівництва.

Переваги:

- конструкція відрізняється надійністю, так як несучим елементом виступає стіна будинку;
- теплиця виходить теплою - адже її північна частина добре захищена від будь-яких погодних неприємностей;
- легко обладнати односхилу зимову теплицю: всі інженерні комунікації знаходяться поруч, і проблем з підключенням обігрівальних приладів до електромереж або водопроводу не виникає;
- якщо теплична конструкція прибудована до опалюваного житлового будинку, то частина тепла буде надходити і в теплицю, що дозволить скоротити витрати на її обігрів;

- вихід до грядок і рослинам можна обладнати прямо з приміщення.

Головний недолік односхилих споруд недостатня освітленість, що, слід враховувати при висаджуванні сюди тих чи інших рослин.

На рис.1.2 розглянемо наступний вид теплиці.

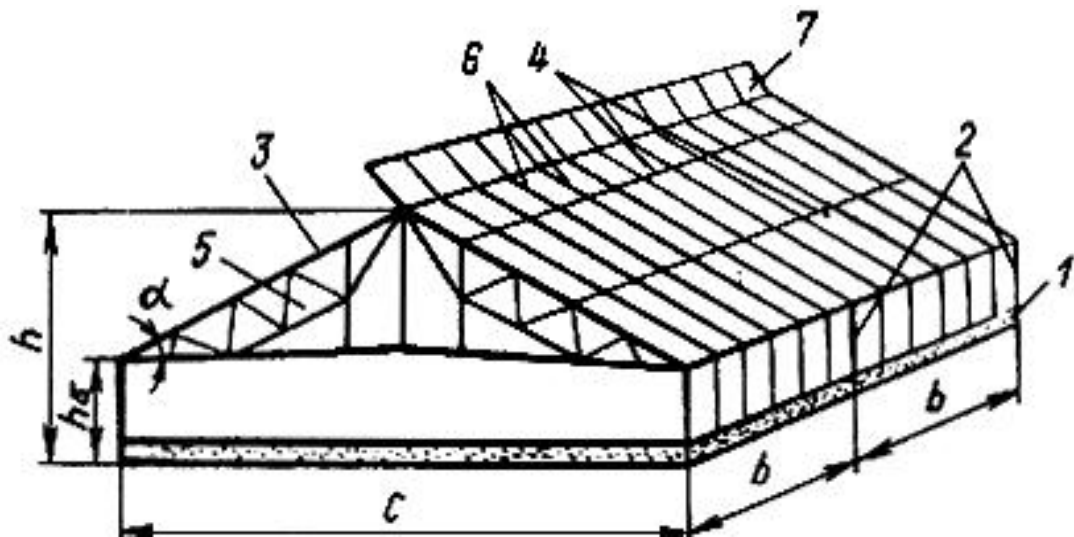


Рисунок 1.2 - Ангарна теплиця

1 - цоколь; 2 - стійки; 3 - ригелі; 4 - прогони; 5 - ферма; 6 - шпреси;  
7 - кватирки; c - проліт; b - крок стійок; hb - висота бокового огородження;  
h - висота теплиці; a - кут нахилу покрівлі

Ангарні теплиці являють собою великі двосхилі (іноді з арочною покрівлею) споруди площею 600 ... 3000 квадратних метрів, без внутрішніх опорних стійок. Перекриття стаціонарне, кут нахилу заскленої покрівлі 25 ... 30 градусів, вентиляція подвійна.

Переваги:

краща освітленість і підвищені вентиляційні можливості;

стійкий тепловий режим у ґрунті та повітрі;

можливість застосування сучасних транспортних засобів і ґрунтообробних машин, а також механізації або автоматизації вентиляції, дощування, підгодівлі, обробки рослин отрутохімікатами;

Недоліки:

- слабка бічна вентиляція через велику відстань між бічними стінами;
- через велику висоту і ширину ці теплиці мають коефіцієнт огорожі 1,5, що обумовлює підвищені в порівнянні з двосхилими теплицями тепловтрати;

тому ангарні теплиці дорожче в експлуатації; вище і капітальні витрати при будівництві;

Ці теплиці найбільш широко застосовують при будівництві великих тепличних комплексів.

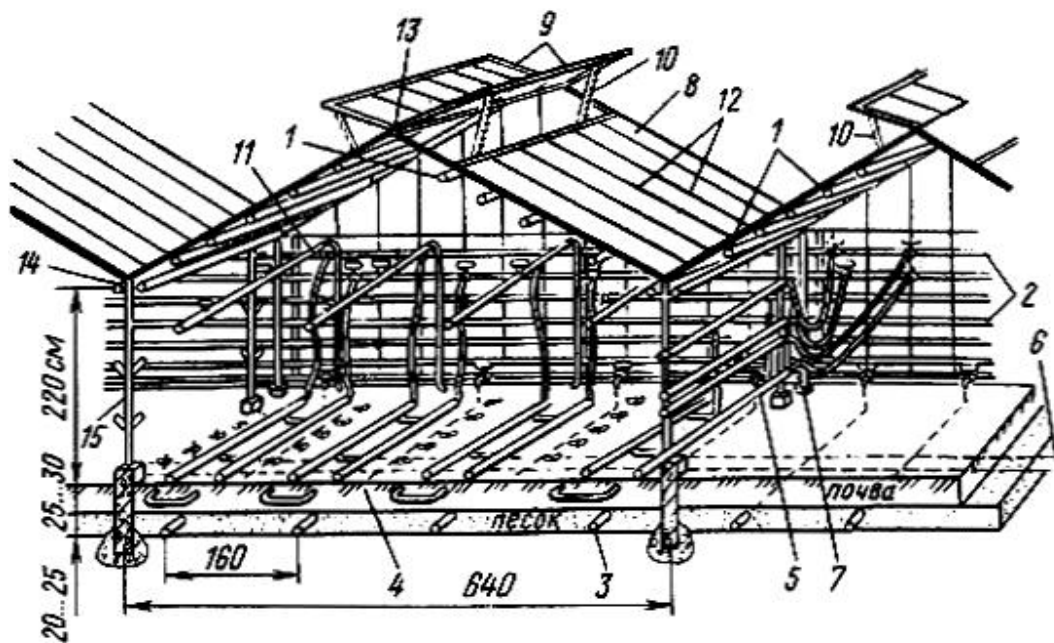


Рисунок 1.3 - Блокова теплиця

1 – обігрів шатровий; 2 - обігрів бічний; 3 - обігрів підґрунтовий; 4 – обігрів надґрунтовий; 5 - труби надґрунтового обігріву; 6 - ґрунтовий дренаж; 7 - водостік ; 8 - покрівля ; 9 - кватирки ; 10 - рейка ; 11 - зрошувач ; 12 - шпори ; 13 - конковий брус ; 14 - ринва ; 15 – стійка

Блокові теплиці представляють собою об'єднання декількох теплиць, що примикають одна до іншої поздовжніми сторонами, із заміною сумісних бічних стін опорними стійками. У результаті ці теплиці є найбільш економічними при будівництві.

Розміри блочних теплиць коливаються від 10000 до 30000 квадратних метрів. Коефіцієнт огорожі менше, ніж у ангарних теплиць, і становить 1,3 ... 1,4. У блокових теплицях забезпечуються ще більші можливості для механізації всіх робіт з обробки ґрунтів і різних перевезень, для автоматизації режимів мікроклімату, поливу, підгодівлі, обробки рослин отрутохімікатами.

Переваги:

- висока економічність завдяки зменшенню металоємності;
- розміри блочних теплиць коливаються від 10 до 15 тис. кв.м.;
- хороша світлопропускна здатність;
- мала питома вага;

Недоліки:

- кілька гірший світловий режим, так як між скатами ланок теплиць жолоби для стоку води виготовлені з непрозорих матеріалів;
- слабка вентиляція, особливо бічна, через велику відстань між бічними огорожами.

#### **1.4 Висновки**

Аналіз виробничої діяльності господарства показав, що в цілому ремонтна база сприятлива для проведення ремонтних робіт з точки зору забезпеченості технікою і кваліфікованими спеціалістами. Також можливе розширення діяльності господарства, а саме створення тепличного комплексу для вирощування овочів, опалення якого відбувається за допомогою теплонасосної установки.

## 2 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІНИХ РІШЕНЬ ОПАЛЕННЯ ТЕПЛИЦІ

### 2.1 Основні аспекти температурного режиму ґрунту

Основною характеристикою відбору альтернативного тепла є температура ґрунту, яка визначається поглинанням сонячного випромінювання та тепловими властивостями самого ґрунту.

Окрім клімату та властивостей ґрунту, вона також залежить від рельєфу місцевості (долина чи плато, південні чи північні схили), рослинності та снігового покриву, механічного складу та кольору. Температура ґрунту характеризується добовим і річним циклами. Найвищі температури поверхні ґрунту спостерігаються близько 13:00, а найнижчі - перед сходом сонця. Вдень поверхня ґрунту нагрівається і її температура знижується з глибиною, а вночі, навпаки, вона швидко охолоджується і її температура знижується з глибиною. У річному температурному процесі виділяють два періоди: літній (нагрівання), коли тепло перетікає з верхніх шарів у нижні, і зимовий (охолодження), коли тепло перетікає з нижніх шарів у верхні.

Влітку температура ґрунту нижча за температуру повітря, а взимку температура повітря вища. Добові коливання температури помітні на глибині 1м, але там вони не є значними. У Центральній Європі навіть у найспекотніші літні місяці добові коливання не перевищують 6°C на глибині 15см і -2°C на глибині 30 см.

Головною перевагою теплових насосів є їхня ефективність: для передачі 1кВт/год теплової енергії в систему опалення потрібно лише 0,2-0,35 кВт/год електроенергії. Великі електростанції мають до 50% ефективності при перетворенні теплової енергії в електричну, тому паливна ефективність теплових насосів може бути втричі вищою.

Спрощуються вимоги до системи вентиляції та підвищується пожежна безпека.

Всі системи працюють в замкнутому циклі і практично не потребують експлуатаційних витрат, окрім електроенергії, необхідної для роботи обладнання.

Ще однією перевагою теплових насосів є можливість перемикання з зимового режиму опалення на літній режим кондиціонування. Замість радіаторів до зовнішнього колектора підключається фенабоохолоджуюча стельова система.

Теплові насоси надійні, а їхня робота контролюється автоматикою. Під час експлуатації система не потребує спеціального обслуговування, а для можливих операцій, які описані в інструкції, не потрібні спеціальні навички.

Важливою особливістю системи є її чиста індивідуальність для кожного споживача, яка полягає в оптимальному підборі стабільного джерела низькопотенційної енергії, коефіцієнта перетворення і розрахунку окупності інвестицій.

До недоліків геотермальних теплових насосів для опалення можна віднести високу вартість встановленого обладнання та необхідність прокладання теплообмінних контурів зовні, під землею або під водою, що є складним і дорогим. Недоліком повітряних теплових насосів є нижчий коефіцієнт перетворення тепла через нижчу температуру кипіння холодоагенту в зовнішньому "повітряному" випарнику.

Загальним недоліком теплових насосів є відносно низька температура води, що нагрівається, в більшості випадків нижче  $+50 \div +60$  °C, а чим вище температура води, що нагрівається, тим нижче ККД теплового насоса і тим менш надійний тепловий насос.

