

**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 проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення сонячної опалювальної системи з сезонним
акумуляуванням тепла**

Виконав: студент 3 курсу групи М-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Десятерик Іван Сергійович _____

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро – 2024

**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)

« ____ » _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Десятерик Іван Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення сонячної опалювальної системи з сезонним акумулюванням тепла

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 06 » травня 2024 року № 984

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту Характеристика фермерського господарства. Аналіз літературних джерел та обґрунтування актуальності дипломного проєкту. Аналіз конструкцій акумулюючих пристроїв для сонячної установки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз стану механізації виробничих процесів. 2. Обґрунтування актуальності теми дипломного проєкту та способи вирішення поставленої задачі 3. Конструктивна-технологічна проробка проєкту. 4. Охорона праці та захист навколишнього

середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проєкту. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Аналіз господарства. (А1). 2. План майстерні з обладнанням (А1). 3. Технологічна схема опалення з теплоакумуючими пристроями (А1). 4. Акумулюючий пристрій. Складальне креслення (А1). 5. Корпус акумулятора (А2). Кришка акумулятора (А2). 6. Теплообмінник системи опалення (А3). Теплообмінник системи водопостачання (А3). Патрубок системи опалення (А3). Патрубок системи водопостачання (А3) 7. Економічна ефективність проєкту.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Золотовська О.В., доцент		
2	Золотовська О.В., доцент		
3	Золотовська О.В., доцент		
4	Золотовська О.В., доцент		
5	Золотовська О.В., доцент		
Нормо-контроль	Бойко В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання: 12.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика господарства	13.03.24-12.04.24	
2	Аналіз актуальності проєкту	14.03.24-14.05.24	
3	Технологічно-конструктивний	15.04.24-20.05.24	
4	Охорона праці	17.04.24-21.05.24	
5	Економічний	18.04.24-6.06.24	
6	Графічна частина	10.05.24-6.06.24	

Студент

_____ (підпис)

Десятерик І.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Золотовська О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

№строку	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. листів	Номер листа	Примітка	
			Документація				
1	A4	52.ДП.036.000.000.ПЗ	Розрахунково - пояснювальна записка				
2	A1	52.ДП.036.000.000.ТБ	Аналіз господарства	1	1		
3	A1	52.ДП.036.000.000.ТП	План майстерні з обладнанням	1	2		
4	A1	52.ДП.036.000.000.ТХ	Технолог. схема опалення з теплоакумуючими пристроями	1	3		
5	A1	52.ДП.036.000.000.СК	Акумуляуючий пристрій тепла Складальне креслення	1	4		
6	A2	52.ДП.036.000.001.СК	Корпус акумулятора тепла	1	5		
7	A2	52.ДП.036.000.002.СК	Кришка акумулятора тепла	1	5		
8	A3	52.ДП.036.000.003.СК	Теплообмінник системи опалення	1	6		
9	A3	52.ДП.036.000.004.СК	Теплообмінник системи водопостачання	1	6		
10	A3	52.ДП.036.000.005.СК	Патрубок системи опалення	1	6		
11	A3	52.ДП.036.000.006.СК	Патрубок системи водопос- тачання	1	6		
12	A1	52.ДП.036.000.000.ТБ	Економічна ефективність проекту	1	7		
			52.ДП.036.000.000.ПЗ				
Зм.	Лист т	№ докум	Підпис	Дата			
Розроб.	Десятерик І.С.				Лім	Лист	Листів
Перев.	Золотовська О.В.						
Реценз.							
Відомості							

<i>Н. контр.</i>	<i>Бойко В.Б</i>			<i>дипломного проекту</i>	<i>ДДАЕУ Група М-20</i>
<i>Затв.</i>	<i>Теслюк Г.В.</i>				

АНОТАЦІЯ

Десятерик І.С. Удосконалення сонячної опалювальної системи з сезонним акумулюванням тепла/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Кваліфікаційна робота включає в себе 5 розділів. У першому розділі представлені характеристики ферм, баз ремонту і технічного обслуговування та адміністративних будівель, які повинні опалюватися сонячними колекторами, при цьому особлива увага приділяється поліпшенню роботи ремонтної майстерні та її обігріву протягом усього року завдяки розробленим пристроям накопичення тепла.

У другому розділі розглядається сонячна енергія на поверхні Землі, перетворення та використання сонячної енергії для теплопостачання, опис Сонячної системи сонячних колекторів, властивості варіантів Сонячної системи та матеріалів для зберігання.

У третьому розділі проведено дослідження теплового випромінювання і наведено розрахунок споживання тепла в системі теплопостачання. Проведено розрахунок теплоакumuлюючого пристрою.

Четвертий розділ присвячений питанням, пов'язаним з Організацією Охорони праці в домашніх умовах, і описує стан охорони праці. Надано рекомендації господарствам щодо поліпшення умов охорони праці.

У розділі 5 були проведені розробка дизайну, техніко-економічна оцінка сонячних колекторів і пристроїв, що вказують на економічну ефективність інвестицій.

Ключові слова: випромінювання, теплопостачання, сонячна установка, акумулювання тепла, пристрій.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧІ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	9
1.1 Характеристика господарства	9
1.2 Обсяг використання земельних ділянок	14
1.3 Аналіз парку сільськогосподарської техніки та тракторів	16
1.4 Витрата палива і мастильних матеріалів	17
1.5 Ремонтно-експлуатаційна база	17
2 ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ПРОЕКТУ	21
2.1 Аналіз використання сонячного тепла	21
2.1.1 Теплова стійкість поверхні Землі від сонця	23
2.1.2 Потенціал сонячної енергетики в Україні	24
2.2 Аналіз використання сонячного тепла для опалення	26
2.3 Аналіз систем сонячного теплопостачання з акумулюванням тепла	31
2.4 Класифікація акумулюючих пристроїв	35
3 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЕКТУ	41
3.1 Розробка схеми теплопостачання до споживача	41
3.2 Розрахунок основних параметрів сонячного колектора	43
3.4 Визначення конструктивних розмірів	51
3.4.1 Вибір колектора	51
3.4.2 Визначення геометричних розмірів і акумулювання тепла в накопичувачах	53
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	59
4.1 Організація охорони праці на фермах	59
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ВСТУП

На теперішній час негативним впливом на навколишнє середовище є використання традиційних джерел енергії. Україна на сьогодні має зростання цін на природний газ і нафтопродукти. Альтернативним шляхом для вирішення даної проблеми є запровадження нетрадиційних джерел енергії, що збільшить енергоресурси, а також забезпечить екологічність та економічний розвиток. Одним з найперспективнішим джерелом відновлювальних джерел є енергія сонця. Раціональним результатом цього є використання сонячних колекторів.

Першоджерелом енергії для протікання всіх процесів на Землі служить сонце. Сонце випромінює велику кількість енергії. Значення сонячної сталої показує, що сумарний потік енергії сонячного випромінювання, який проходить за одиницю часу через одиничну площадку складає 1366 Вт/м^2 . В залежності від широти місцевості, стану атмосфери і пори року на один квадратний метр земної поверхні потужність сонячного випромінювання може досягати 500-600 Вт.

Одним з основних економічних показників сонячного колектора, поряд з його вартістю, є надійність та довговічність. Термін служби геліоколектора складає не менше 10 років. У геліосистему отримання низькотемпературного тепла, також входять накопичувачі тепла (баки акумулятори), які в простому випадку є термоізольованими ємкостями (термоси) для зберігання гарячої води. Об'єм бака акумулятора та необхідна площа геліоколекторів, визначаються добовим споживанням тепла та середнім числом сонячних днів на рік в даній місцевості.

Якщо сонячний колектор використовує не воду, а незамерзаючу рідину, то за допомогою теплообмінника в накопичувальному теплоізольованому баці та додаткового нагрівача (газ, електрика і тому подібне) можна протягом року економити до 50-60% енергії, необхідної для обігріву будинку та інших теплових домашніх потреб, що практично широко використовується в промислово-розвинених країнах. В цьому випадку сонячні колектори

працюють цілий рік в автоматичному режимі, паралельно із звичайними паливними або електричними нагрівачами води. У геліосистемах для сушки матеріалів та продуктів сільського господарства в якості теплоносія використовується повітря.

На території України енергія сонячного випромінювання за годину на рік становить в середньому 4 кВт на квадратний метр на годину (до 6-6,5 кВт на годину влітку) або близько 1,5 кВт на квадратний метр на годину (до 6,5 кВт на годину влітку) або кВт-год на квадратний метр на рік, що приблизно відповідає рівню країн Центральної Європи, де використання сонячної енергії є досить поширеним.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧІ ДІЯЛЬНОСТІ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

1.1 Характеристика господарства

На території господарства знаходиться тракторна бригада, механічна майстерня і гараж. Всього тут 120 гектарів землі. Основними галузями господарства є рослинництво: озима пшениця, яри. Ячмінь, кукурудза на крупи, Соняшник.

Територія господарства багата чорноземами. Гірські породи, з яких складається ґрунт, в основному представлені важкими суглинками. Основні площі господарства зайняті чорноземами звичайними, з низьким вмістом гумусу і їх різновидами. Ґрунт має пестицидні властивості, які сприятливі для сільського господарства.

Дані багаторічних спостережень погодних умов на вирощування сільськогосподарської продукції наводяться, що погода має важливу роль у формуванні врожайності сільськогосподарських культур.

Ферма розташована в зоні помірно-континентального клімату, де влітку стоїть спека, а взимку відбуваються значні перепади температур. Влітку часто спостерігаються суховії, а взимку відлиги, коли температура повітря підвищується до +10-13, 0°C. навесні переважають вітри східного напрямку.

У весняний період в 4-20-х числах місяця відзначається перехід середньої температури на 10 0C через 1 день, а в 5-20 - х числах місяця-на 15 0C. Перші осінні заморозки наступають в кінці 9-го і початку 10-го місяців.

Дані про погодні умови надані Запорізьким СGM і показані на рис. 1.1

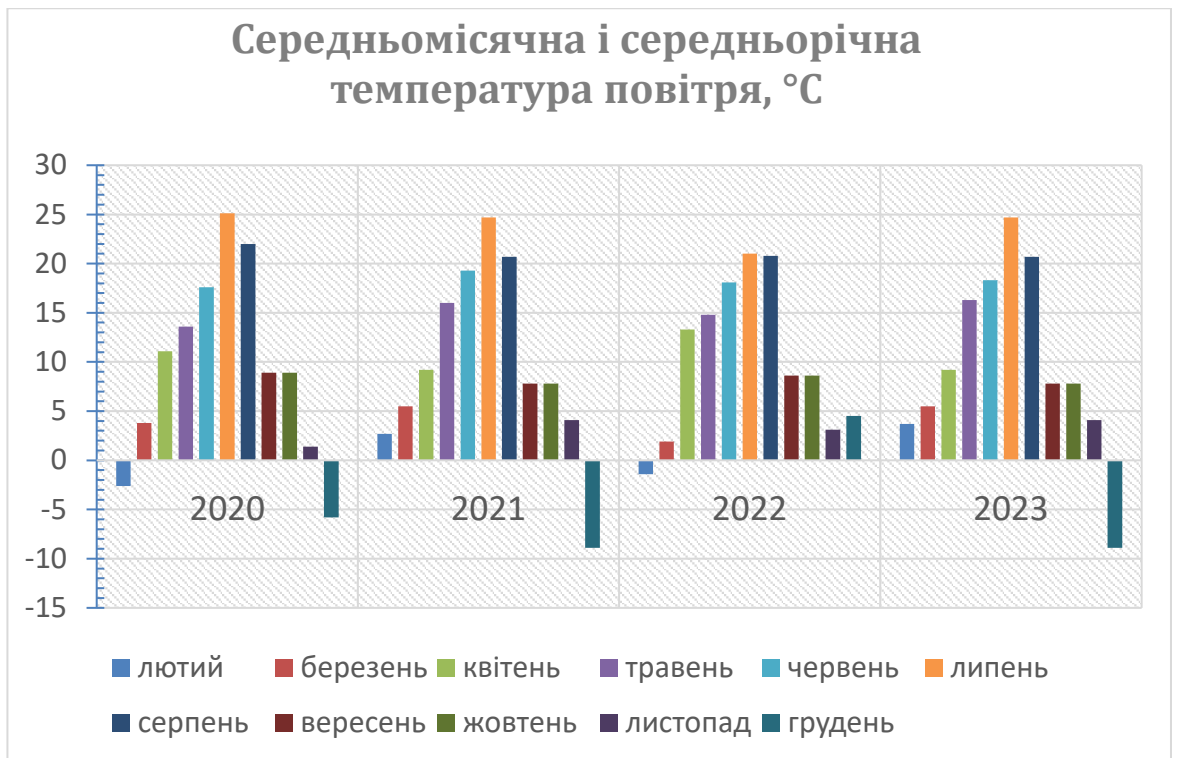


Рисунок 1.1 – Показники середньої температури повітря в місяць

Значення температури повітря для кожного місяця визначається за формулою:

$$t_{ij} = t_j + 0,5 k_i A_j \quad (1.1)$$

де t_j – середньодобова температура повітря j -того місяця, °С;

A_j – середньодобова амплітуда коливань температури у j -тому місяці, °С;

k_i – коефіцієнт перерахунку для i -тої години (табл. 1. 2).