## **2.2 Аналіз схем та конструкцій теплонасосних установок**

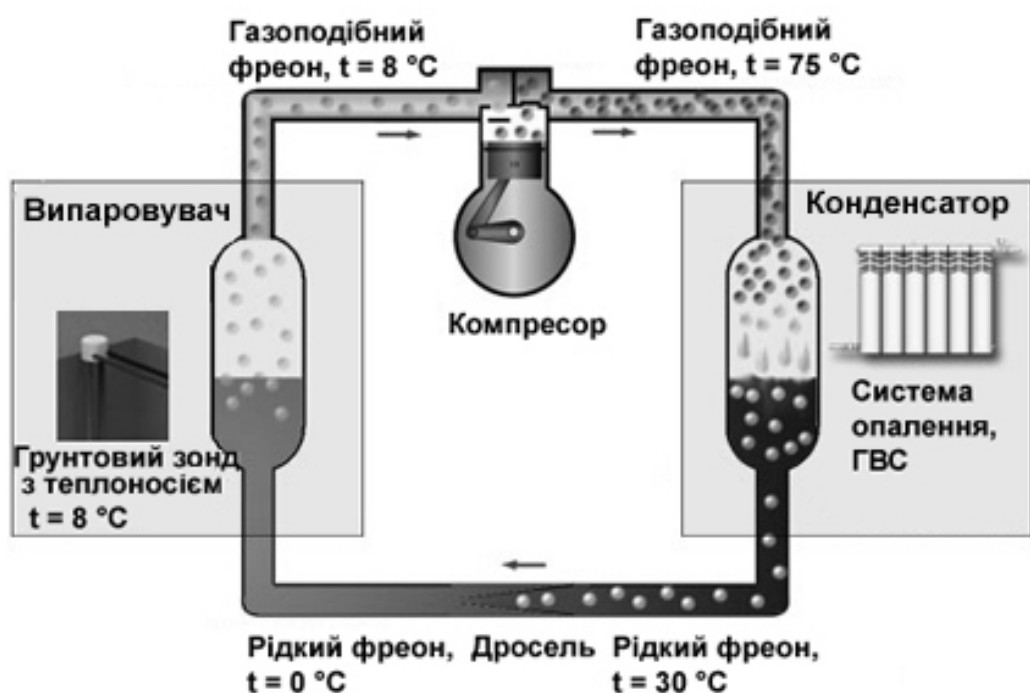
### **2.2.1 Принцип дії теплового насоса**

Тепловий насос – це пристрій, який передає тепло від більш холодного носія до більш гарячого теплоносія за допомогою зовнішнього джерела енергії або роботи. Теплові насоси використовуються в системах централізованого опалення та гарячого водопостачання, оскільки вони є більш економічними та безпечними, ніж газові або твердопаливні котли.

Теплові насоси є чудовою альтернативою твердопаливним котлам для забезпечення необхідних температур для індивідуальних систем опалення та різних технологічних процесів.

Принцип роботи і конструкція теплових насосів такі ж, як у холодильників і кондиціонерів, з тією лише різницею, що холодильники і кондиціонери використовуються для охолодження, а теплові насоси – для обігріву. Побутові кондиціонери також можуть функціонувати як теплові насоси в режимі опалення, оскільки вони мають таку ж конструкцію, як і теплові насоси.

Принцип роботи теплового насоса заснований на циклі, в якому робочий агент, "холодоагент", виділяє і поглинає тепло і циклічно переходить з одного стану в інший. Схема роботи теплового насоса показана на рисунку 2.1.



## Рис. 2.1 Технологічна схема роботи теплового насоса

Теплові насоси складаються з чотирьох основних елементів: випарника, компресора, конденсатора і регулюючого клапана (дроселя). У випарнику холодоагент кипить за рахунок тепла ґрунту (ґрунтовихвод), отриманого з розсолу (антифризу), що циркулює в контурі зондового насоса-випарника. Пари холодоагенту викачуються з випарника компресором, стискаються і подаються в конденсатор теплового насоса під високим тиском до 30 бар і температурою 60°C-90°C. У конденсаторі тепло від холодоагенту передається воді опалювального контуру і подається в системи опалення та гарячого водопостачання з температурою від 55°C до 75°C. У конденсаторі пара холодоагенту перетворюється на рідину високого тиску, яка проходить через регулювальний клапан і стискається до 4бар. У випарнику холодоагент кипить, забирає тепло від холодоагенту в зовнішньому контурі і перетворюється в пароподібний стан, який потім втягується в компресор, і робочий цикл повторюється.

### 2.2.2 Класифікація теплових насосів

Існують різні класифікації теплових насосів (таблиця 2.1).

Абсорбційні теплові насоси використовують суміш холодоагенту та його розчину в рідині з високою температурою кипіння як робочу рідину. На відміну від чистих речовин, розчини мають властивість поглинати пари з одного складу розчину в інший склад рідини, навіть якщо температура рідини вища за температуру пари. Схема абсорбційної установки подібна до схеми установки ідеального стиснення пари, за винятком того, що компресор замінено на абсорбційну установку (рис. 2.2)

Абсорбер призначений для стиснення холодоагенту від тиску на виході з випарника теплового насосного агрегату  $P_2$  до тиску на вході в конденсатор теплового насосного агрегату  $P_1$ . В абсорбер подається суха насичена пара



холодоагенту, в яку також подається розчин холодо агенту з температурою  $T_1$ .

Таблиця 2.1 – Класифікація теплових насосів

Ознака класифікації	Зміст
1. Принцип дії	парокомпресійні (ПТН); абсорбційні (АТН).
2. Джерела низькопотенційного тепла	теплота навколишнього повітря; теплота водойм і природних водних потоків (озеро, річка тощо); теплота ґрунтових і підземних вод; теплота ґрунту (поверхневих і глибинних шарів землі); теплота штучних джерел низькопотенційного тепла: - видаляється вентиляційне повітря; - каналізаційні стоки, стічні води; - промислові скиди; - тепло технологічних процесів; - побутові тепловиділення і т.п.
3. Типи теплообмінника	вода - вода; вода - повітря; повітря - повітря; повітря - вода; ґрунт - вода; ґрунт - повітря.
4. Принцип дії робочих середовищ	відкритий цикл; замкнений цикл.
5. Споживачі тепла	система опалення; система ГВП; система підігріву басейнів; система охолодження; інтегровані системи (тепловий насос забезпечує теплом системи опалення, гарячого водопостачання та охолодження).
6. Режими експлуатації ТН	моновалентний режим; моноенергетичний режим; бівалентний режим: - чергується; - паралельний; - частково паралельний.

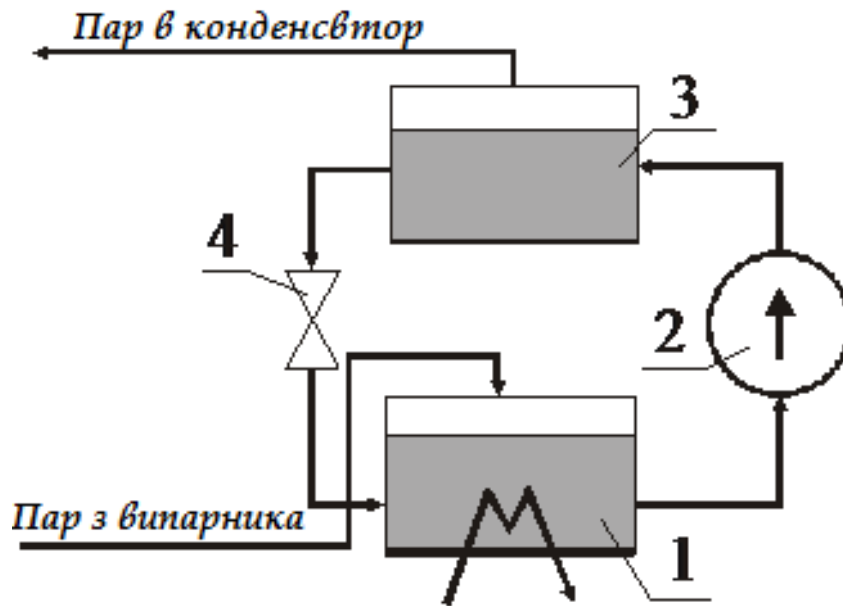


Рис. 2.2 Абсорбційний вузол теплонасосної установки

1 – абсорбер; 2 - насос; 3 - генератор пари; 4 - редукційний вентиль.

Абсорбер призначений для стиснення холодоагенту від тиску на виході з випарника теплового насосного агрегату  $P_2$  до тиску на вході в конденсатор теплового насосного агрегату  $P_1$ . В абсорбер подається суха насичена пара холодоагенту, в яку також подається розчин холодоагенту з температурою  $T_1$ . Розчин поглинає холодоагент, а поглинуте тепло відводиться холодним холодоагентом. Концентрація холодоагенту в розчині збільшується в процесі абсорбції, і концентрований розчин виводиться з абсорбера. За допомогою насоса, який підвищує тиск концентрованого розчину з  $P_2$  до  $P_1$ , розчин направляється в генератор парів аміаку, де тепло, що підводиться до розчину від зовнішнього джерела, викликає випаровування розчину. При цій температурі парціальний тиск розчинника в газовій фазі незначний, тому утворюється пара, яка практично складається з холодоагенту. Розчин з відновленим холодоагентом, що виходить з парогенератора, стискається редукційним клапаном з тиску  $P_1$  до тиску  $P_2$  і надходить в абсорбер, де концентрується холодоагентом. Перевага цього методу стиснення холодоагенту полягає в тому, що для підвищення тиску

використовується насос, а не компресор. Витрати праці на приведення в дію насоса невеликі порівняно з витратами праці на компресор. Збільшення роботи, необхідної для приводу компресора, компенсується втратами тепла в парогенераторі. Це тепло відводиться холодною охолоджувальною водою в абсорбері.

Недоліком абсорбційних насосів є наявність двох теплообмінників (абсорбер і генератор), до кожного з яких необхідно подавати холодну і гарячу охолоджуючу воду. Абсорбційні охолоджувачі слід застосовувати там, де можна використовувати відпрацьовану пару або низькотемпературний холодоагент [ 4-10 ].

У термоелектричних теплових насосах нагрівання та охолодження спаю призводить до протікання струму. І навпаки, коли до такого переходу подається струм, через нього протікає тепло. При з'єднанні напівпровідників створюється елементарний термоелектричний нагрівальний елемент. У цьому випадку, коли подається струм, тепло перетікає від переходу до електрода живлення. У реальних теплових насосах така конструкція нагрівального елемента використовується тільки для охолодження люмінесцентних ламп і підтримки температури холодного спаю термопар, через проблеми з одночасним підключенням термоелемента і електричною ізоляцією спаю.

Парокомпресійні теплові насоси використовують теплоту випаровування і конденсації холодоагенту (зазвичай фреону). Схема цього типу насосів показана на рисунку 2.3.

Робота теплового насоса полягає в наступному. Вода низької температури подається в міжтрубний простір випарника І і охолоджується за рахунок кипіння (випаровування) фреону (робочої рідини) в міжтрубному просторі випарника І. Парафреону у випарнику І постійно засмоктується компресором К і нагрівається, проходячи через регенеративний теплообмінник РТ і обмінюючись теплом з рідким фреоном, що протікає в

трубках теплообмінника. Компресор К стискає нагріту пару фреону до тиску конденсації і направляє її в міжтрубний простір конденсатора КД.

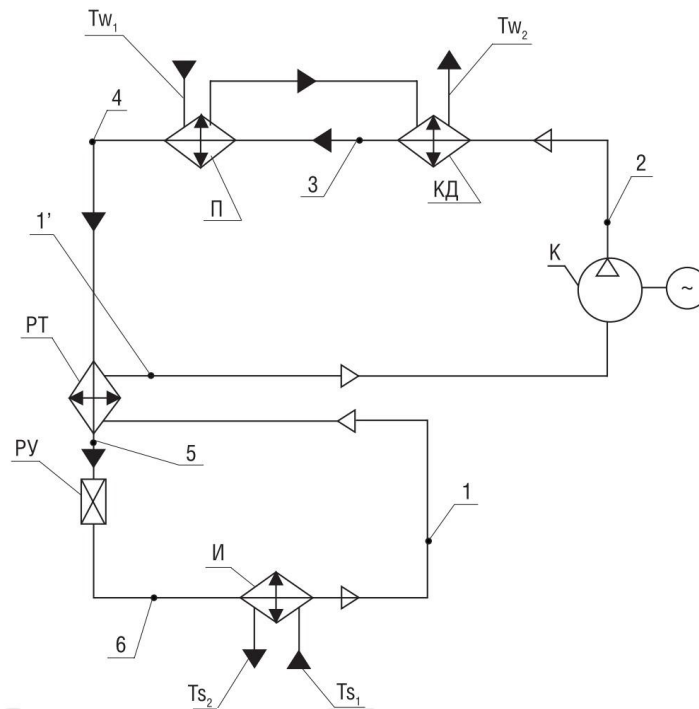


Рис. 2.3 Принципова схема парокомпресійного теплового насоса  
 К – компресор; КД – конденсатор; П – переохолоджувач; РТ – регенеративний теплообмінник; РУ – регулюючий пристрій; И – випарник;  $T_{s_1}$  и  $T_{s_2}$  – низькотемпературна вода;  $T_{w_1}$ ,  $T_{w_2}$  – вода, яка нагрівається

Нагріта в тепловій мережі вода подається в трубний простір конденсатора КД; на зовнішній поверхні труб в міжтрубному просторі КД пара фреону охолоджується і конденсується в рідину, яка надходить в переохолоджувач рідкого фреону Р і охолоджується за рахунок теплообміну з зворотною водою теплової мережі. Потім рідкий холодоагент проходить через труби рекуперативного теплообмінника РТ, де додатково рахунок теплообміну з парами фреону і стискається регулятором РУ, знижуючи свій тиск і, відповідно, температуру до тиску і температури випарника І. Парорідинна суміш, що утворюється в результаті стиснення, нагрівається через низькотемпературну воду і стінки труб і закипає у випарнику. Утворені

пари холодоагенту відсмоктуються компресором, і цикл робочої рідини теплового насоса замикається. Таким чином, робоче тіло постійно циркулює по замкнутому контуру теплового насоса, зазнає зміни агрегатного стану в пристрої і переносить тепло від поновлюваного низькотемпературного джерела тепла до середньопотенційного споживача тепла за рахунок споживання високопотенційної енергії в компресорі. Основною перевагою теплових насосів є їх високий ККД порівняно з котлами всіх типів. Враховуючи ефективність виробництва електроенергії на теплових електростанціях, стає зрозуміло, що використання теплових насосів в 1,2-2,5 рази вигідніше, ніж найефективніших (газових) котлів. Теплові насоси є дуже енергоефективним обладнанням і встановлення теплових насосів дозволяє заощадити до 268 кг вугілля, 84 кг мазуту та 58 м<sup>3</sup> газу на кожну 1 Гкал виробленої теплової енергії. Оскільки даний дипломний проект буде забезпечувати обігрів на об'єкті, необхідно використовувати парокompресійне джерело тепла, яке утилізує тепло з тепломережі з метою економії енергії, збільшення теплової потужності та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [10].

### **2.3 Тепло-енергетична оцінка використання установки**

Аналіз літератури показує, що ефективність теплових насосів має оцінюватися комплексно з використанням тепло-енергетичних, екологічних та економічних критеріїв. Використання лише теплових або як теплових, так і екологічних критеріїв є невірним.

Тільки одні критерії не можуть бути використані для чіткого визначення ефективності теплового насоса. Існує великий інтерес до використання систем теплових насосів не тільки з економічних причин, а й через прагнення знизити викиди парникових газів при спалюванні палива. Системи теплових насосів не виділяють шкідливих газів під час роботи і тому є одним з небагатьох реальних варіантів зниження парникового ефекту.

Використання нафти, вугілля та газу для виробництва енергії призводить до збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері, оскільки ці джерела енергії спалюють вуглець, який зберігався протягом багатьох років [13].

Впровадження в Україні ТНУ загальною потужністю 909,48 МВт з використанням низькотемпературних джерел тепла в сільській місцевості дасть змогу заощадити 614,650 млн м<sup>3</sup> природного газу на рік. Це дасть змогу зменшити викиди CO<sub>2</sub> в Україні на 732,263 тис. тонн на рік, знизити технічне навантаження на навколишнє середовище (особливо у великих промислових центрах) і підвищити економічну ефективність когенераційних установок за рахунок отримання коштів від продажу квот на викиди CO<sub>2</sub> в рамках Кіотського протоколу [13].

Ефективність теплонасосних установок значною мірою залежить від оптимального розподілу навантаження між теплонасосними установками і, наприклад, водогрійними котлами. Такий розподіл характеризується частками навантаження:

$$\beta = \frac{Q_{ТНУ}}{Q_{ТНС}}$$

$Q_{ТНУ}$  – потужність конденсатора теплонасосної установки, Вт

$Q_{ТНС}$  – потужність теплонасосної станції, Вт

Основні характеристики джерел низькотемпературної теплоти наведені в таблиці 2.2 [14].

Таблиця 2.2 – Низькотемпературні джерела теплоти

Джерело тепла	Температурний рівень джерела, °С
Повітря	-5 ...+15
Ґрунт	5...10
Ґрунтові води	8...15
Каналізаційні води	10...17
Оборотна вода	25...40
Геотермальні води	40...65
Вторинні енергоресурси	40...70

В таблиці 2.3 наведені характеристики тепло-енергетичності, екологічності та економічності теплонасосної установки з теплою ґрунту [22].

Таблиця 2.3 – Показники ефективності ТНУ

Частка навантаження ТНУ	Економія, %		
	Робоче паливо	Зниження викидів	Загальна економія засобів
0,158	5,85	1,01	3,95
0,315	15,38	2,02	9,84
0,475	25,56	3,03	16,66
0,629	38	4,04	24,78

#### **2.4 Аналіз основних теплових характеристик ґрунту при опаленні теплиці**

Як бачимо, основним показником теплового режиму є температура ґрунту, яка визначається надходженням сонячної енергії і тепловими властивостями самого ґрунту.

Таблиця 2.4 Питома щільність тепла різних видів ґрунту

Тип ґрунту	Питома теплова щільність	
	Теплообмінник горизонтальний, Вт/м <sup>2</sup>	Теплообмінник вертикальний з бетоном
Сухий піщаний	15 – 20	20
Вологий піщаний	20 – 25	40
Сухий глиняний	25 – 30	
Вологий глиняний	30 – 35	60

Ґрунтовий теплообмінник – це сполучна ланка між тепловим насосом і ґрунтом. Ґрунтовий теплообмінник може не тільки "витягувати" тепло з ґрунту, але й "зберігати" тепло (або холодне повітря) в ґрунтовому масиві. Загалом, існує два типи систем, які використовують низькопотенційне тепло ґрунту:

- відкриті системи: використовують ґрунтові водіяк джерело низькопотенційної теплової енергії подають її безпосередньо в тепловий насос;
- закриті системи: в ґрунті встановлюються теплообмінники, які циркулюють холодоагент з нижчою температурою, ніж ґрунт, який забирає теплову енергію з ґрунту і направляє її до випарника теплового насоса (якщо використовується холодоагент з вищою температурою, ніж ґрунт, то він охолоджує ґрунт).

## 2.5 Системи розміщення труб у ґрунті для одержання тепла

З існуючих основних типів таких систем з використанням теплових насосів горизонтальні теплообмінники є найбільш зручними, економічно вигідними, перспективними і надійними. Адже ґрунт є найбільш універсальним джерелом тепловіддачі. Він зберігає сонячну енергію і цілий рік нагрівається зсередини геотермальним теплом, що дозволяє обігрівати



будь-які будівлі. При цьому на глибині від 1м до 10м вона підтримує майже постійну температуру від  $+5^{\circ}\text{C}$  до  $+8^{\circ}\text{C}$  протягом року, тому завжди знаходиться "під ногами" і може випромінювати тепло незалежно від погодних умов. При використанні ґрунту як джерела тепла трубопровід, по якому циркулює антифриз, повинен бути заглиблений на 30-50 см нижче рівня промерзання ґрунту в даній місцевості (на глибину 0,7-1,2м).



Рис. 2.1 Встановлення труб

Виробники рекомендують максимальну відстань між трубами колектора 1,5 метра, а мінімальну - 0,7 метра. У нашому регіоні найоптимальнішим рішенням є прокладання трубопроводів на глибині 1,5 метри з кроком 0,7 метра, щоб забезпечити потрібну температуру в теплиці в холодну пору року. У цьому випадку буріння непотрібне, але потрібні більш масштабні земляні роботи на більшій площі. Ефективність така ж, які при відборі тепла зі свердловини. Спеціальна підготовка ґрунту не потрібна. Однак бажано використовувати ділянки, де ґрунт вологий; якщо він сухий, контури слід подовжити. Орієнтовна теплова потужність на метр трубопроводу: 50-60 Вт для глини, 30-40 Вт для піску у помірних широтах (Україна), на півночі значення нижчі. Для наших ґрунтів це 25-35 Вт. Тому для встановлення

теплого насоса потужністю 40 кВт потрібен підземний контур довжиною до 2000 м. Для цього теплого насоса оптимальним буде 20 заземлених контурів по 100 м кожен, що потребує приблизно 1400 м<sup>2</sup> землі ( $S = 2000 \cdot 0,7 = 1400 \text{ м}^2$ ). При правильних розрахунках контури мають незначний вплив на зелені насадження. Завдяки теплу ефективність таких насосів досить висока: якщо вивикористовуєте 1кВт електроенергії для перекачування рідини в землю і назад, то, за підрахунками, ви отримуєте від 4 до 7 кВт енергії для нагрівання.

Інвестиції досить великі, але при цьому ви отримуєте безпечну систему з тривалим терміном служби і досить високим коефіцієнтом перетворення тепла.

## **2.6 Висновки**

1. В дипломному проекті планується обігрів теплиці, тому для збільшення теплової потужності необхідна комбінація парокомпресійних ТН та ґрунтових теплообмінників.
2. Обладнання з використанням теплових насосів є не тільки економічною передумовою, але й має на меті зменшення викидів парникових газів від спалювання палива.
3. Аналіз теплоти в ґрунті показав, що щільність тепла в умовах підприємства становить від 25 до 40 Вт/м<sup>2</sup>
4. При використанні 1кВт електричної енергії для переміщення рідини в ґрунт можна отримати 4-7 кВт енергії для нагріву з високим коефіцієнтом теплового перетворення  $\mu = 5,03$ . Слід зазначити, що горизонтальні теплообмінники є найбільш зручними, економічно вигідними, перспективними і надійними.



### 3 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЕКТУ

Для проектування опалення розрахункова температура в теплицях для вирощування овочевих культур та розсади приймається в нічний період  $t_g=15$  С, а для розсади 8 С.

В холодний період року для зимових теплиць  $t_n$  приймають рівну середній температурі найбільш холодної п'ятиденки з забезпеченістю 0,92.