Таблиця 1.2

Значення коефіцієнту перерахунку [1,3].

Коефіцієнт перерахунку	Години									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
K_i	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,97	1	1	0,97	0,87

Розрахунок установок гарячого водопостачання проводиться з використанням прямого і розсіяного сонячного випромінювання і температури зовнішнього повітря в годинах. Атлас [1] містить інформацію про

інтенсивність сонячної радіації при безхмарному небі. Давайте перерахуємо відомі довідкові дані для міста Запоріжжя на 45,5 місяців С.ш.для села Білозерка в Запорізькій області, з широтою 41,5 місяці С.Ш. мета.

Перерахувати відповідно до лінійної залежності досвіду від горизонтальної площини:

$$E_{mp} = E_{m\delta} \cdot (1 + 0,024 \cdot (\varphi_{\delta} - \varphi_p)), \quad (1.2)$$

де E_{mp} – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, (Вт/м²);

$E_{m\delta}$ – базова інтенсивність сонячної радіації в м. Запоріжжя, (Вт/м²);

$\varphi_{\delta} = 45,5^{\circ}$ – широта м. Запоріжжя (базова);

$\varphi_p = 41,5^{\circ}$ – розрахункова широта (Запорізької обл.).

Дані загальної інтенсивності сонячної радіації для 12-13 годин дня, (рис1.1) [1-3].

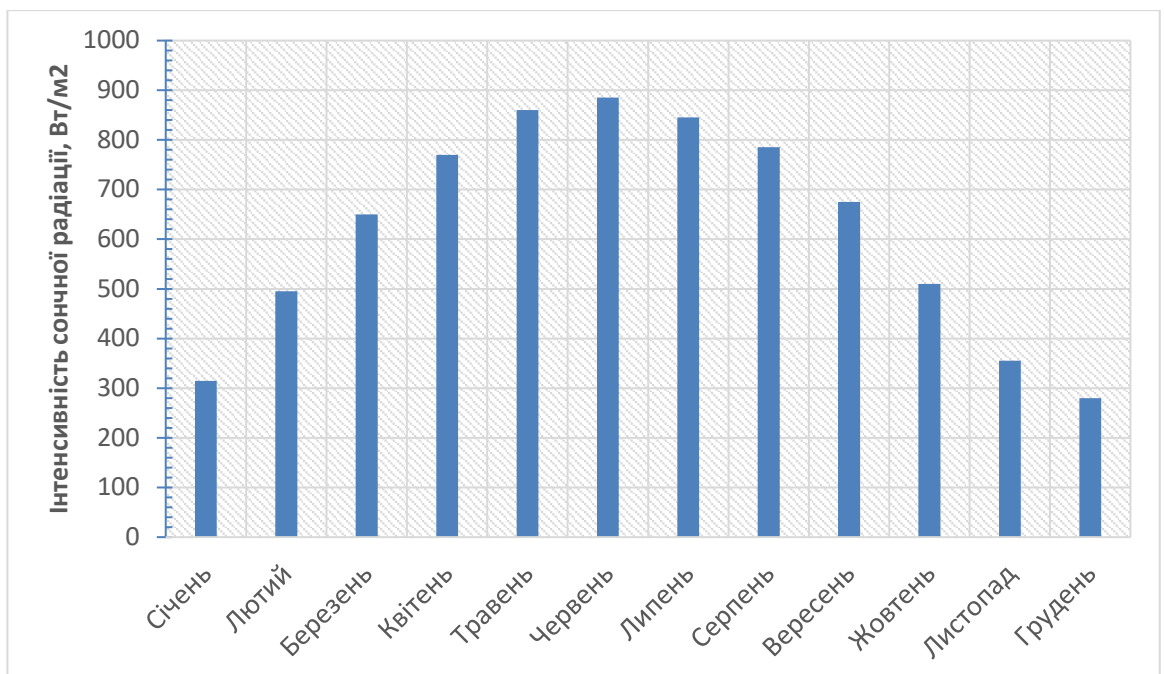


Рисунок 1.1 Базова інтенсивність сонячної радіації для 12-13 годин дня

Згідно формули (1.3) обчислюється значення потужності сонячної радіації:

Для 1 місяця:

$$E_{mp} = 320 \cdot 1,048 = 335,12, \text{ Вт} / \text{ м}^2.$$

Для всіх місяців обчислення проводиться аналогічно, результати чого зведено до табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Інтенсивність сонячної радіації в смт Білозерка

Місяц і	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E_{mp} , Вт/м ²	335	518	691	803	909	925	889	828	710	540	376	299

Середня температура за місяць була на 0,5-1,50 °С вище.

Середня багаторічна температура становила 20-21 °С, мінімальна температура знижувалася до 7-11 0С тепла, а максимальна досягала 32-34 0С тепла.

Середня температура 7-го числа місяця була близька до середньомісячної і досягала 22-23,50 з тепла. Середньомісячна температура за місяць на 10°С нижче середньобагаторічної і склала 14,8-15,5 °С тепла. Незвично спекотна і суха погода зберігалася протягом перших 8 місяців 20-го місяця. Середньодобова температура більшу частину часу на 2-80 градусів вище норми і досягає 23-29 градусів тепла. Було встановлено, що середня температура за місяць була на 2-30 °С вище середньомісячної, яка визначається температурою 22,5-24,0 ° С.

Середня температура в січні становила 16-17 градусів. Було 50 градусів за Цельсієм, 1-1 градус. На 50 градусів вище середньої багаторічної температури. У травні спостерігалася нестійка погода з частими вираженими опадами і грозами. Середньомісячна кількість опадів у регіоні становила 68 мм, або 145% від норми. Погода 6-го місяця була нестабільною, з частими

опадами, іноді сильними дощами, шквалами і градом. Середньомісячна кількість опадів склала 65 мм, або 105% від норми. На 7-му місяці переважала помірно тепла погода, дефіцит опадів спостерігався в основному в 20-му році, але це був характер шторму, а на 5-му місяці спостерігалася нестійка погода з частими вираженими опадами і грозами. Середньомісячна кількість опадів у регіоні становила 68 мм, або 145% від норми. Погода 6-го місяця була нестабільною, з частими опадами, іноді сильними дощами, шквалами і градом. Середньомісячна кількість опадів склала 65 мм, або 105% від норми.

На 7-му місяці переважала помірно тепла погода і не було опадів, що спостерігалася переважно в 20-му році, але це був характер шторму і був дуже нерівномірно розподілений по всьому регіону. В середньому по регіону кількість опадів зменшилася на 41 мм, або 75% від норми, і було розподілено дуже нерівномірно по території регіону. В середньому по регіону випало на 41 мм опадів менше, тобто на 75% від норми.

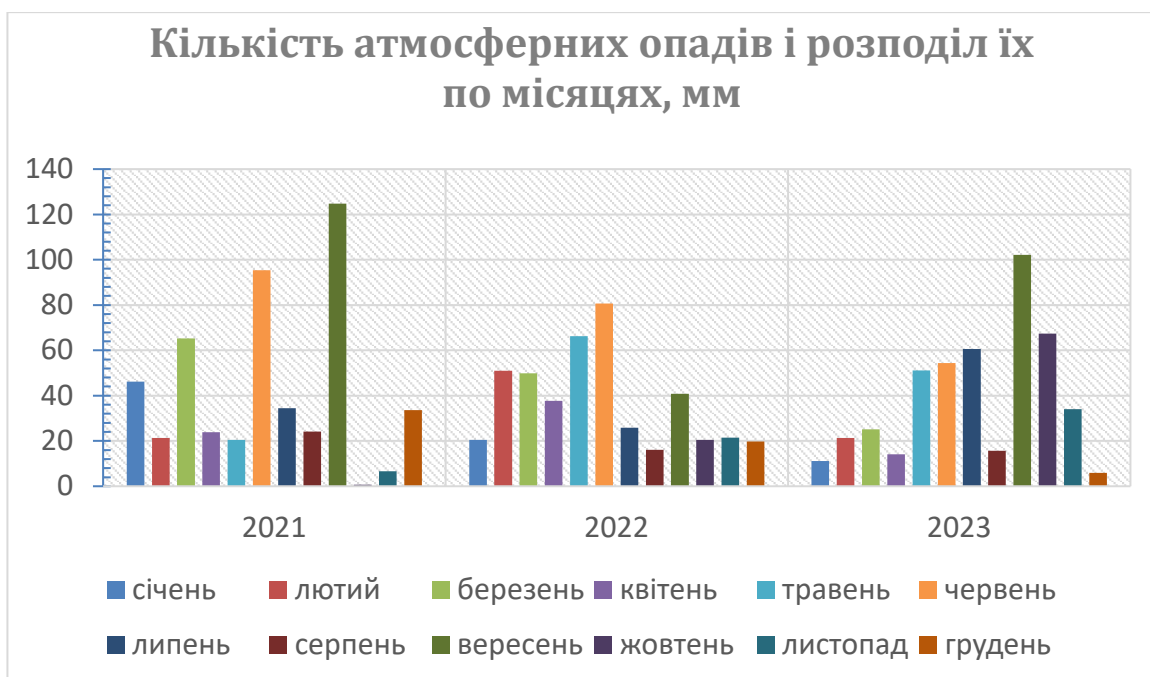


Рисунок 1.4 - Кількість атмосферних опадів і розподіл їх по місяцях, мм

У 8-му числа 30-го місяця в основному спостерігалися осадки, але такий був параметр шторму, нерівно розподіленого по всьому регіону. За середньому за 44-й місяць в цьому регіоні випало 8 мм опадів, що становить 107% від норми.

Тільки в перші 9 місяців 10-го місяця спостерігалася нестійка погода з частими дощами, іноді сильними зливами і шквалами. В середньому за місяць в регіоні випадав 31 мм опадів, це є 84% від норми.

Важливими цілями є вдосконалення і розвиток загальноприйнятих технологій ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ культур, розробка збалансованої системи землеробства та основних елементів ресурсозберігаючих технологій, насінництво батьківських форм і перспективних гібридів кукурудзи. Елітне насінництво озимих, зернових та олійних культур. Просування засноване на взаємовигідній основі поширення серед держав, колективів, фермерських господарств та інших сільськогосподарських організацій.