На витрати тепла для обігріву теплиць мають вплив способи укриття, так для плівкового покриття одинарного  $i_{inf}=1,05\div 1,10$ , для зведеного -  $i_{inf}=1,3\div 1,4$ , а для заскляних  $i_{inf}=1,25\div 1,30$ .

$$t_{cp.o} = - 12 \text{ С}$$

Опалювальна характеристика  $7,6 \text{ Вт/м}^2 \text{ С}$

Довжина (А) – 6,100 м.

Ширина (В) – 4,100 м.

20 секцій

Довжина технологічного приміщення (С) – 6 м.

Довжина полотна крівлі (h) – 0,56 м.

Висота теплиці (Н) – 2,5 м.

Коефіцієнт теплопередачі через конструкцію,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ , - 6,2

Температура всередині приміщення - +15 С.

#### 3.1 Розрахунок необхідної потужності теплового насоса з теплою грунту

Для теплиці блочного типу необхідно розрахувати потужність системи опалення.

Потужність систем опалення визначається тепловими втратами через зовнішні огорожі, грунт та на підігрівання інфільтруючого повітря.

Максимальна потужність системи опалення розрахована на забезпечення комфортних умов у найхолоднішу п'ятиденку року  $t_{cp.o} = - 12$  С:

$$Q_{max} = q_o V_{менл} (15 - t_{cp.o})$$

$$Q_{max} = 7,6 \cdot 510 \cdot (15 + 12) = 103,3 \text{ кВт}$$

Оскільки враховується обмежений термін роботи внаслідок можливих відключень електроенергії, тоді номінальна потужність, яка необхідна для опалення відповідає значенню:

$$Q_n = 1,2 Q_{max} \quad (3.1)$$

$$Q_n = 1,2 \cdot 103,3 = 124 \text{ кВт}$$

Середньоденна тривалість роботи теплового насоса:

$$\tau_{\partial} = \frac{24 Q_{max}}{Q_n} = \frac{24 \cdot 103,3}{124} = 20 \quad (3.2)$$

Місячна тривалість роботи теплового насоса:

$$\tau_M = 30 \cdot 20 = 600 \text{ год}$$

Помісячні та річна витрата електроенергії для приводу теплового насоса:

$$W_{el}^M = \tau \cdot Q_{el}^M \quad (3.3)$$

$$W_{el}^m = 600 \cdot 3,03 = 1800 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{el}^p = \sum_{m=3}^{10} W_{el}^m = 2178 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Температурний режим визначається різницею температур (вхідною  $t_{26}=50^\circ\text{C}$  та вихідною  $t_{36}=20^\circ\text{C}$ ):

$$\Delta t = t_{26} - t_{36} = 50 - 30 = 20^\circ\text{C} \quad (3.4)$$

Для оцінки необхідної потужності тепловідбору ґрунту необхідно розділити максимальне значення теплової потужності теплового насоса на відповідне їй значення ккд:

$$Q_{zp} > Q_{max} - Q_{el} = Q_{max} - \frac{Q_{max}}{\epsilon_{max}^m} \quad (3.5)$$

$$Q_{zp} = 124 - \frac{124}{20} = 117,8 \text{ кВт}$$

Площа земельної ділянки для відбору тепла ґрунту визначається діленням необхідної потужності тепловідбору ґрунту на питому потужність тепловіддачі ґрунту:

$$S_{zp} > \frac{Q_{zp}}{q_{zp}} = \frac{117}{0,3} = 390 \text{ м}^2$$

Довжина поліетиленової труби з діаметром 25 мм, що забезпечує ефективний відбір тепла ґрунту, розраховується через питому довжину тепловідбору, допустиму для  $1 \text{ м}^2$  площі ділянки  $1,7 \text{ м/м}^2$

$$L = 390 \cdot 1,7 = 663 \text{ м}$$

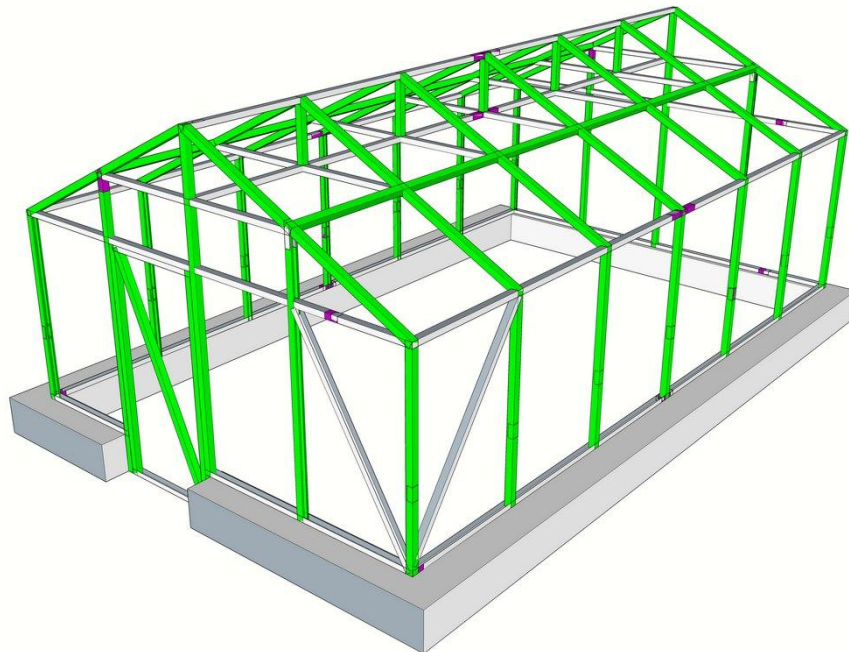
Укладка трубопроводу між двома паралельними вітками не може бути меншою за 0,6 м, а довжина однієї вітки трубопроводу не повинна перевищувати 100 м.

Оскільки коефіцієнт перетворення теплоти дорівнює 4,2, тому з вище приведених розрахунків необхідно підібрати насос з теплопродуктивністю до 30 кВт. Для обігріву теплиці площиною 510 м<sup>2</sup> (20 секцій) необхідно встановити 4 теплових насоси.

Виробники вітчизняних теплонасосних установок стверджують, що на одну витрачену кВт-годину електроенергії можна отримати 4 – 5 кВт-години теплової енергії, чого неможливо отримати при використанні звичайних електрообігрівачів.

### 3.2 Конструктивні розрахунки теплиці

Площу теплиці розраховують відповідно до рис.3.1



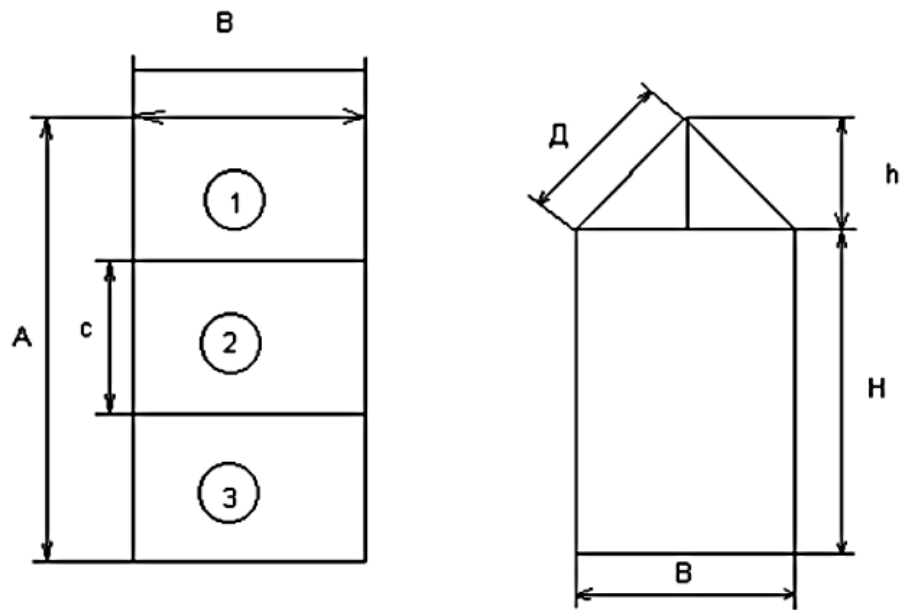


Рис. 3.1 – Ескіз приміщення теплиці в плані  
1, 3 – технологічні приміщення для рослин; 2 – підсобне приміщення.

В інженерній практиці для приблизних розрахунків прийнятий спрощений спосіб розрахунку потужності системи опалення  $Q_G$ , Вт знаходимо з виразу:

$$Q_{OGR} = q_0 \cdot F_n (t_v - t_n) \cdot i_{inf} \cdot \eta_{OG} \quad (3.6)$$

де  $q_0$  – коефіцієнт теплопередачі через конструкцію, Вт/м<sup>2</sup> С

(одинарне скло – 6,2; здвоєне – 3,34; одинарна плівка – 10,0; здвоєна плівка – 5,8).

$F_n$  – сумарна площа поверхні огорожі, м<sup>2</sup>;

$t_v, t_n$  – температури внутрішнього та зовнішнього повітря, С ;

$i_{inf}$  – коефіцієнт інфільтрації;

$\eta_{OG}$  – коефіцієнт огорожі.

Площу приміщення теплиці по зовнішньому обмірі  $F_n$ , м<sup>2</sup> знаходимо з виразу



$$F_n = (A \cdot B) + (A \cdot H) \cdot 2 + (B \cdot H) \cdot 2 + (B \cdot h) \cdot 2 + A \cdot D$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 + h^2}$$

$$F_n = 510 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт огорожі  $\eta_{ог}$  знаходимо з виразу

$$\eta_{ог} = \frac{F_0}{F_n} \quad (3.7)$$

де  $F_0$  – площа ґрунту,  $\text{м}^2$

$$\eta_{ог} = \frac{78,6}{108} = 0,72.$$

$$Q_{огр} = 10 \cdot 510 \cdot (+15 - (-12)) \cdot 1,25 \cdot 0,72 = 123930 \text{ Дж}$$

### 3.2.1 Розробка монтажної схеми обігріву теплиці з тепловим насосом

Для побудови нашої теплиці береться за основу 50-тий металопрофіль ПС (стієчний) та ПН (направляючий). Так як цей матеріал використовується у будівництві теплиць, бо має високу міцність. Для побудови стін використаємо полікарбонат (стільніковий полікарбонат) так як він має високу вогнестійкість (здатність не підтримувати горіння), стійкий до ударів (яка вища ніж у скла в 20 разів), а також цей матеріал гнучкий. Найголовніша його перевага, це теплоізоляційні властивості (за рахунок замкнутих осередків, наповнених найгіршим у світі провідником тепла - повітрям), що для нас є найголовнішим критерієм відбору матеріалу. Для підвищення світло-пропускної здатності ми обираємо бронзовий колір полікарбонату (це можливо зробити під час виготовлення полікарбонату на підприємстві виробника). Але є також два дуже великих недоліки цього матеріалу, а саме:

1) руйнування під впливом ультрафіолету;

2) інтенсивність теплового розширення;