Цей фактор вносить свої корективи в заплановану роботу, оскільки природно-кліматичні умови всього регіону, а також території фермерського господарства не відрізняються стабільністю.

Ферма має родючий ґрунт, територія розташована в сприятливому кліматі, але при недостатньому зволоженні і рівнинній місцевості оснащена персоналом і має хороші умови для ведення сільського господарства.

1.2 Обсяг використання земельних ділянок

Наявність технічної документації та ґрунтових обстежень в господарствах дозволило провести землевпорядні роботи, особливо для того, щоб правильно розташувати ділянки сівозміни полів і ґрунтозахисних культур, визначити розмір і склад всіх земель, визначити систему внесення оранки і добрив.

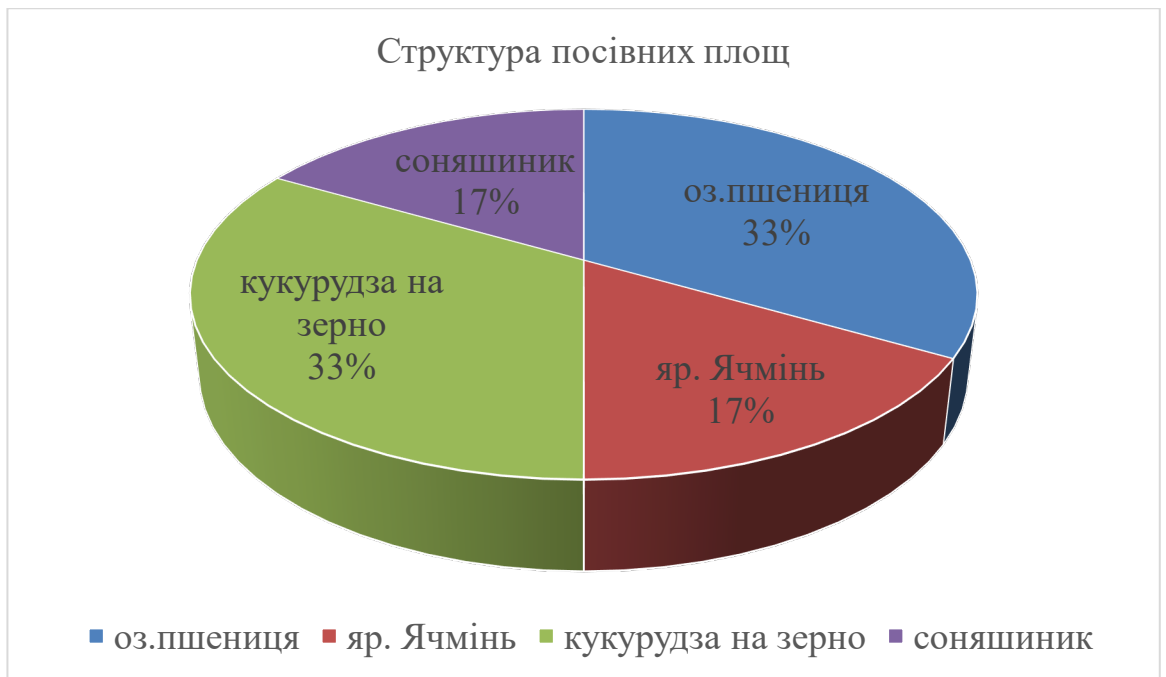


Рисунок 1.5 - Структура посівних площ

Стабільність сільського господарства вимагає пильної уваги до дотримання розумного сівозміни. 1. Вони повинні бути одним з найбільш ефективних агротехнічних засобів для боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками сільськогосподарських культур, запобігання ерозії ґрунту, забезпечення більш ефективного використання машин і підвищення продуктивності праці.

Основний тип ґрунту-чорнозем звичайний.

Рельєф земель компанії в основному рівнинний. Поля розділені лісонасадженнями, що практично виключає процес вітрової ерозії, а також забезпечує захист і уповільнює поширення вогню на інші (сусідні) поля через пожежі (влітку).

Загальний збір сільськогосподарських культур є основою процвітання сільськогосподарських підприємств, але залежно від багатьох факторів загальний збір сільськогосподарських культур щороку змінюється.

1.3 Аналіз парку сільськогосподарської техніки та тракторів

Машинно-тракторний парк на фермі невеликий і складається з гаражів і майстерень для зберігання техніки.

На території є склад ПМЗ і запасних частин, також ремонтна майстерність.

Щоб виконати виробничий процес з виробництва сільськогосподарської продукції є машини і трактора, показаний в таблиці 1.4, і сільськогосподарська техніка, показана в табл. 1.5.

Аналіз, наведений у таблицях 1.4 та 1.5, показав, що ГОСПОДАРСТВО забезпечене парком сільськогосподарської техніки та тракторів на достатньому рівні. Під час збору врожаю нестачі в техніці на фермі не буде.

Таблиця 1.4 Машинно-тракторний та автомобільний парк ФГ «ЯРОВІТ»

Трактори:	Кількість:
ЮМЗ-6	2
МТЗ-80	3
Комбайни:	
Дон-1500	2
Автомобілі	
ЗИЛ-130	1
ГАЗ-53	3

Таблиця 1.5 Склад сільськогосподарської техніки у ФГ «ЯРОВІТ»

Культиватори:	Кількість:
КПС-4	4
Сівалки:	
СЗ-3,6	4
Плуги:	
ПЛН-3-35	4

Борони:	
БДДТ-3	4

1.4 Витрата палива і мастильних матеріалів

ГОСПОДАРСТВО складається з центрального складу, пункту заправки нафтопродуктами на пункті технічного обслуговування техніки та парку тракторів. Доставка палива з пунктів технічного обслуговування машинно-тракторного парку до тракторів і комбайнів, розташованих в полі, організована за допомогою пересувних цистерн.

Для забезпечення автомобіля паливом і мастильними матеріалами на фермі є обладнання в гаражі. Це включає в себе обладнання для кріплення, транспортування, зберігання і розподілу паливно-мастильних матеріалів.

1.5 Ремонтно-експлуатаційна база

Ремонтно-експлуатаційна база фермерського господарства включає в себе гараж для малолітражних автомобілів, тракторну бригаду, ремонтну майстерню з пунктами технічного обслуговування тракторів і комбайнів, машинний двір і навіс для ремонту або стоянки машин і комбайнів, а також такі приміщення, як кузня.

Центральна ремонтна майстерня Nova Farm була побудована в 2008 році і виконана за типовим проектом, загальна площа становить 570 м². Він призначений для виконання планового і великомасштабного ремонту тракторів, планового ремонту комбайна, а також масштабного ремонту автомобіля і його технічного обслуговування.

На сьогоднішній день в ремонтних майстернях працюють 2 електрозварювальних апарати, Токар, 2 слюсаря, електрики і водії.

Ремонт і виготовлення деталей, інструментів і ремонт власного обладнання здійснюються в існуючих майстернях на газозварювальних і машинних майданчиках. Як правило, ці роботи носять вибірковий характер.

В цілому, згідно з аналізом ремонтно-експлуатаційної бази фермерського господарства, можна сказати, що у весняно-літній період на фермі присутні практично всі об'єкти ремонтної бази, майстерня працює в 1 зміну, але при необхідності робочий день може бути продовжений до 10 годин. Це пов'язано зі збільшенням обсягу робіт з технічного обслуговування та ремонту, оскільки в цей період велика частина сільськогосподарської техніки задіяна в сільському господарстві.

Ремонтні роботи в цехах проводяться в холодну пору року, ремонтні майстерні були побудовані з металу, взимку температура дуже низька, продуктивність праці значно знижується через ремонт комбайнів і різного устаткування, тому ми запропонували розробити дипломний проект для обігріву цеху, додаткового робочого місця, Управління номер розташований на 2-му поверсі. Сьогодні, щоб опалювати газом таку площу (570 м²), потрібно багато грошей, враховуючи той факт, що ціни на газ дуже часто ростуть. Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати сонячні колектори, які добре зарекомендували себе в системах опалення приміщень різної площі і параметрів. У дипломному проекті виконані розрахунки по обігріву цехів і допоміжних приміщень сонячною енергією.

На схемі ремонтної майстерні рис. 1.2 показано місця які потрібно буде обігрівати.

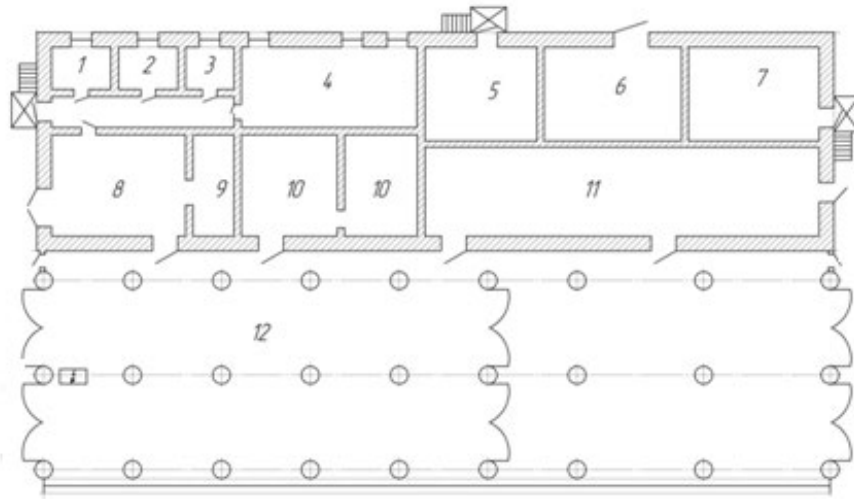


Рис. 1.2 Схема ремонтної майстерні та допоміжної будівлі першого поверху.

1 – склад електродеталей; 2 – електрослюсар; 3 – склад кормів; 4 – токарна; 5 – склад хоз. Інструменту; 6,7 – приміщення для утримання тварин; 8 – авто гараж; 9 – аккумуляторна; 10,11 – склад; 12 – ремонтна майстерня.

Для обігріву в холодну пору року належать такі приміщення: 2,4,8,12,

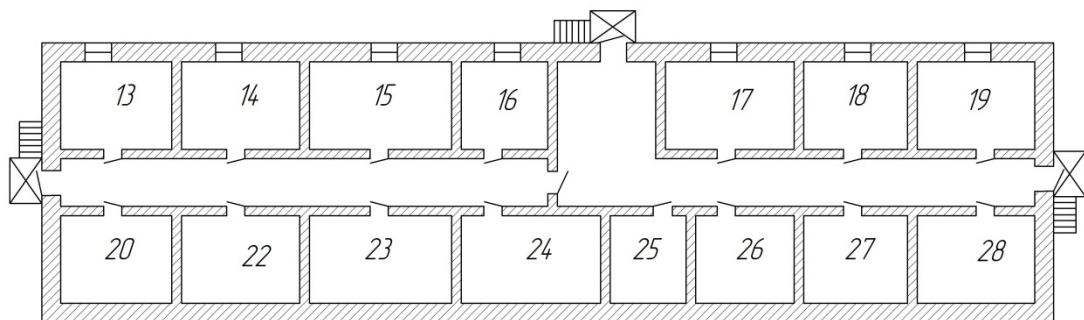


Рис. 1.3 Схема ремонтної майстерні та допоміжної будівлі другого поверху.

13 – директорська; 14 – кімната для відпочинку; 15,16 – бухгалтерія; 17,18,19,26,27,28 – кімнати для робітників; 20,24 – кімнати головних спеціалістів; 22,23 – склад; 25 – сан.вузол.

Для обігріву в холодну пору року належать такі приміщення:13,14,15,16, 17,18,19,20,22,26,27,28, 28.

Схема ремонтної майстерні яка показана на рис 1.1. та 1.2 (див; аркуш №2)

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши діяльність підприємства, слід зазначити, що через неправильний ремонт техніки та її технічного обслуговування агрегат часто виходить на поле з деякими затримками, що призводить до порушення агротехнічних термінів, що позначається на врожаї. Останнім часом підприємство не закуповувало нову техніку.

Пропонується встановити сонячні колектори для обігріву ремонтних майстерень, щоб підтримувати Трактори, автомобілі, комбайни і сільськогосподарську техніку в технічно справному стані.

Ремонтна майстерня, розташована на фермі, не дуже добре пристосована для проведення регулярного ремонту і технічного обслуговування парку машин і тракторів.

Тому ця ферма дуже необхідна для розробки проектів опалення ремонтних майстерень з розробкою пристроїв накопичення тепла з використанням сонячних колекторів. Таким чином, завданням даного проекту є розробка методу опалення, який ефективно використовує накопичене тепло. Це призводить до підвищення продуктивності праці, збільшення обсягу ремонтних робіт, що дозволяє краще виконувати механізовані роботи за короткий проміжок часу і збільшує вартість ремонту і технічних послуг.

2. ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ПРОЕКТУ

2.1 Аналіз використання сонячного тепла

Завданням сонячного колектора є накопичення сонячного тепла. Результат впровадження в сучасні технології є використання сонячної енергії колекторів. Якщо врахувати ціни на всі палива та електроенергію ростуть, встановлення системи сонячних колекторів є реальною інвестицією в майбутнє. Сучасні технології дозволяють використовувати сонячну енергію навіть взимку. Тобто сонячне світло за своєю природою вільно проходить через прозоре середовище і потрапляє в замкнутий простір, перетворюючись в теплову енергію, яка не дозволяє подолати прозорий "дах" пристрою. У тепловій системі використовується ефект теплового сифона, тобто властивість рідини підніматися вгору при нагріванні, витісняючи холодну воду і переміщуючи її до потрібного місця.

Інженерні системи з сонячними водонагрівачами дозволяють вирішити проблему автономного гарячого водопостачання. Частковий або повний обігрів приміщень. Обігрів теплиць. Використання гарячої води в технічних цілях.

Поширеною помилкою є думка про незручність використання сонячних водонагрівачів в Україні. Але сучасні технології дозволяють використовувати сонячну енергію навіть взимку. Сонячні системи гарячого водопостачання ідеально підходять для котеджів, готелів, офісів, автозаправних станцій і сільськогосподарських підприємств. Інженерна система з сонячним колектором дозволить вам вирішити проблему:

- Автономне гаряче водопостачання;
- Частковий або повний Обігрів (система опалення);
- Обігрів теплиць;
- Використання гарячої води в технічних цілях.

Також слід зазначити, що система враховує накопичення теплової енергії. В установці сонячна енергія, яка перетворюється в теплову енергію та зберігається тривалий час.

Існують різні типи колекторів, які відрізняються формою зовнішньої поверхні і носієм інформації.

На малюнку 2.1 схематично показано взаємозв'язок між Землею і Сонцем. Ексцентриситет земної орбіти такий, що відстань між Сонцем і Землею змінюється на $\pm 1,7\%$. На відстані 1 астрономічної одиниці, що відповідає середній відстані між Землею і Сонцем, Сонце видно спостерігачеві з землі під кутом 320° [3,4]. Характеристики Сонця і його просторове положення щодо Землі наступні:

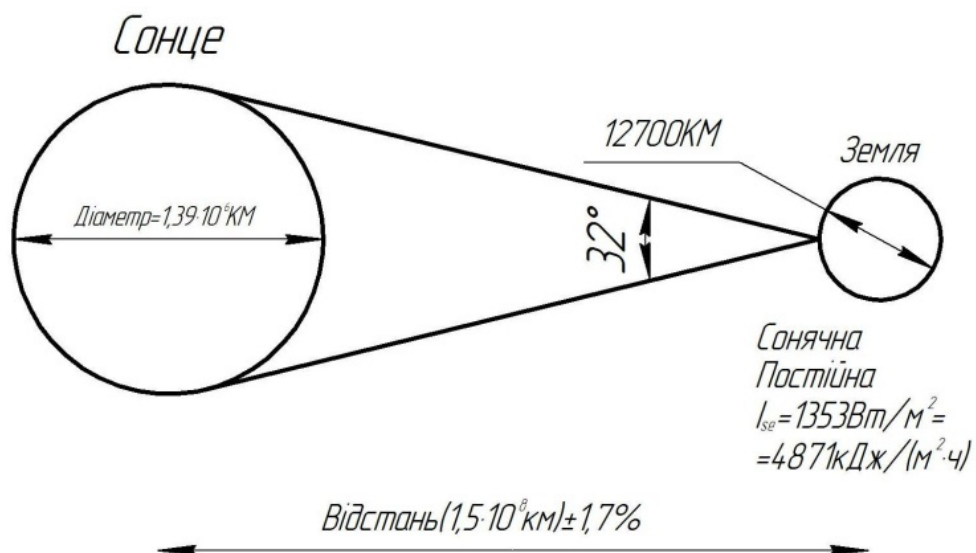


Рисунок 2.1 Взаємокорисні Землі і Сонця (не в масштабі).

Інтенсивність сонячного випромінювання за межами атмосфери Землі практично постійна. Після аналізу та підсумовування цих вимірювань з енергією сонячного випромінювання, що падає в одиницю часу на одиницю площі поверхні перпендикулярно потоку випромінювання в космічному просторі на середній відстані Землі від сонця [5,6], отримано нове стандартне значення сонячної постійної 1353 Вт/м^2 ($1940 \text{ ккал/см}^2 \cdot \text{хв}$) було запропоновано.

При проектуванні та розрахунку системи, що використовує сонячну енергію, необхідно визначити ефективність системи протягом заданого часу. Загальна добова доза опромінення в умовах мінливої хмарності може залежати від цілого ряду обставин, включаючи, наприклад, наявність періодичних дощових хмар, суцільних легких хмар або дощових хмар на небі протягом частини дня. Неможливо визначити ці деталі, ґрунтуючись тільки на даних про загальну радіації за день. Однак представлений тут метод є найбільш ефективним, оскільки процеси, що відбуваються в сонячних установках, є найбільш ефективними (особливо ті, які протікають при значно більш високих температурах, ніж температура навколишнього середовища).

2.1.1 Теплова стійкість поверхні Землі від сонця

За прогнозами вчених-аналітиків, сонце, яке служить цивілізації не менше 3-4 мільярдів років після виснаження запасів органічного палива (нафти, газу і вугілля) на Землі, є найбільшим джерелом енергії для людства. І ще одна цифра-щорічна кількість енергії, одержуваної від Сонця, майже 15 000. Це перевищує кількість енергії, споживаної населенням землі для забезпечення всієї економічної діяльності.

В даний час органічні види палива споживаються у величезних пропорціях для теплопостачання, незважаючи на те, що в сучасному світі вони пов'язані з низкою проблем: постійне зростання цін залежить від поставок, також високі експлуатаційні витрати на обладнання та забруднення навколишньої середовища.

Світове випромінювання в Україні на 41-59% є з розсіяного світла. Для ефективного перетворення розсіяного випромінювання в теплове необхідно використовувати сонячний колектор з високим селективним покриттям поглинаючої панелі.

Вплив хмар на потужність сонячного випромінювання представлено на рис.2.3

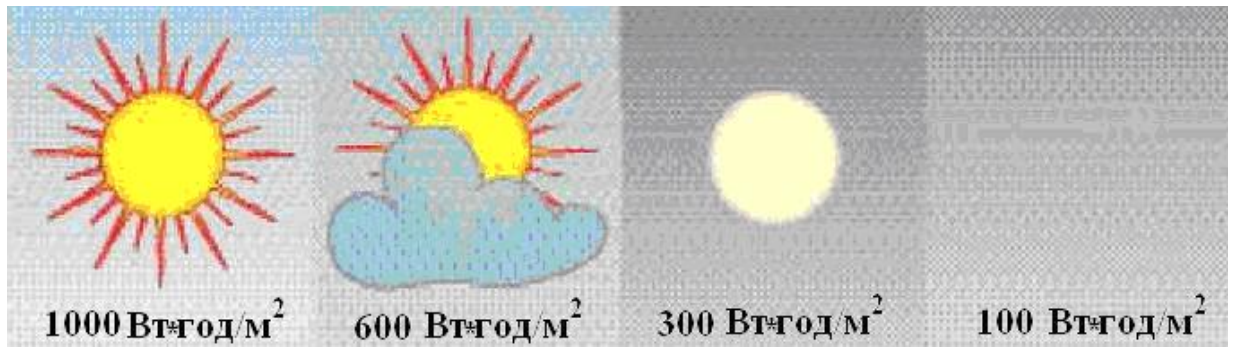


Рисунок 2.3 Інтенсивність сонячного випромінювання

Залежність кількості середньорічної сонячної енергії в різних напрямках поверхні сонячного колектора від різних кутів нахилу щодо базової лінії і площини горизонту показана на рис.2.4.

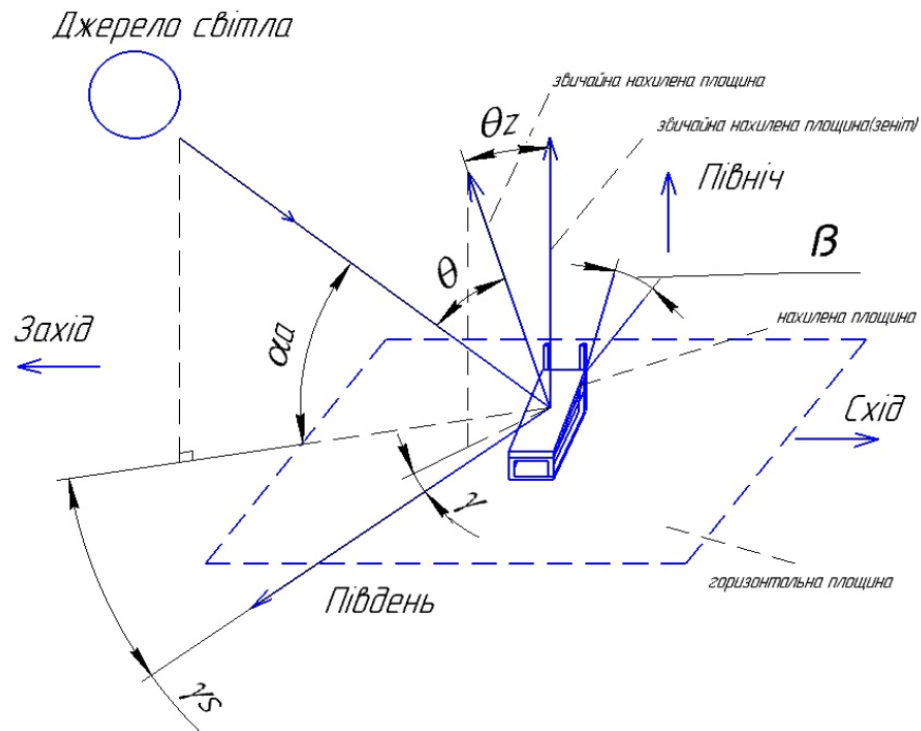


Рисунок 2.4 Розташування Сонця під кутом

2.1.2 Потенціал сонячної енергетики в Україні

Потенціал сонячної енергетики в Україні досить високий завдяки широкому впровадженню сонячних систем як для теплових, так і для фотоелектричних установок практично на всій території країни.