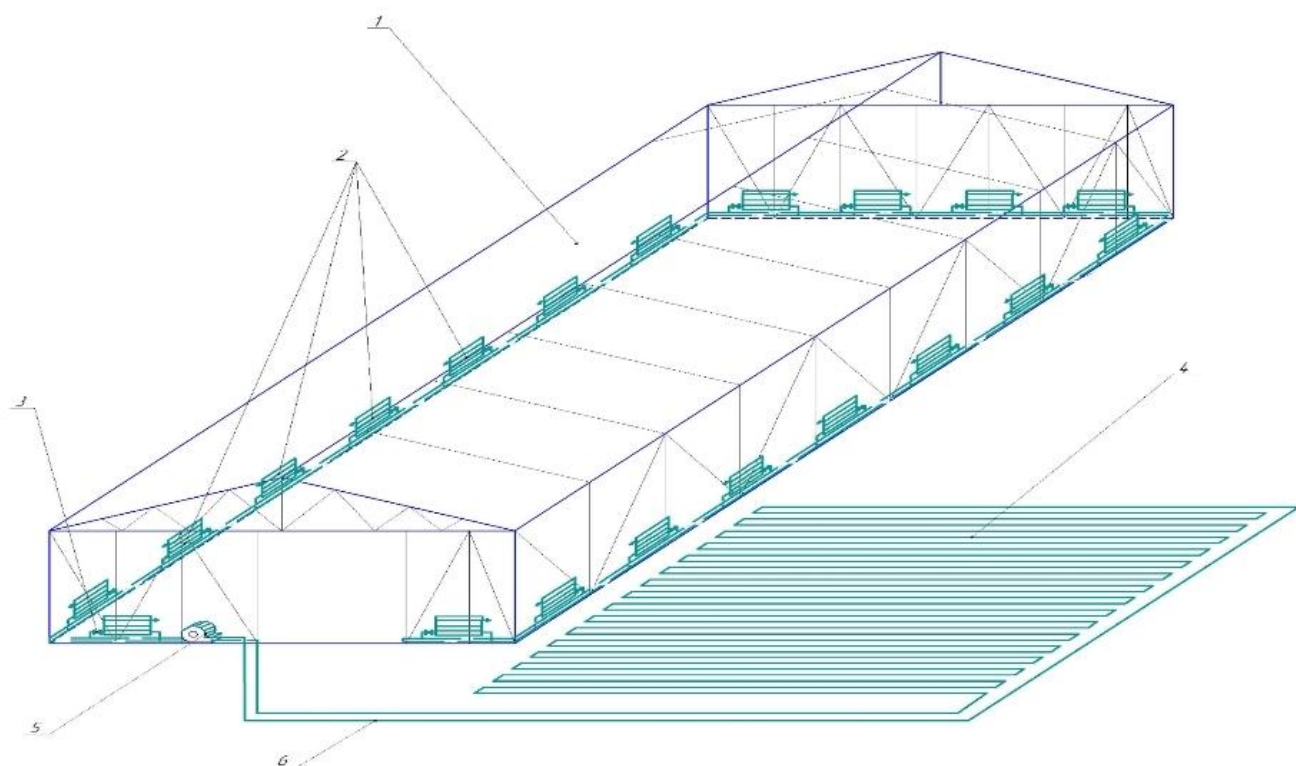


Рис.3.2 Монтажна схема теплиці з тепловим насосом та системою обігріву  
1-теплиця; 2-опалювальний прилад; 3-запорна арматура; 4-підземний контур;  
5-тепловий насос; 6-магістральний трубопровід.

Для запобігання першого недоліку ми будемо використовувати плівку яка має товщину 150 мк в состав якої входять УФ-стабілізатори - добавка-стабілізатор, що містить у своєму складі 20% «просторово ускладнених» амінів HALS (тобто амінів з просторовою будовою, що ускладнює конформаційний рух молекул - це дозволяє стабілізувати радикали) і антиокислювач. Принцип дії плівки показано на рис.3.3.

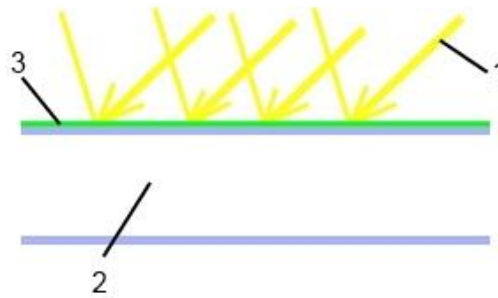


Рис. 3.3 Захист від ультрафіолету плівкою

1-УФ проміні; 2-полікарбонат; 3-захисна плівка.

Для запобігання 2-го недоліку при монтажі виконується розробка «термічного зазору». Розрахунок якого для нашої теплиці виконаємо по формулі 3.8:

$$\Delta L = L \cdot \Delta T \cdot k, \quad (3.8)$$

L — довжина листа, м (приймаємо 1 м);

$\Delta T$  — зміна температури, °C (беремо екстремальні зміни від -40°C до +40°C);

$k, = 0,065 \text{ мм} / \text{°Cм}$  — коефіцієнт лінійного температурного розширення стільникового полікарбона

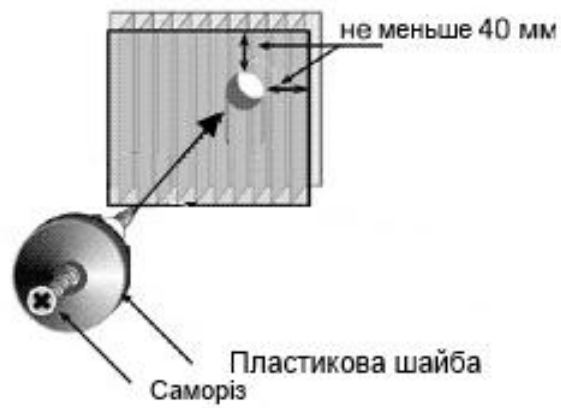
$$\Delta L = 1 \text{ м} \cdot 80 \text{ °C} \cdot 0,065 \text{ мм} / \text{°C} \cdot \text{м} = 5,2 \text{ мм}.$$

Необхідно залишати «термічний зазор» при з'єднанні і кріпленні листів між собою в площині. При точковому кріпленні листів стільникового полікарбонату до каркасу конструкції ми будемо використовувати саморізи зі спеціальними термошайбами конструкцію яких ми вдосконалили і впроваджуємо у цьому проекті. На рис 3.4а. зображено звичайний спосіб кріплення. Ми ж пропонуємо інший спосіб, який зображений на рис 3.4б.

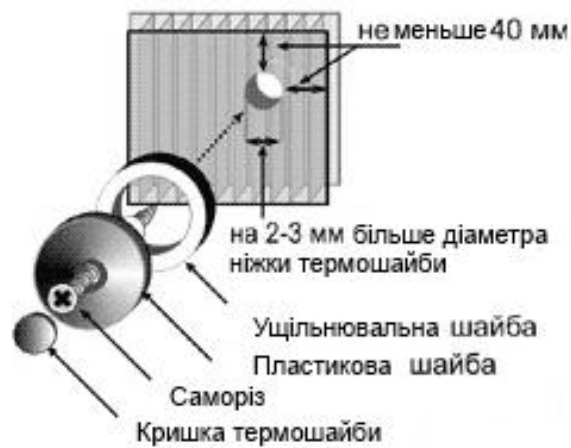
Наша термошайба складається з пластикової шайби з ніжкою (її висота відповідає товщині панелі), ущільнювальної шайби і защипувальної кришки.

Для компенсації термічного розширення отвори в листі стільникового полікарбонату повинні бути на 2-3 мм більше діаметру ніжки термошайби, а при великій протяжності листа - витягнутими в довжину. Рекомендований

крок точкового кріплення - 300-400 мм. Приклад правильного кріплення полікарбонату приведений на рис. 3.5.



а) звичайний спосіб кріплення.



б) запропонований в дипломному проекті

Рис 3.4 - Кріплення листів стільникового полікарбонату до каркасу конструкції

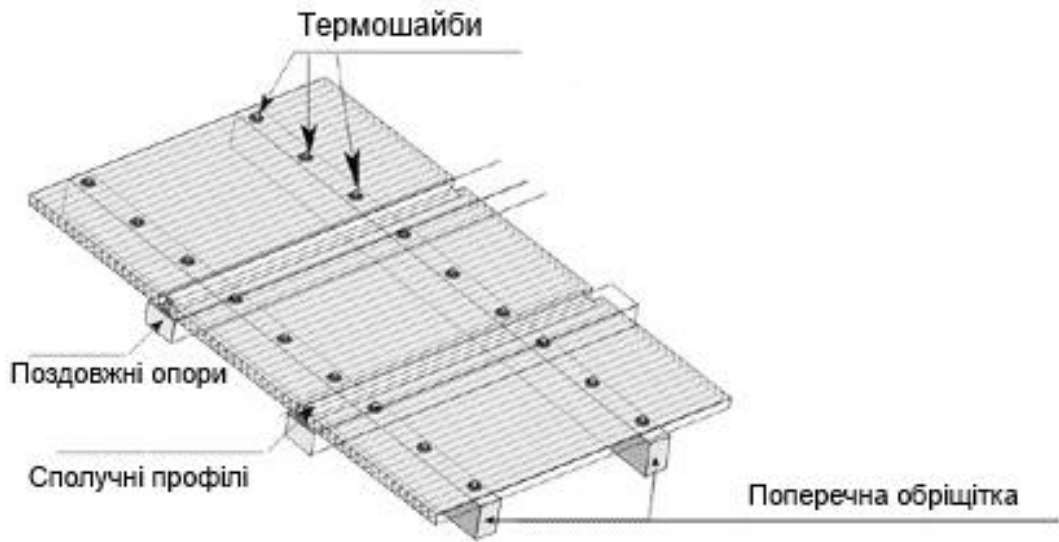


Рис.3.5. Кріплення полікарбонату

Після збору теплиці визначаємо кількість необхідних батарей для обігріву її за формулою (3.9):

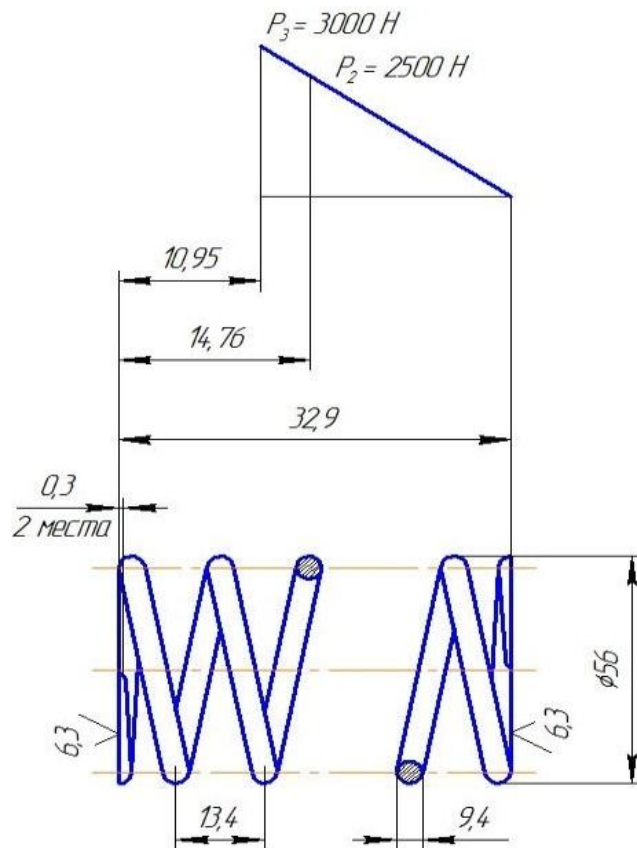
$$N = \frac{Q_{\text{кот}}}{Q_{\text{бат}}} = \frac{124 \text{кВт}}{6,2 \text{кВт}} = 20 \text{батареї.} \quad (3.9)$$

$Q_{\text{н}}$ - тепло, яке необхідне для обігріву;

$Q_{\text{бат}}$  - максимальна енергія яку може передати одна батарея.