На малюнку 2.6, показаному нижче, показано значення енергії сонячного випромінювання, що досягає Землі протягом року, в горизонтальній площині регіону, представленого 6 українськими містами на 1 м². Протягом 6 місяці в теплого сезону неважко переконатися, що більша частина річного обсягу сонячної енергії досягає поверхні Землі. Кількість річної енергії сонячного випромінювання у великих містах України: Сімферополі - 4,99 ГДЖ/м², Одесі - 4,88 ГДЖ/м², Донецьку - 4,44 ГДЖ/м², Києві - 4,12 ГДЖ/м², Сумах - 3,89 ГДЖ/м², Львові-3,85 ГДЖ/м² (рис. 2.5)[6,9].

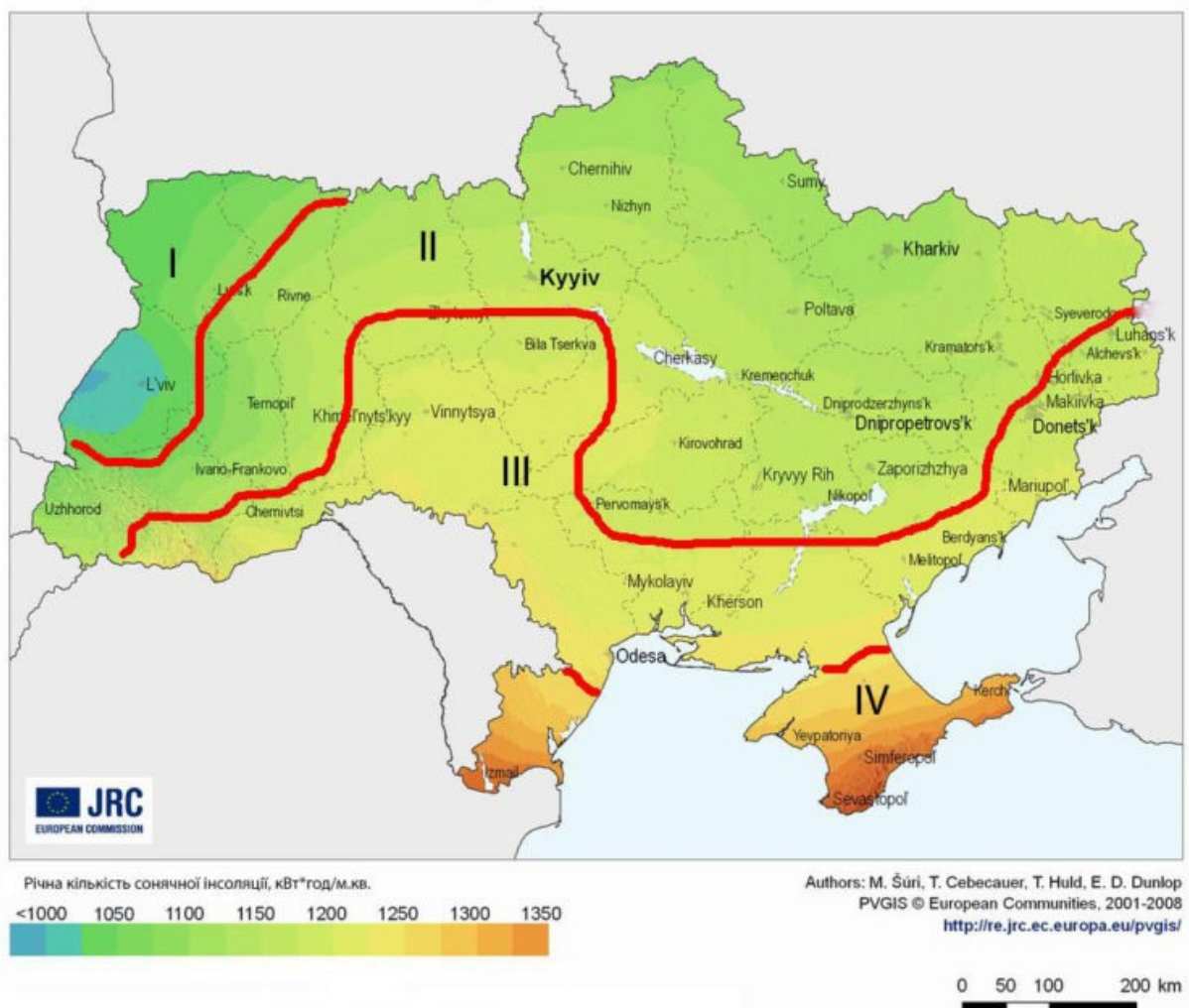


Рисунок 2.5 Потенціал сонячної енергії України

Технічно-досяжний енергетичний потенціал в Україні еквівалентно 600 млн.тонн. У. п. крім того, його споживання може заощадити близько 5

мільярдів кубічних метрів природного газу. Якщо збільшити споживання сонячної енергії – це вирішило б проблему водопостачання гарячою водою в теплу пору року [7-9].

2.2 Аналіз використання сонячного тепла для опалення

Основним елементом Сонячної системи є сонячний колектор (solar collector). Під впливом сонячного випромінювання (інфрачервона складова) саме в поглинаючій панелі сонячного колектора сонячна енергія перетворюється в теплову, в результаті чого панель нагрівається, а рідкий теплоносій, прокачується по її каналу, забирає отримане тепло. Прозора ізоляція (скло) і шар теплоізоляції знижують втрати теплової енергії. У двоконтурній системі теплоносій, нагрітий в колекторі, надходить у внутрішній (або зовнішній) теплообмінник накопичувального бака, де отримана теплова енергія передається воді. Потім, після охолодження, охолоджуюча рідина повертається в колектор і знову нагрівається-цикл завершується. Охолоджуюча рідина безперервно циркулює між колектором і резервуаром, поки не буде отримано достатньо сонячної енергії для нагрівання води.

Ефективність всієї системи в значній мірі залежить від ефективності сонячного колектора. Чим більше сонячних колекторів поглинає сонячної енергії і чим менше вони її втрачають, тим ефективніше працює система (рис. 2.7)[9].

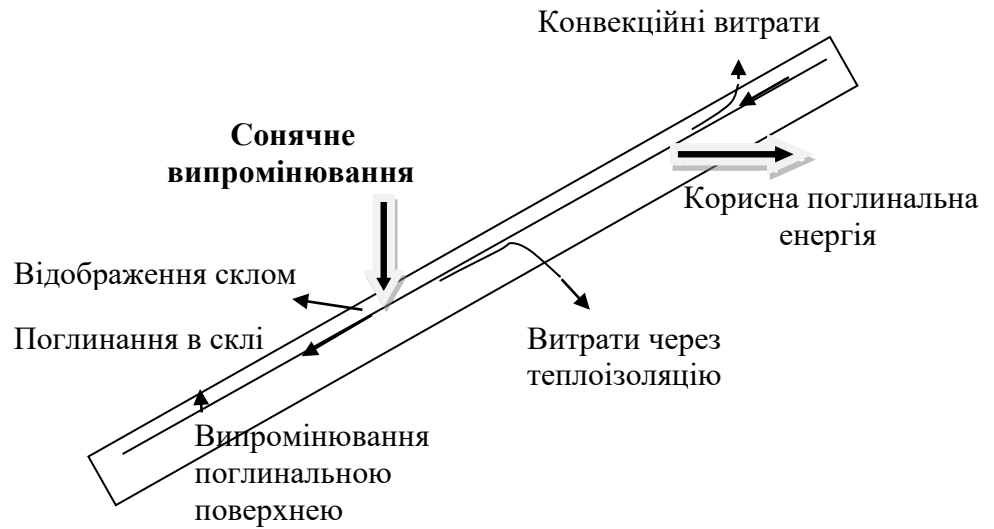


Рис. 2.7 Втрати теплової енергії в плоскому сонячному колекторі.

Фактично, сучасні ефективні плоскі сонячні колектори працюють в середньому з ККД 50%, в той час як застарілі зразки працюють з ККД 21-39%. ККД сонячного колектора може бути непостійним та визначений для певних умов експлуатаційності в певний час. Чим нижче температура, яку необхідно нагріти, тим вище ефективність сонячного колектора.

Наприклад, в похмуру погоду тільки за рахунок використання більш ефективного абсорбуючого покриття (високоселективного) різниця в ефективності сонячного колектора може досягати 45%. Ефективність сонячних колекторів sintsolar CS (високоселективне поглинаюче покриття панелі Sunselect absorbtion) і SintSolar CB (поглинаюче покриття селективною чорною фарбою) залежить від потужності сонячного випромінювання [5,6].

Сонячний колектор-це ще не вся Сонячна система, і якщо вся система не працює належним чином, вона не може виробляти корисну теплову енергію сама по собі.

Умови для вироблення теплової енергії для нагріву води в сонячний день за допомогою сонячної системи складаються з ефективного сонячного

колектора площею 1 м² і резервуара для гарячої води ємністю 80-100 л (рис. 1). 2.8).

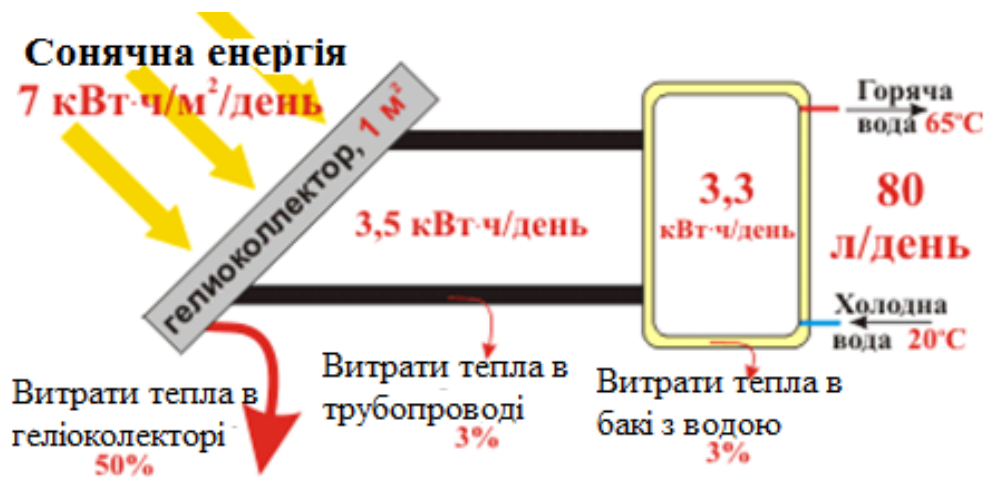


Рисунок 2.8 Тепловий баланс системи нагрівання води в сонячний день

Використовуючи енергію сонця, Сонячна система може економити до 75% звичайного палива, необхідного для гарячого водопостачання, і до 50%, яке необхідне для опалення. Звичайна теплова трубка, виготовлена з неорганічного скла (рис. 1).2.9) мідна теплова трубка виготовлена зі скляної вакуумної трубки, як зазначено вище. Мідні теплові трубки передають тепло від вакуумної трубки до наконечника (конденсатора), який вставляється в трубку всередині теплової трубки.

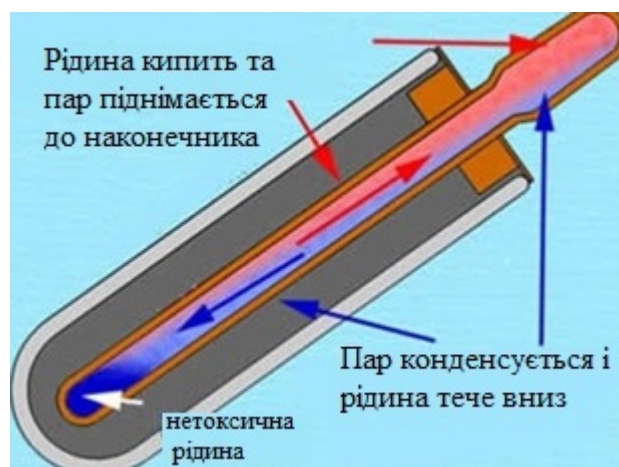


Рисунок 2.9 Трубка вакуумного колектора

Потім тепло від мідної теплової трубки передається воді, і вода проштовхує теплозбірник через теплову трубку.

На малюнку зліва представлено вакуумну трубку та мідну теплову трубку з алюмінієвими ребрами для передачі тепла. Теплова трубка вставляється в скляну трубку і закріплюється між двома алюмінієвими ребрами. Форма ребер така, що площа контакту з внутрішньою поверхнею теплової трубки і вакуумної трубки максимально збільшена. Ця модель з ребрами забезпечує максимальну передачу тепла воді в тепловому трубопроводі, а потім в мідній тепловій трубці. Спосіб передачі тепла від теплової трубки до теплової трубки дуже простий. Мідна теплова трубка всередині порожниста, містить запатентований неорганічний нетоксичний рідкий холодоагент. Внутрішня частина теплової трубки вакуумована, тому рідина випаровується навіть при температурі близько 25-300°C.

При нагріванні пара піднімається до кінця теплової трубки (конденсатора), де тепло передається воді і проникає через теплову трубку. Після відведення тепла пара конденсується і виштовхує теплову трубку назад, повторюючи процес з самого початку. Теплові трубки, в яких використовуються неорганічні теплоносії, володіють ефективністю теплопередачі в 30 000 разів більшою, ніж в срібних.

У теплових трубках з неорганічними теплоносіями тепло швидко передається від скляної вакуумної трубки до води. Завдяки своїй надійності та тривалому терміну служби теплові трубки широко використовуються для багатьох цілей, включаючи кондиціонування повітря та охолодження комп'ютерів.

Ми використовуємо теплові трубки відомих виробників, в яких використовуються неорганічні холодоагенти. Суміш нетоксична і не викликає роздратування при попаданні на слизові оболонки шкіри і очей. Але, як правило, теплова трубка не стикається з рідиною, що циркулює по тепловій трубці. Рівень вакууму в неорганічній тепловій трубці становить 4×10^{-6} Па, в результаті чого теплоносії випаровується вже при температурі 25-30°C.

Якщо взимку та влітку котел і сонячні батареї по черзі беруть на себе основні сезонні функції, то в міжсезоння між ними встановлюється плавне взаємодія. Таке розумне поєднання дозволяє не тільки значно знизити потужність котла, але, що найголовніше, забезпечує м'який режим роботи. Наведена вище ситуація показує, що наявність сонячних панелей створює умови для забезпечення терміну служби і підвищує надійність всього обладнання.

1. Система сонячного теплопостачання вважається однією з найнадійніших і довговічних, якщо вона точно розрахована, ефективна, використовується і якісно монтується високоякісне обладнання. Будь-яка помилка може привести до того, що система не буде виробляти потрібну кількість теплової енергії або швидко вийде з ладу. Отже, для обігріву ремонтної майстерні ми вибираємо вакуумний сонячний колектор.

Таблиця 2.2

Порівняння вакуумного та плоского сонячних колекторів

Плоский сонячний колектор	Вакуумний сонячний колектор
Плоский сонячний колектор поміщений в корпус із захисним склом для зменшення тепловтрат. Повітряний простір між плоским склом сонячного генератора і поглинаючими панелями забезпечує значні втрати тепла, особливо в холодні і безвітряні дні (до 80% від загального теплового потоку, що падає на нього).	Кожна тепла трубка вакуумного сонячного колектора поміщена всередину скляної вакуумної колби для мінімізації втрат тепла (ефект термоса), що дозволяє значно підвищити теплову ефективність вакуумного сонячного генератора, особливо в порівнянні з зимовим стаціонарним.
Плоскі сонячні колектори володіють високим гідравлічним опором, оскільки теплоносій циркулює по протяжній системі трубопроводів малого діаметра. Це призводить до збільшення енергоспоживання для приводу	Застосований пристрій теплової труби має "надпровідник", який ефективно відводить тепло від поглинаючої поверхні, знижуючи гідравлічний опір вакуумного сонячного колектора в 10 разів кожне, дозволяючи знизити потужність і енергоспоживання

циркуляційного насоса плоского сонячного колектора.	циркуляційного насоса Сонячної системи.
<p>Без контролера плоский сонячний водонагрівач може відводити накопичене тепло (тобто саморозряджати), якщо температура стає нижче температури води в акумуляторному Баку.</p>	<p>Теплова трубка вакуумного сонячного водонагрівача працює за принципом теплового діода. Тепловий потік передається тільки в одному напрямку: від вакуумного сонячного колектора до теплоносія, і ніколи в зворотному напрямку без контролера Сонячної системи.</p>
<p>При руйнуванні скла ефективність плоского сонячного обігрівача різко падає. Необхідно негайно демонтувати скло і замінити його в майстерні.</p>	<p>Руйнування 1 або більше скляних трубок не призводить до значного зниження ефективності вакуумного сонячного нагрівача. Заміна скла або теплової трубки проводиться на місці, тому демонтаж колектора не потрібно.</p>
<p>Складність транспортування і установки плоского сонячного колектора. Панель плоского сонячного колектора повинна бути надійно піднята для установки на дах будинку.</p>	<p>Зручність транспортування і установки вакуумного трубчастого сонячного колектора. Вакуумний сонячний колектор може транспортуватися як окремий елемент для забезпечення більшої безпеки. Легкі індивідуальні колекторні трубки вбудовуються безпосередньо в Сонячну систему на місці установки сонячної системи.</p>

2.3 Аналіз систем сонячного теплопостачання з акумулюванням тепла

Технологій сонячної енергетики інтенсивно розвиваються та в світі з'явилося безліч конструктивних рішень і варіантів Сонячної системи, що класифікуються з різними критеріями, тому ми зосередимося на класифікації за принципами проектування і більш детально розглянемо рідинні сонячні системи теплопостачання з накопиченням теплової енергії.

Це абсолютно самостійна і дуже широка тема, тому ми не будемо розглядати повітряну систему. У спрощеному вигляді ці системи ефективні і навіть не небезпечні, тому від системи ("сонячний резервуар"), в якій нагрів води в резервуарі здійснюється за рахунок сонячної енергії безпосередньо через його стінки, відразу відмовляються. При температурі, при якій вода може нагріватися (близько 36-40°С), бактерії розмножуються дуже інтенсивно і можуть викликати різні захворювання, наприклад, біль в горлі. А їх більш ефективні і технологічні аналоги (утеплені і заklenі) не знаходять широкого застосування по ряду причин.

Багато спроектувати Сонячну систему теплопостачання з акумулятором теплової енергії, але є системи, в яких його немає. Через те, що надходить сонячна енергія нестабільна з плином часу, в такій системі не рекомендується покладатися на певний ступінь захисту від сонця більш ніж на 10%.

Завдяки своїй універсальності, ефективності, гнучкості і зручності, використовуються Накопичувачі теплової енергії (ємності з водою або спеціальними рідинами, басейни, ґрунт), що складаються з окремих елементів з чітко визначеними функціями.:

- Сонячний колектор-перетворення та поглинання енергії;
- Накопичувач теплової енергії-поглинання і збереження енергії;
- З'єднувальний трубопровід-Подача теплової енергії до батареї з мінімальними втратами.

Сонячна система може бути одноконтурною (рис.2.10) або двоконтурної (контурів може бути більше), з природною або примусовою циркуляцією теплоносія (води або спеціальної незамерзаючої рідини).

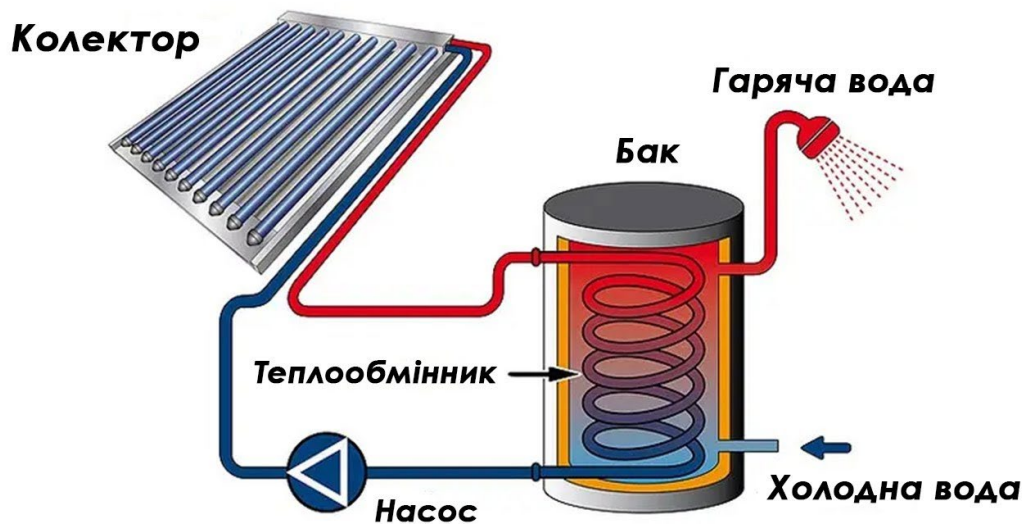


Рисунок 2.10 Одноконтурна система

В одноконтурній системі сонячний колектор точно приймає і нагріває воду, споживану з акумуляторного бака.

У двосторонній системі (рис.2.11) в контур сонячного колектора подається теплоносій (нетоксична рідина, яка не замерзає з антикорозійними і антискручиваючими присадками або підготовлена вода), теплова енергія з теплоносія передається воді за допомогою теплообмінник.

Наш вибір: більша частина води має високу жорсткість, а також можлива заморозка до -10°C , тому це двоконтурна система, яка працює ефективно і надійно протягом тривалого часу. Якщо система розморозилася або колекторний канал майже повністю забитий сіллю, усунути таку несправність на місці практично неможливо, так як в більшості випадків це призводить до необхідності повної заміни сонячного колектора. Оскільки зниження ефективності двоконтурної системи не має істотного значення, при виборі одноконтурної системи доводиться жертвувати надійністю.

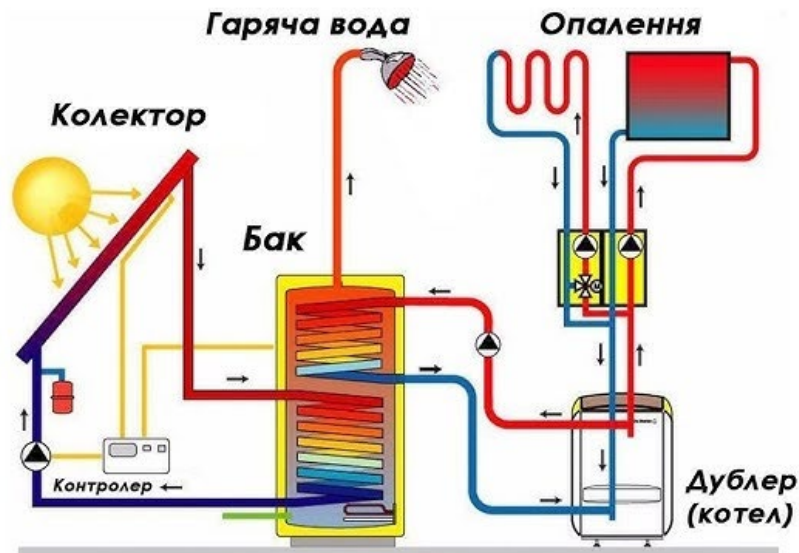


Рисунок 2.11 Системи з природною (термосифонна) і примусовою циркуляцією теплоносія.