### 3.2.2 Розрахунок стійкості пружини запобіжного клапану

Необхідно виконати розрахунок пружини стиску запобіжного клапану для опалювальної системи теплиці, при наступних режимах роботи:  $P_{\text{max}} = 2500\text{Н}$ ;  $P_{\text{min}} = 600\text{Н}$ ,  $\lambda = 5 \text{ mm}$ .



Вибираємо матеріал пружини і допустиме навантаження. Вибираємо сталь 60С2А з допустимою напругою для 1 групи  $\tau_k = 560$  МПа.

Граничне навантаження  $P = 1,2 P_{max} = 3000$  Н, при цьому допустиме напруження:

$$[\tau] = \frac{[\tau]_k}{1,2} = \frac{560}{1,2} = 466,7 \text{ МПа.}$$

Індекс пружини вибираємо:

$$C = D/d = 5 \text{ і коефіцієнт кривизни витків } K = 1.29.$$

Знаходимо діаметр дроту:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K \cdot C \cdot P_{max}}{[\tau]}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,29 \cdot 5 \cdot 2500}{466,7}} = 9,4 \text{ мм.}$$

Середній діаметр пружини:

$$D_0 = d_c = 9,4 \cdot 5 = 47 \text{ мм.}$$

Знаходимо максимальну деформацію пружини:

$$\lambda_{max} = \lambda \frac{P_{max}}{P_{max} - P_{min}} = 5 \cdot \frac{2500}{2500 - 600} = 6,57 \text{ мм.}$$

Визначимо кількість робочих витків пружини при  $G = 80 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$ :

$$i = \frac{G_d \cdot \lambda_{max}}{8C^3 \cdot P_{max}} = \frac{80 \cdot 10^3 \cdot 9,4 \cdot 6,57}{8 \cdot 5^3 \cdot 2500} = 1,97.$$

Знаходимо повну кількість витків (на за шліфовку добавляємо 2,03 витка):

$$i_1 = i + 2,03 = 4.$$

Визначаємо граничну висоту пружини, стиснутої до дотику сусідніх витків:

$$H = (i_1 - 0,5) \cdot d = (4 - 0,5) \cdot 9,4 = 32,9 \text{ мм.}$$

Знаходимо крок витків:

$$h = d + \frac{1,2 \cdot \lambda_{max}}{i} = 9,4 + \frac{1,2 \cdot 6,57}{1,97} = 13,4 \text{ мм.}$$

Повна висота пружини при відсутності навантаження:

$$H_0 = H + (h - d) = 32,9 + (13,4 - 9,4) = 36,9 \text{ мм.}$$

Стійкість пружини:

$$\frac{H_0}{D_0} = \frac{36,9}{47} = 0,79 < 3.$$

Стійкість забезпечена.

Визначаємо довжину розгорнутої пружини:

$$l \cong 3,2 \cdot D_0 \cdot i = 3,2 \cdot 47 \cdot 4 \cong 602 \text{ мм.}$$

Знаходимо дійсну напругу кручення:

$$\tau = \frac{8 \cdot K \cdot F \cdot D_0}{\pi \cdot d^3} = \frac{8 \cdot 1,29 \cdot 2500 \cdot 47}{\pi \cdot (9,4 \cdot 10^{-3})^3} = 465,2 \text{ МПа} < [\tau_k].$$

### 3.3 Висновки

1. В даному розділі виконали розрахунок необхідної потужності теплового насоса з теплою грунту для теплиці, яка становить 124 кВт. Довжина поліетиленової труби з діаметром 25 мм, що забезпечує ефективний відбір тепла грунту, становить 663 м.



2. Укладка трубопроводу між двома паралельними вітками не може бути меншою за 0,6 м, а довжина однієї вітки трубопроводу не повинна перевищувати 100 м.
3. Розроблено монтажну схему теплиці, а також матеріали з яких будується запропонована теплиця, для побудови стін використаємо полікарбонат (стільниковий полікарбонат) так як він має високу вогнестійкість (здатність не підтримувати горіння), стійкий до ударів.
4. Після збору теплиці визначено кількість необхідних батарей для обігріву теплиці, і складає 20 батарей.
5. Для компенсації термічного розширення отвори в листі стільникового полікарбонату повинні бути на 2-3 мм більше діаметру ніжки термошайби, а при великій протяжності листа - витягнутими в довжину. Рекомендований крок точкового кріплення - 300-400 мм, тобто в дипломному проекті пропонується використовувати термошайби під час кріплення полікарбонату.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Стан охорони праці на підприємстві.

Аналіз охорони праці в ТОВ «Олдрідж Груп» виявив наступні недоліки

- відсутня паспортизація санітарно-технічного стану виробничих дільниць та приміщень;

- та якість проведення первинного, повторного та позапланового інструктажів на робочому місці та з цільовою групою;

- не ведеться пропаганда охорони праці, незабезпеченість літературою, інструкціями, наочними та технічними засобами навчання та пропаганди, куточками безпеки з питань охорони праці

- вимоги до засобів індивідуального захисту не розробляються вчасно, працівники не забезпечуються відповідним спецодягом та взуттям;

Бригадир тракторної бригади, провідний інженер та інженер з охорони праці відповідають за забезпечення пожежної безпеки в організації робіт. Під час аналізу організації пожежної безпеки були виявлені наступні недоліки:

- не всі трактори та сільськогосподарська техніка обладнані блискавковідводами, що не відповідає вимогам українських норм пожежної безпеки;

- на робочих місцях операторів тракторів та комбайнів не встановлено засобів пожежогасіння.

Головний інженер та інженер з охорони праці тракторних бригад відповідають за організацію заходів з охорони навколишнього середовища.

Головний інженер та головний інженер з сільськогосподарської техніки відповідають за організацію заходів з попередження надзвичайних ситуацій.

Аналіз організації заходів з попередження надзвичайних ситуацій виявив наступні недоліки:

- не вся техніка знаходиться в робочому стані, а лише в стані, придатному для ремонту;
- не розроблені безпечні маршрути руху техніки під час проведення робіт на об'єкті.

## **4.2 Організація екологічної безпеки**

### **4.2.1 Комплекс заходів щодо забезпечення безпеки об'єкта.**

Пожежна безпека об'єкта визначається як стан, при якому забезпечується захист матеріальних цінностей шляхом усунення можливості виникнення, розвитку пожежі або впливу на людей небезпечних факторів пожежі.

Забезпечення пожежної безпеки на об'єктах є досить складним і багатогранним питанням, яке потребує комплексного підходу. Комплекс заходів та засобів забезпечення пожежної безпеки об'єкта складається з взаємопов'язаних систем, кожна з яких поділяється на підсистеми, які в свою чергу поділяються на підпорядковані підсистеми, які на рис. 4.1 не показані.

Основними системами комплексу заходів та засобів забезпечення пожежної безпеки на об'єкті є система протипожежного захисту, система протипожежного захисту та система організаційно-технічних заходів. Перші дві системи є дуже об'ємними і потребують більш детального вивчення і тому розглядаються в цьому розділі окремими параграфами.

Усі організаційно-технічні заходи на об'єктах можна поділити на організаційні заходи, технічні заходи, заходи безпеки та експлуатаційні заходи.



Рисунок 4.1 – Загальна схема комплексу заходів та засобів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта

Організаційні заходи пожежної безпеки включають організацію протипожежної профілактики в приміщеннях, проведення навчання пожежній безпеці (зокрема інструктажів, протипожежного і технічного мінімумів), використання наочних засобів протипожежної профілактики та пропаганди, організацію навчання пожежній безпеці та перевірок пожежної безпеки, перевірку протипожежного стану всіх приміщень, будівель і споруд тощо.

Технічні заходи включають суворе дотримання правил і норм, викладених у нормативних документах, що діють під час реконструкції приміщень, будівель і споруд, технічного переозброєння виробництва, експлуатації або можливого перевлаштування електромереж, опалення, вентиляції та освітлення.

До регульовальних заходів належать заборона паління і використання відкритого вогню в несанкціонованих місцях, недопущення сторонніх осіб у вибухонебезпечні будівлі та споруди, регулювання пожежної безпеки під час проведення робіт із гасіння пожеж.

З експлуатаційного боку своєчасно проводяться профілактичні огляди, випробування і ремонт технологічного обладнання, допоміжного обладнання та інженерного устаткування (електромережі, електроустаткування, опалення та вентиляція).

#### **4.2.2 Системи запобігання пожежам**

Система запобігання пожежі - це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на усунення умов, необхідних для виникнення пожежі.

Умови, необхідні для виникнення пожежі (горіння): один з основних принципів систем запобігання пожежам полягає в тому, що горіння (пожежа) можливе тільки за певних умов. Основною умовою є наявність трьох елементів (так званий трикутник Лавуазьє): горючих речовин, окисників і джерел займання. Крім того, горюча речовина має бути нагріта до необхідної температури і перебувати в правильному кількісному співвідношенні з окислювачем, а джерело запалювання повинне володіти енергією, необхідною для первісного імпульсу (займання). Наприклад, сірник не запалить дерев'яне поліноабостіл, але аркуш паперу легкозапалюється.

У таблиці 4.1 зазначено мінімальну енергію, необхідну для займання деяких парів, газів і пилоповітряних сумішей.

Джерела запалювання, що ініціюють горіння, включають відкрите полум'я, гарячі предмети, електричні заряди, хімічні, електричні та механічні теплові процеси, іскри від удару або тертя, сонячну радіацію, електромагнітне випромінювання та інші випромінювання. Джерела запалювання включають джерела високої, середньої та низької потужності (таблиця 4.2).

Горючі речовини-церековини, які під впливом високих температур, відкритого полум'я або інших джерел запалювання здатні спалахувати та продовжувати горіти з виділенням тепла і, як правило, світла. Більшість

горючих матеріалів складається з вуглецю (CARBON) і водню (H), які є основними HYDROGEN горючими компонентами. Крім вуглецю і водню, горючі матеріали можуть містити інші елементи і сполуки. Існує також низка горючих речовин, що являють собою прості елементи, такі як сірка, фосфор і вуглець. Горючі речовини розрізняються не тільки за хімічним складом, а й за фізичним станом, тобто твердий, рідкий або газоподібний стан. Як правило, горючі речовини в газоподібному стані є найбільш небезпечними з точки зору пожежі.

Горючі речовини мають різну теплотворну здатність, тому температура в момент пожежі залежить не тільки від кількості речовини, що згорає, а й від її складу. У таблиці 4.3 наведено температури полум'я під час горіння деяких речовин і матеріалів.

Таблиця 4.1 – Мінімальна енергія, що необхідна для займання деяких паро-, газо- та пилоповітряних сумішей (при тиску 1 атм. та температурі 20 °С)

Речовина	Мінімальна енергія мДж	Речовина	Мінімальна енергія мДж	Речовина	Мінімальна енергія мДж
Водень	0,011-0,02	Етиловий спирт	0,65	Вугілля	40
Ацетилен	0,02-0,05	Стеарат		Алюміній	50
Сірководень	0,068	алюмінію	15	Казеїн	60
Бензол	0,2-0,55	Сірка	15	Поліетилен	80
Пропан	0,26-0,3	Цирконій	15	Цинк	100
Метан	0,28-0,47	Магній	20	Полістирол	120
Ацетон	0,6			Феромарганець	250

До окисників належать хлор, фтор, оксиди азоту і нітрати, але для практичних цілей найважливішим є горіння, під час якого легкозаймисті речовини окислюються киснем повітря. У міру зменшення концентрації кисню в повітрі швидкість горіння сповільнюється, і коли концентрація

кисню падає нижче 14% (стандартно 21%), горіння більшості речовин стає неможливим. Однак деякі речовини містять так багато кисню, що реакції горіння можливі навіть без повітря (порох і вибухові речовини).