Принцип роботи системи, яка має природню циркуляцію теплоносія (термосифонної системи): теплоносій нагрітий (з низькою щільністю) потрапляє в колектор у верхню його частину, в результаті чого виникає різниця в гідростатичному тиску. Колектор підключений до розташованого на ньому резервуару, відбувається вільна циркуляція теплоносія, при цьому швидкість залежить від конструкції колектора, також впливає інтенсивність сонячного випромінювання та швидкість охолодження в теплообмінному апараті.

У системах з примусовою циркуляцією в контурі колекторного контуру встановлюється циркуляційний насос малої потужності, який змушує циркулювати теплоносій. Його робота контролюється спеціальним контролером. Споживана потужність насоса незрівнянно мала в порівнянні з тепловою енергією, що виробляється системою. Слід зазначити, що така температура можлива в найхолодніший період року і при великій кількості сонячних днів, тому рекомендується використовувати сонячну систему з примусовою циркуляцією теплоносія.

Досить тривала кількість похмурих днів значно знижує ефективність системи термосифонів (на 30%), а при низьких температурах взимку необхідно вживати заходів для її захисту від замерзання. Це може бути неможливим з точки зору надійності. Ці незначні додаткові витрати в системі примусової циркуляції швидко окупаються ефективністю та безпекою. Сонячна система, призначена для одночасного виконання декількох функцій (гаряче водопостачання та опалення, підігрів гарячої води і води в басейні і т.д.) називається складовою (багатофункціональною). Така система спроектована в першу чергу як двостороння система з примусовою циркуляцією теплоносія. Використовуючи енергію сонця, Сонячна система може економити до 75% звичайного палива, необхідного для приготування гарячої води, і до 50%, необхідного для опалення.

Оцінюючи всі переваги і недоліки описаної системи, можна зробити висновок, що бажано використовувати тільки 2-контурні системи з примусовою циркуляцією теплоносія. Це твердження справедливе і з точки зору економічної доцільності використання сонячної системи. Вартість сонячних систем перевищує вартість традиційних систем теплопостачання, і при нинішніх цінах на енергоносії термін окупності становить від 3 до 8 років, тому навіть якщо система вийде з ладу більше 10 років тому, це не принесе економічної вигоди і достатніх енергетичних вигод споживачам. Тому основними критеріями вибору Сонячної системи є висока, довготривала ефективність і надійність.

2.4 Класифікація акумулюючих пристроїв

Необхідність акумулювання тепла в сонячних енергосистемах обумовлена невідповідністю тимчасових і кількісних показників надходження сонячної радіації і споживання тепла. Теплове навантаження на опалення максимальне з 12 місяців до 1 місяця, а споживання сонячної енергії в цей

період мінімальне, тому для забезпечення споживання тепла необхідно вловлювати більше сонячної енергії, надлишок якої накопичується в теплоакumuлюючому пристрої. Запас енергії в батареї може бути розрахований на кілька днів при короткочасному накопиченні або на кілька місяців при сезонному накопиченні.

Система акумулювання тепла працює в діапазоні температур від 30°C

До 100°C і може використовуватися в системах повітряного (30°C) і водяного опалення (30°C-90°C), а також гарячого водопостачання (45°C-60°C). Система акумулювання тепла складається з матеріалу для акумулювання тепла і теплоакumuлюючого матеріалу, теплообмінного обладнання та ізоляції для підведення і відведення тепла.

Теплові акумулятори класифікуються:

- Акумулятор ємнісного типу для використання теплоємності нагрітого матеріалу без зміни агрегатного стану;
- Акумулятор фазового переходу речовини, в якому використовується теплота плавлення речовини;
- Пристрій для накопичення енергії, засноване на виділенні і поглинанні тепла в ході хімічних реакцій.

Для сезонного накопичення тепла в системах сонячного теплопостачання перспективно використовувати воду з теплоємністю 4,19 кДж/кг град, яка може накопичувати тепло до 80 ГДж при температурах від 90°C до 8000°C.

В акумуляторах 1-ї групи відбувається безперервний процес нагріву теплоакumuлюючого матеріалу сонячною енергією або теплообмінником. Порівняння теплоакumuлюючих матеріалів наведено в таблиці 2.3.

Характеристики теплоакумуючих матеріалів (ТАМ)

Характеристика ТАМ	Граніт, галька	Вода	Глауберова		Парафин
			сіть		
Щільність, кг/м ³	1600	1000	1460 ^Г	1330 ^Ж	786 ^Г
Теплоємність, кДж/кг К	0,84	4,2	1,92 ^Г	3,26 ^Ж	2,89 ^Г
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м К)	0,45	0,6	1,85 ^Г	1,74 ^Ж	0,498 ^Г
Маса ТАМ для акумул. тепла 1 ГДж теплоти при $\Delta T=20$ К, кг	59500	11900	3300		3750
Об'єм ТАМ для акумул. тепла 1 ГДж теплоти при $\Delta T=20$ К, м ³	49,6	11,9	2,26		4,77

Конструкція акумуляторного бака при використанні води:

- Довжина бака в 3-5 разів більше діаметра для забезпечення температурного поділу води;

- Ізоляція товщиною менше 50 мм;

- Внутрішня поверхня резервуара повинна бути захищена від корозії, тому резервуар повинен бути виготовлений з нержавіючої сталі або мати анодний захист з емалевим покриттям або зовнішнє джерело електричного струму.;

- Всередині резервуара є горизонтальна перегородка, поплавковий клапан для подачі холодної води, патрубок для введення в нижню частину резервуара, теплообмінник з двоконтурною системою.

Акумулятор фазового переходу показаний на рис. 2.12. Розглянуто деформацію теплообмінника з оребреним кільцевим каналом з роздільними контурами завантаження і вивантаження робочого середовища. Таким чином,

теплообмінник забезпечує одночасне завантаження і вивантаження робочого середовища.

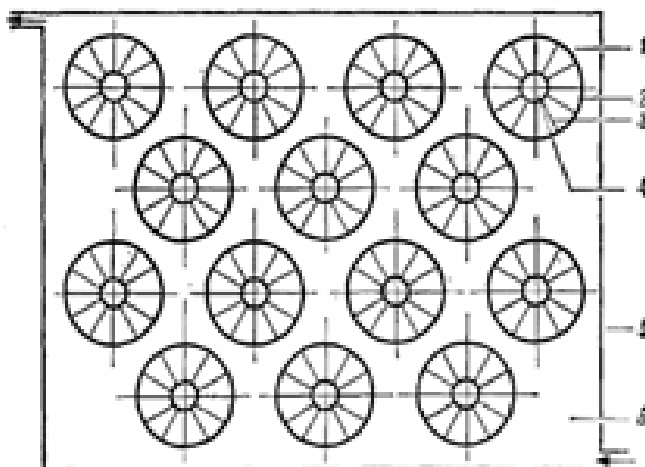


Рисунок 2.12 Теплообмінник з оребренними кільцевими каналами для акумулювання енергії з використанням теплоти фазового переходу

1 - елемент теплообмінного блоку; 2 - термоаккумулююче речовина; 3 - поздовжнє ребро; 4 - гарячий теплоносій; 5 – резервуар (кожух); 5 - холодний теплоносій для розрядки.

Теплообмінний елемент складається з зовнішніх та внутрішніх трубок, тепловий контакт між якими забезпечується поздовжніми ребрами жорсткості, виготовленими з матеріалів з хорошою теплопровідністю (наприклад, алюмінію). Кільцевий простір між ребрами заповнений матеріалами, які накопичують енергію фазового переходу (рівну теплоті плавлення).

У даній модифікації система акумулювання тепла функціонує як Гібридна батарея, що використовує тепло фазового переходу і тепло нагріву робочої рідини.

Гальванічний акумулятор тепла (рис. 1). 2.13) використовується в системі сонячного повітряного опалення. Це контейнери круглого або прямокутного перерізу, що містить гальку розміром 20-50 мм у вигляді насадки, виконаної з щільного шару частинок. Даний тип акумуляторів має ряд переваг, але в порівнянні з водяними акумуляторами в даному випадку

потрібна велика ємність. Акумулятори Pebble можуть бути розташовані вертикально або горизонтально.

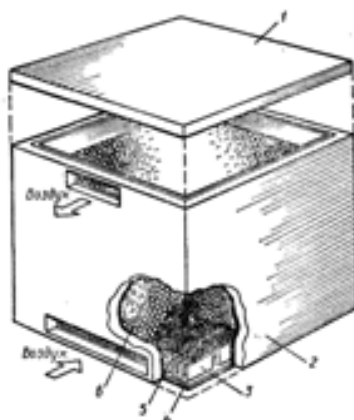


Рисунок 2.13 Загальний вигляд галькового акумулятора

1-кришка, 2-бункер, 3-бетоний блок,
4-теплоізоляція, 5-сітка, 6-галька

Гаряче повітря, що надходить в акумулятор від сонячного колектора протягом дня, нагріває pebble, і акумулятор заряджається. Коли акумулятор розряджається вночі або в погану погоду, повітря рухається в протилежному напрямку і віддає тепло споживачеві.

При тій же енергоємності обсяг теплового акумулятора pebble в 3 рази перевищує обсяг резервуара для зберігання води.

У порівнянні з наведеним вище аналізом теплового акумулятора в проєкті для сонячної теплової енергії в майстерні ми використовуємо резервуар-накопичувач з теплоакumuлюючим матеріалом - водою.

Висновки

1. Використання сонячних колекторів вважається важливим рішенням, оскільки, в порівнянні зі спалюванням палива, забруднюючі гази рідше потрапляють в атмосферу. Таким чином, впровадження обладнання з сонячними колекторами пов'язане з бажанням скоротити викиди парникових газів при спалюванні палива.

2. Проаналізувавши сонячний потенціал України, було доведено, що ферма розташована в районі з сонячною радіацією 1250 кВтг/км².

3. Використання сонячного тепла дозволяє економити до 75% традиційного палива, необхідного для приготування гарячої води, і до 50%, необхідного для цілей опалення.

4. In у нашому проекті пропонується використовувати 2-контурну Сонячну систему з вакуумною трубкою з примусовою циркуляцією теплоносія.

5. Було запропоновано використовувати воду з теплоємністю 4,19 кДж/кг градуса в порівнянні з іншими тем для акумулювання тепла в сонячних системах теплопостачання, які можуть накопичувати до 80 ГДж тепла при температурах від 90°C до 8000°C (Таблиця 2.3).

3 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПРОРОБКА ПРОЕКТУ

3.1 Розробка схеми теплопостачання до споживача

Основними елементами системи є: сонячні приймачі, пристрої накопичення тепла, додаткові джерела енергії та споживачі (системи опалення та гарячого водопостачання). Вибір і розташування елементів у визначається кліматичними факторами, призначенням та режимом споживання тепла та характеристики економіки.

Розроблено принципову схему подачі тепла в систему опалення ремонтного цеху (рисунок 3.1).

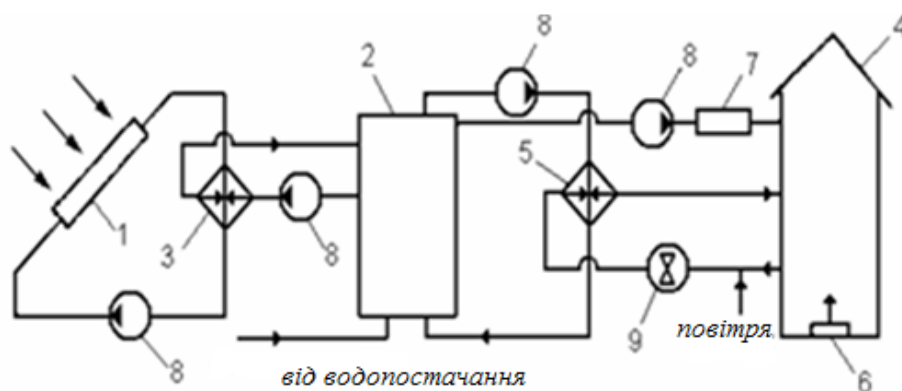


Рисунок 3.1 Принципова схема системи сонячного теплопостачання:

- 1 -сонячний колектор; 2 – теплоакumuлюючий пристрій; 3 - теплообмінник;
4 - майстерня; 5 - калорифер; 6 - система опалення; 7 – система гарячого водопостачання; 8 - циркуляційний насос; 9 - вентилятор.