Таблиця 4.2 - Потужності деяких джерел запалювання

Джерело запалювання	Потужність, Дж/с		
	Менше 20	20-500	Більше 500
Сонячні промені	+		
Сигарета	+		
Іскра	+		
Головня	+		
Сірник		+	
Запальничка		+	
Багаття		+	+
Лазер			+
Блискавка			+

Таблиця 4.3 – Температура полум'я під час горіння деяких речовин та матеріалів

Речовина, матеріал	Температура полум'я, °C	Речовина, матеріал	Температура полум'я, °C
Стеарин	640-690	Сірка	1820
Деревина	700-1000	Метан	1950
Торф	770-790	Водень	2130
Спирти	900-1200	Сірководень	2195
Целулоїд	1100-1300	Ацетилен у повітрі	2150-2200
Нафтопродукти	1100-1300	Ацетилен у кисні	3100-3300
Парафін (свічка)	1430	Магній	близько 3000

На рис. 4.2. наведено графічне зображення умов, необхідних для виникнення горіння. Якщо хоча б одна з цих умов не виконується, то горіння не виникає.



Рисунок 4.2 – Необхідні умови для виникнення горіння

Після займання горіння тим інтенсивніше, чим більша площа контакту між горючими речовинами та окислювачами (паперові відходи горять краще, ніж паперові пачки) і чим вища концентрація, температура і тиск окислювача. Температура пожежі може досягати 1000-1300°C, а в деяких випадках, наприклад, під час горіння магнієвих сплавів, температура може досягати 3000°C.

Окислювачі та горючі матеріали утворюють так зване горюче середовище, яке може горіти навіть після видалення джерела запалювання. Системи запобігання пожежам включають два основні напрями: запобігання утворенню горючого середовища та запобігання появі (або внесенню) джерел займання в це середовище. Запобігання утворенню горючого середовища охоплює використання закритого виробничого устаткування, заміну, якщо це можливо, в технічних процесах горючих речовин і матеріалів на негорючі, обмеження кількості пожежо та вибухонебезпечних речовин, які використовуються та зберігаються, та їх не відповідне розміщення, ізоляцію горючих і вибухонебезпечних середовищ, використання закритих приміщень. Це досягається організацією контролю за складом повітря і спостереженням за станом середовища всередині обладнання, забезпеченням вентиляції для



роботи та аварійного використання, видаленням знавколишнього середовища легко займистих речовин і матеріалів.

Запобігання виникненню джерел запалювання в горючих середовищах досягається застосуванням устаткування і пристроїв, що не створюють джерел запалювання, використанням електрообладнання, що відповідає класам пожежо та вибухобезпеки приміщень, зон і груп або категорій вибухонебезпечних сумішей, виконанням вимог щодо сумісного зберігання речовин та матеріалів, виконанням вимог щодо електростатичної іскробезпеки, використанням обладнання, установкою блискавко захисту, організацією автоматичного контролю параметрів і т.д, запобігання самозаймання речовин і матеріалів; унеможливлення контакту займистих речовин і з повітрям; підтримання температури нагріву поверхонь устаткування, приладів, речовин і матеріалів, що можуть стикатися з горючими середовищами, нижче за максимально допустиму температуру (80% від температури самозаймання).

#### **4.3 Заходи з поліпшення охорони праці в господарстві**

Аналіз ситуації з охороною праці на фермах показує, що для підвищення безпеки під час використання теплових насосів необхідні такі заходи з охорони праці:

- своєчасно забезпечувати працівників інструкціями з техніки безпеки та засобами індивідуального захисту;
- забезпечити організаційно-технічною документацією з охорони праці робочі місця і пости;
- забезпечити необхідним механізованим обладнанням на робочих місцях, де часто проводяться демонтажні та монтажні роботи;

- відновити куточки безпеки і забезпечити нормативно-технічною документацією;
- обладнати пожежні щити відповідно до вимог охорони праці.

Також, слід зазначити, що теплонасосна установка- це електричне обладнання, то необхідно провести розрахунок параметрів захисного заземлення. Контур заземлення виконують з сталевих стрижнів, кутків, некондиційних труб. В траншеї глибиною до 0,7 м вертикально забивають стрижні, а верхні кінці з'єднують зварюванням. При цьому необхідно виконувати наступні умови:

- перетин сполучної смуги повинен бути не менш  $48 \text{ мм}^2$ , товщиною не менш 4 мм;
- мінімальний діаметр прутка – 10 мм
- довжина стрижня – не менше 1,5-2 м, щоб досягти не змерзаючого шару ґрунту.

Тому в якості вертикальних електродів приймаються прутки діаметром 0,02 м та довжиною 3,5 м.

Знаходимо допустимий опір заземлювача:

$$R_n = \frac{R_e R_d}{R_e - R_d} = \frac{10 \cdot 4}{10 - 4} = 6,67 \text{ Ом.} \quad (4.1)$$

Визначемо відстань від поверхні ґрунту до середини вертикального електрода:

$$t = h + \frac{l_e}{2} = 0,5 + 1,75 = 2,25 \text{ м.} \quad (4.2)$$

Приймаємо відстань між вертикальними електродами  $a=3,5 \text{ м}$ . Тоді опір одиночного вертикального заземлювача визначемо по формулі:

$$R_e = \frac{\rho \psi}{2\pi l_e} \left( \ln \frac{2l_e}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_e}{4t - l_e} \right) ; \quad (4.3)$$

$$R_g = \frac{87 \cdot 1,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \left( \ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,02} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,25 + 3,5}{4 \cdot 2,25 - 3,5} \right) = 31 \text{ Ом.} \quad (4.4)$$

Знаходимо орієнтовне число вертикальних заземлювачів:

$$n_{\text{орієнт}} = \frac{R_g}{R} = \frac{31}{6,67} = 4,6. \quad (4.5)$$

Згідно довідкової літератури коефіцієнт використання вертикальних електродів  $\eta_g = 0,7$ .

Тоді число вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R_g}{R_n \eta_g} = \frac{31}{6,67 \cdot 0,7} = 6,63. \quad (4.6)$$

Округлюємо число електродів до 7 і тоді коефіцієнт використання вертикальних електродів  $\eta_g = 0,73$ .

При розположенні електродів у ряд довжина горизонтального електрода:

$$l_z = a(n - 1) = 3,5(7 - 1) = 21 \text{ м} \quad (4.7)$$

Згідно довідкової літератури [35] приймаємо товщину горизонтального електрода  $b = 0,005 \text{ м}$ . Тоді опір горизонтального електрода

$$R_z = \frac{\rho \psi}{2\pi l_z} \ln \frac{2l_z}{bh}; \quad (4.8)$$

$$R_z = \frac{87 \cdot 1,3}{2 \cdot 3,14 \cdot 21} \ln \frac{2 \cdot 21^2}{0,005 \cdot 0,5} = 11 \text{ Ом.} \quad (4.9)$$

Опір штучного заземлювача визначається по формулі:

$$R_{uu} = \frac{R_6 R_z}{R_6 \eta_z + n_6 R_z \eta_6} = \frac{31 \cdot 11}{31 \cdot 0,73 + 7 \cdot 11 \cdot 0,65} = 4,69 \text{ Ом.} \quad (4.10)$$

Тоді загальний опір заземлювача має вигляд:

$$R = \frac{R_e R_{uu}}{R_e + R_{uu}} = \frac{10 \cdot 4,69}{10 + 4,69} = 3,19 \text{ Ом.} \quad (4.11)$$

Оскільки опір заземлювача менше  $R = 4 \text{ Ом}$  розрахунок виконано вірно.

З метою покращення стану охорони праці з обладнанням та уникнення травмонебезпечних ситуацій нами розроблено правила охорони праці при роботі з тепловим насосом.

#### 4.4 Висновки

Таким чином, проаналізувавши організацію заходів з дотримання вимог техніки безпеки, виробничої гігієни та санітарії, а також пожежної безпеки під час виконання робіт та технологічних операцій в ТОВ «Олдрідж Груп», можна зробити висновок, що стан дотримання вимог законодавства України щодо забезпечення охорони праці у зазначеному господарстві знаходиться на достатньому рівні.

Розглянуто заходи що до пожежної безпеки – стану об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей. Причинами пожеж та вибухів на підприємстві може бути порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

На даному підприємстві необхідно провести ряд протипожежних заходів, а саме: всі трактори та сільськогосподарські машини забезпечити іскрогасниками, тим самим виконати вимоги «Правил пожежної безпеки в Україні»; робочі місця трактористів та комбайнерів оснастити засобами пожежогасіння.



## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ.

У рамках дипломного проєкту для поліпшення опалення теплиці було використано тепловий насос. Також було прийнято нове обладнання. Відповідно, на придбання нового обладнання було витрачено додаткові кошти. Таким чином, основними техніко-економічними показниками проєкту є: рівень рентабельності виробництва, річний економічний ефект, термін окупності капітальних вкладень.

Визначаємо поточні витрати теплових насосів:

– зарплату з нарахуванням визначаємо по формулі:

$$З = З_о + З_{\text{дод}} + З_{\text{н}}, \text{ грн} \quad (5.1)$$

где  $З$  – зарплата з нарахуванням за рік, грн;

$З_о$  – основна заробітна плата за рік, грн;

$З_{\text{дод}}$  – додаткова зарплата, грн ( $З_{\text{дод}} = 0,2 \cdot З_о$ );

$З_{\text{н}}$  – нарахування на зарплату, грн  $З_{\text{н}} = 0,3719 \% \cdot (З_о + З_{\text{дод}})$ .

$$З_о = Н_з \cdot Т_{\text{заг}}, \quad (5.2)$$

де  $Н_з$  – середня річна тарифна ставка, грн./год. ( $Н_з = 8,00$  грн.);

$Т_{\text{заг}}$  – загальна трудомісткість робіт (для базового варіанту  $Т_{\text{заг}}^{\text{б}} = 2600$  люд.-год., для проектного варіанту  $Т_{\text{заг}}^{\text{пр}} = 2150$  люд.-год.).

Тоді

$$З_о^{\text{б}} = 8 \cdot 2600 = 20800 \text{ грн};$$

$$З_о^{\text{пр}} = 8 \cdot 2150 = 17200 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дод}}^{\text{б}} = 0,2 \cdot 20800 = 4160 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дод}}^{\text{пр}} = 0,2 \cdot 17200 = 3440 \text{ грн};$$

$$З_{\text{н}}^{\text{б}} = 0,3719 \cdot (20800 + 4160) = 9282,6 \text{ грн.}$$

$$З_{н}^{np} = 0,3719 \cdot (17200 + 3440) = 7676 \text{ грн.}$$

Підставляючи знайденні значення в формулу (5.1) визначаємо річний фонд заробітної плати:

$$З^{\circ} = 20800 + 4160 + 9282,6 = 34242,6 \text{ грн.}$$

$$З^{np} = 17200 + 3440 + 7676 = 28316 \text{ грн.}$$

– амортизація обладнання розраховується по формулі:

$$A = \frac{B \cdot H_A}{100}, \quad (5.3)$$

де  $B$  – балансова вартість обладнання (сума капіталовкладень), грн. (для базового варіанту  $B^{\circ} = 100000$  грн., для проектного  $B^{np} = 234000$  грн.);

$H_A$  – норма амортизація, % ( $H_A = 15$ );

$$A = \frac{100000 \cdot 15}{100} = 15000 \text{ грн.},$$

$$A = \frac{234000 \cdot 15}{100} = 35100 \text{ грн.}$$

– витрати на текучий ремонт обладнання:

$$P_o = \frac{B \cdot H_p}{100}, \quad (5.4)$$

де  $H_p$  – нормативний процент відрахувань на ремонт обладнання, % ( $H_p=3,5$ )

$$P_B = \frac{15000 \cdot 3,5}{100} = 525 \text{ грн.},$$

$$P_{np} = \frac{35100 \cdot 3,5}{100} = 1228,5 \text{ грн.}$$



- витрати на запасні частини та матеріали складають 150% від фонду заробітної плати

$$C_{зп} = 1,5 \cdot \quad (5.5)$$

$$C_{зп}^{\text{б}} = 1,5 \cdot 20800 = 31200 \text{ грн.}$$

$$C_{зп}^{\text{пп}} = 1,5 \cdot 17200 = 25800 \text{ грн.}$$

– витрати на газ розраховуються виходячи із загальної потужності обладнання і часу його роботи на рік. Також потужність освітлювальних приладів, які працюють на протязі всього робочого дня.

$$E = N_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \Pi + N_{\text{осв}} \cdot t_{\text{осв}} \cdot \Pi, \quad (5.6)$$

де  $N_{\text{об}}$  – загальна потужність обладнання, (при базовому варіанті  $N_{\text{об}}^{\text{б}} =$

150 кВт, при проектному  $N_{\text{об}}^{\text{пп}} = 165$  кВт)

$t_{\text{об}}$  – тривалість роботи обладнання за час обігріву, год ( $t_{\text{об}} = 2000$ )

$\Pi$  – вартість  $1\text{м}^3$  газу, грн;

$N_{\text{осв}}$  – потужність системи освітлення,  $N_{\text{осв}} = 90$  кВт;

$t_{\text{осв}}$  – час обігріву  $t_{\text{осв}} = 2400$  год.

$$E^{\text{б}} = 150 \cdot 2000 \cdot 8,35 + 90 \cdot 2400 \cdot 1,35 = 332100 \text{ грн.}$$

При використанні теплового насоса  $E^{\text{пп}}$  розраховуємо по такій формулі:

$$E^{\text{пп}} = E^{\text{б}} \cdot \frac{1}{4}$$

$$E^{\text{пп}} = 332100 \cdot \frac{1}{4} = 83025 \text{ грн.}$$

– інші витрати, що включають в себе витрати на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці, протипожежні заходи розраховуються в розмірі 3% від суми всіх прямих витрат:

$$C_{\text{ін}} = (З + А + P_o + C_{\text{зп}} + E) \cdot 0,03 \quad (5.7)$$

$$З_{\text{ін}}^{\text{б}} = (34242,6 + 15000 + 525 + 31200 + 332100) \cdot 0,03 = 12392 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{ін}}^{\text{пп}} = (28316 + 35100 + 1228,5 + 25800 + 83025) \cdot 0,03 = 2713,33 \text{ грн.}$$

Загальні витрати визначаються як сума всіх вище перерахованих витрат:

$$З_{\text{заг}} = З + А + P_o + C_{\text{зп}} + E + З_{\text{ін}}, \quad (5.8)$$

$$З_{\text{заг}}^{\text{б}} = 34242,6 + 15000 + 525 + 31200 + 332100 + 12392 = 425459,6 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{заг}}^{\text{пп}} = 28316 + 35100 + 1228,5 + 25800 + 83025 + 2713,33 = 93157,83 \text{ грн.}$$

Визначаємо економічні показники проекту:

Об'єм поточних витрат на одиницю роботи:

$$З_{\text{од}} = \frac{З_{\text{заг}}}{n}, \quad (5.9)$$

де  $n$  – кількість секцій,  $n = 15$  секцій.

$$З_{\text{од}}^{\text{б}} = \frac{425459,6}{15} = 28363,97 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{од}}^{\text{пп}} = \frac{93157,83}{15} = 6210,52 \text{ грн.}$$

Розмір капіталовкладень на одиницю роботи:

$$KB = \frac{K}{n} \quad (5.10)$$

$$KB^{\bar{}} = \frac{100000}{15} = 6666,67 \text{ грн.}$$

$$KB^{np} = \frac{234000}{15} = 15600 \text{ грн.}$$

Приведені затрати на одиницю роботи визначаються по формулі:

$$ЗП = З_{од} + 0,15 \cdot KB, \quad (5.11)$$

$$ЗП^{\bar{}} = 28363,97 + 0,15 \cdot 6666,67 = 29363,97 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 6210,52 + 0,15 \cdot 15600 = 8550,52 \text{ грн.}$$

Повна цехова собівартість на одиницю роботи розраховується як:

$$C = З_{пр} + K_n \cdot З_{пр}, \quad (5.12)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт який враховує накладні витрати, % ( $K_n = 10$ ).

$$C^{\bar{}} = 29363,97 + 0,1 \cdot 29363,97 = 32300,38 \text{ грн.}$$

$$C^{np} = 8550,52 + 0,1 \cdot 8550,52 = 9405,57 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_p = (C^{\bar{}} - C^{np}) \cdot n = (32300,38 - 9405,57) \cdot 15 = 34342,15 \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Строк окупності додаткових капітальних вкладень розраховується по формулі:

$$O_{\kappa} = \frac{K^{np} - K^{\delta}}{E_p} = \frac{234000 - 100000}{34342,15} = 3,9 \text{ роки} \quad (5.14)$$

Основні результати розрахунку представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Економічна ефективність проекту

Показник	Використання газових котлів	Використання теплового насосу	Економічна доцільність використання теплового насосу	
			+,-	%
Енергоспоживання, кВт	2110	422	-1688	80
Витрати на придбання техніки, тис. грн.	140	243	+103	173,6
Затрати на одиницю роботи, тис. грн.	22,682	6,676	-16,005	29,4
Затрати на опалення (в середньому), тис. грн.	332	64,4	-267,6	81
Амортизація на обладнання, тис. грн.	21	36,45	+15,45	173,6
Загальні витрати, тис. грн.	515,682	286,126	-229,5	55,48
Річний економічний ефект, тис. грн.			34,342	
Строк окупності, роки.			3,9	

## 5.1 Висновки

Таким чином, аналізуючи вище приведені розрахунки, можна зробити висновок, що запровадження заходів по удосконаленню використання

теплого насосу для обігріву теплиці, ми вдосконалили обігрів теплиці бетареями теплового насосу в ТОВ «Олдрідж Груп» м. Дніпро.

Річний економічний ефект складає 34342,15 грн., при цьому строк окупності додаткових капітальних витрат складає 3,9 років. Що є непоганими показниками.

## ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз виробничої діяльності господарства та розроблено проєкт обігріву тепличного комплексу для вирощування овочів.

2. Для використання теплонасосної установку в теплиці доцільно примінити ґрунтові теплообмінники. Тому було проведено теплофізичний аналіз ґрунту, який показує що щільність тепла в умовах підприємства становить від 25 до 40 Вт/м<sup>2</sup>

3. При використанні 1кВт електричної енергії для переміщення рідини в ґрунт можна отримати 4-7 кВт енергії для нагріву з високим коефіцієнтом теплового перетворення  $\mu = 5,03$ .

4. Необхідна потужність теплового насоса з теплою ґрунту для теплиці, яка становить 124 кВт. Довжина поліетиленової труби з діаметром 25 мм, що забезпечує ефективний відбір тепла ґрунту, становить 663 м.

5. Укладка трубопроводу між двома паралельними вітками не може бути меншою за 0,6 м, а довжина однієї вітки трубопроводу не повинна перевищувати 100 м.

6. Розроблено монтажну схему теплиці, а також матеріали з яких будується запропонована теплиця, для побудови стін використаємо полікарбонат (стільниковий полікарбонат) так як він має високу вогнестійкість (здатність не підтримувати горіння), стійкий до ударів.

7. Після збору теплиці визначено кількість необхідних батарей для обігріву теплиці, і складає 20 батарей.

8. Для компенсації термічного розширення отвори в листі стільникового полікарбонату повинні бути на 2-3 мм більше діаметру ніжки термошайби, а при великій протяжності листа - витягнутими в довжину. Рекомендований крок точкового кріплення - 300-400 мм, тобто в дипломному проєкт пропонується використовувати термошайби під час кріплення полікарбонату.

9. Річний економічний ефект складає 34342,15 грн., при цьому строк окупності додаткових капітальних витрат складає 3,9 років. Що є непоганими показниками.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бородай Г.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільськогосподарському виробництві: Навчальний посібник. Полтава. 1999.146 с.
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних і нетрадиційних джерел України. К.: Національна Академія наук України. 2001. 41с
3. Надеин И. Альтернативна енергетика в Україні. Дзеркало тижня. – 2010. № 26: <http://zn.ua>
4. Дідур В.А., Стручаев М.І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві / За заг. ред. В.А. Дідура. - К.: Аграрна освіта, 2008. 233 с.
5. Драганов Б.Х. та інші. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві. К.: Урожай, 1995. - 224 с.
6. Безродний М.К. Термодинамічна ефективність теплонасосних схем кондиціонування повітря / М.К. Безродний, Т.В. Дранік // Наукові вісті КПІ. – 2012. - № 6. – С. 23 - 28.
7. Васильєв Г.П. використання низкопотенційної теплової енергії ґрунту в теплонасосних установках / Г. П. Васильєв, Н. В. Шилкин // АВОК. – 2003. № 2. С.52-60.
8. Васильєв Г.П. Теплонасосні системи теплозбереження (ТСТ) для споживачів теплової енергії в сільській місцевості // Теплоенергетика. 1997. № 4. С. 24-27.
9. Снежкин Ю.Ф., Петрова Ж.А., Пазюк В.М. Энергоэффективные теплотехнологии производства функциональных пищевых порошков. Монография. – Вінниця: «ВНАУ», 2016. –456 с
10. Термодинамічна ефективність теплонасосних систем повітряного опалення та вентиляції з рекуператором теплоти та рециркуляцією



відпрацьованого повітря повітря / М.К. Безродний, М.А. Галан // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2012. №1. с. 103-110.

11. Огуречников Л.А. Аналіз ефективності низькотемпературних енергозберігаючих технологій // Енергетика. 2006. № 6. С. 42-51.

12. Горшков В. Г. Теплові насоси. Аналітичний огляд // Методичка промислового устаткування. 2004. № 2.

13. Яндульський О.С. Практичне впровадження теплових насосів та комплексне енергозабезпечення об'єктів соціальної сфери та промислової галузі України / О.С. Яндульський // Енергетика та електрифікація. 2008. №2. С.44 - 46.

14. Золотовська О.В., Теслюк Г.В., Пугач А.М. Конспект лекцій з теплотехніки: навчальний посібник. Дніпро. ДДАЕУ. 2023. 324 с.

15. Ефективність теплонасосних систем опалення з використанням теплоти попередньо підігрітого атмосферного повітря / М.К. Безродний, Н.О. Притула // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2012. № 5/8. – с. 24–28.

16. Дудін В.Ю., Теслюк Г.В., Деркач О.Д. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 45 с.