Система має 2 циркуляційних контури - 2 рідинних і 1 повітряний.

- Перший контур, що складається: сонячний колектор – 1, рідинний теплообмінник-3, циркуляційний насос-8;

- Другий контур: Накопичувач тепла -2, циркуляційний насос-8, теплообмінник-3;

- Теплоакumuлюючий пристрій 2, циркуляційний насос 8, третій контур, складається з водоповітряного теплообмінника (нагрівача) 5.

Система сонячного теплопостачання працює наступним чином: теплоносій (антифриз) теплоприймального контуру нагрівається сонячним колектором 1 і надходить в теплообмінник 3, а тепло антифризу передається воді, що циркулює по міжтрубному простору теплообмінника 8 під дією насос 3 другого контуру. Антифриз необхідний, так як зимовими ночами колектор може замерзнути. Ви також можете зливати воду з колектора вночі. Нагріта вода надходить в накопичувач тепла 2. Ця вода забирається з теплоакumuлюючого пристрою насосом гарячої води 8, при необхідності доводиться до необхідної температури в точці 7 і надходить в систему гарячого водопостачання всередині приміщення. Подача теплоакumuлюючого пристрою здійснюється з системи водопостачання. Для обігріву вода з теплоакumuлюючого пристрою 2 подається насосом в третьому контурі 8 в нагрівач 5, через який за допомогою вентилятора 9 проходить повітря і нагрівається для надходження в приміщення 4.

Вибір і компонування елементів Сонячної системи теплопостачання в кожному конкретному випадку є дуже складним завданням і визначається кліматичними факторами, призначенням, режимом споживання тепла і економічними показниками. Для схематичних рішень в комбінованих установках сонячного опалення можуть бути визначені наступні умови:

- Знизити середню температуру теплоносія в колекторі і забезпечити уловлювання максимально можливої кількості сонячної енергії, що досягається за рахунок використання ефективного колектора.;

- Припускаючи, що ви використовуєте сонячну енергію для попереднього нагрівання охолоджуючої рідини, і Вам потрібно використовувати додаткове джерело енергії (паливо або електрику), щоб довести охолоджуючу рідину до необхідної температури, такий підхід забезпечує максимальну економію палива за рахунок найбільш ефективного використання сонячної енергії.;

- Необхідно уникати змішування середовищ з різними температурними рівнями в теплоакumuлюючому пристрої. Зокрема, з цієї точки зору не рекомендується розміщувати електронагрівач в нижній частині батареї або

подавати тепло безпосередньо від подвоювача в акумуляторний бак сонячної установки.

Таким чином, виконайте необхідні розрахунки основних елементів схеми сонячного опалення.

3.2 Розрахунок основних параметрів сонячного колектора

Щомісячна інтенсивна сонячна радіація на 1 м² визначається за формулою:

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot E_{\text{мп}} \cdot \tau_c \cdot \psi_c \cdot n_{\text{міс}}, \quad (3.1)$$

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot 330,1 \cdot 8,76 \cdot 0,18 \cdot 31 = 0,37 \cdot 10^8, \text{ Дж},$$

де $E_{\text{мп}}$ – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, Дж/(м²міс) (з табл. 3.1);

τ_c – тривалість світового дня, год (з табл. 3.1);

ψ_c – коефіцієнт сонячного випромінювання (з табл. 3.1);

$n_{\text{міс}}$ – кількість днів у місяці.

Визначимо щомісячний прихід енергії на 1 м² на горизонтальну поверхню та результати розрахунків зведемо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Щомісячний прихід енергії на 1 м², горизонтальної поверхні

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_{\text{мр}}, \text{Вт/м}^2$	330,1	513,5	686,4	801,7	906,5	922,2	885,6	822,7	707,4	534,5	372	293,4
$\tau_c, \text{ГОД}$	8,76	10,35	11,8	13,6	15,17	16	15,66	14,4	12,63	10,93	9,3	8,4
Ψ_c	0,18	0,24	0,39	0,45	0,55	0,61	0,67	0,71	0,61	0,47	0,29	0,18
$n_{\text{міс}}, \text{ШТ}$	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$E_{\text{міс}},$ 10^8Дж/ $(\text{м}^2 \text{день})$	0,370	0,819	2,245	3,374	5,375	6,190	6,603	5,977	3,748	1,951	0,690	0,315

Для всіх місяців обчислення виконується аналогічно і також заносяться у таблиці 3.1.

Теплова енергія на 1 м^2 горизонтальної поверхні протягом всього року знаходиться з формули:

$$E_{\text{року}} = \sum_1^{12} E_{\text{міс}} = 10^8 (0,370 + 0,819 + 2,245 + 3,374 + 5,375 + 6,190 + 6,603 + 5,977 + 3,748 + 1,951 + 0,690 + 0,315) = 3,766, \frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2 \text{рік}} \quad (3.2)$$

За формулою Купера визначається кут схилення колектора:

$$\delta_c = 23,45 \sin\left(\frac{284+n}{365} 360\right), \quad (3.3)$$

$$\delta_c = 23,45 \sin\left(\frac{284+15}{365} 360\right) = -21,27^\circ,$$

де n – порядковий номер дня в році.

Аналогічно проводиться розрахунок для всіх місяців та результати запишемо в табл. 3.2

Кут схилення Сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6
δ_c , град	-21,27	-13,29	-2,82	9,41	18,79	23,31
Місяці	7	8	9	10	11	12
δ_c , град	21,52	13,78	2,22	-9,60	21,900	-23,34

Щоб забезпечити найліпші умови поглинання енергії сонячним колектором за цілорічне використання, його поглинальна поверхня буде орієнтована на південь із нахилом β_{opt} , що дорівнює:

$$\beta_{opt} = \varphi_p - \delta_c \quad (3.4)$$

Остаточно кут приймаємо $\beta = 45^\circ$.

Можна використовувати кут нахилу сонця та широту місцевості, щоб знайти Кут заходу сонця (Схід Сонця) у горизонтальній площині. Кут $\omega_{згп}$ це кут між напрямком на південь та напрямком заходу сонця. $\omega_{згп}$ розраховується за такою формулою::

$$\omega_{згп} = \arccos(-\operatorname{tg} \varphi_p \cdot \operatorname{tg} \delta_c), \quad (3.5)$$

$$\omega_{згп} = \arccos(-\operatorname{tg} 48,5 \cdot \operatorname{tg}(-21,31)) = 63,90^\circ.$$

Результати обчислень $\omega_{згп}$ приведено в таблиці 3.3

Таблиця 3.3

Кут між південним напрямком та напрямком заходу Сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6
$\omega_{зп}$, град	63,90	74,52	86,81	100,80	112,62	119,15
Місяці	7	8	9	10	11	12
$\omega_{зп}$, град	116,46	106,10	92,51	78,98	10,72	60,82

Кут заходу сонця на похилу поверхню розраховується за такою формулою:

$$\omega_{зп} = \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi_p - \beta) \cdot \operatorname{tg}\delta_c), \quad (3.6)$$

$$\omega_{зп} = \arccos(-\operatorname{tg}(48,5 - 45) \cdot \operatorname{tg}(-21,27)) = 88,64^\circ$$

Обчислення $\omega_{зп}$ наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Кут між південним напрямком та напрямком заходу Сонця, для нахиленої поверхні

Місяці	1	2	3	4	5	6
$\omega_{зп}$, град	88,64	89,17	89,83	90,58	91,19	91,51
Місяці	7	8	9	10	11	12
$\omega_{зп}$, град	91,38	90,86	90,14	89,41	86,95	88,49

Для розрахунків приймемо $\omega_{зп} = 90^\circ$ протягом усього року.Коефіцієнт $X_{пр}$, що враховує вплив кута установки похилій площині β на щоденне сприйняття прямого випромінювання, може бути визначений як:

$$X_{np} = \frac{\cos(\varphi_p - \beta) \cdot \cos\delta_c \cdot \sin\omega_{зін} + \frac{\omega_{зін}}{180} \cdot \pi \cdot \sin(\varphi_p - \beta) \cdot \sin\delta_c}{\cos\varphi_p \cdot \cos\delta_c \cdot \sin\omega_{зін} + \frac{\omega_{зін}}{180} \cdot \pi \cdot \sin\varphi_p \cdot \sin\delta_c} \quad (3.7)$$

Враховуючи, що кут установки похилої поверхні β приблизно дорівнює широті місцевості φ_p , а $\omega_{зін} = 90^\circ$, після спрощення ми можемо:

$$X_{np} = \frac{\cos\delta_c}{\cos\varphi_p \cdot \cos\delta_c + \frac{\pi}{2} \cdot \sin\varphi_p \cdot \sin\delta_c}, \quad (3.8)$$

$$X_{np} = \frac{\cos(-21,27)}{\cos 48,5 \cdot \cos(-21,27) + \frac{\pi}{2} \cdot \sin 48,5 \cdot \sin(-21,27)} = 4,89.$$

Результати розрахунку коефіцієнтів X_{np} з урахуванням впливу кута установки похилій площині β на щоденне сприйняття прямого випромінювання протягом року наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Коефіцієнт X_{np}

місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X_{np}	4,89	2,60	1,65	1,17	0,94	0,85	0,89	1,05	1,41	2,16	3,93	6,45

Важливою особливістю режиму випромінювання є співвідношення дифузійних складових до загального випромінювання:

$$\psi_{диф} = \frac{E_{диф}}{E}.$$

Спостереження показують співвідношення в Україні практично не залежить від широти місцевості і є досить стабільним значенням при ясному небі. У зимові місяці можна прийняти $\psi_{диф} = 0,21$.

Хмарний покрив має значний вплив на величину $\psi_{диф}$. Таким чином, для

середньої хмарності взимку процентний вміст дифузійних компонентів коливається в межах $\psi_{\text{диф}} = 0,6-0,8$, і $\psi_{\text{диф}} = 0,3-0,55$. влітку. У зв'язку з невизначеністю зміни $\psi_{\text{диф}}$ в похмуру погоду рекомендується розрахувати потужність інсоляції при ясному небі і використовувати коефіцієнт сонячного випромінювання, щоб врахувати вплив хмарності і прозорості атмосфери.с. під коефіцієнтом сонячного випромінювання розуміється відношення сонячного світла при певних умовах до можливе.

$$X_i = (1 - \psi_{\text{диф}}) X_{\text{пр}} + \psi_{\text{диф}} \frac{1 + \cos\beta}{2} + I_a \frac{1 - \cos\beta}{2}, \quad (3.9)$$

$$X_i = (1 - 0,21) 4,89 + 0,21 \frac{1 + \cos 45}{2} + 0,7 \frac{1 - \cos 45}{2} = 4,142,$$

де $\psi_{\text{диф}}$ – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання;

I_a – коефіцієнт відбиття поверхні землі й навколишніх тіл (альbedo);

$\psi_{\text{диф}} = 0,21$ – для всього року;

$I_a = 0,7$ – для зими; $I_a = 0,2$ – для літа.

Коефіцієнт X_i для наступних місяців визначається аналогічно, результати зведено до таблиці табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної енергії

Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	4, 14	2,3 3	1,5 8	1,1 3	0,9 5	0,8 8	0,9 1	1,0 3	1,3 2	1,9 8	3,3 9	5,3 7

Підсумкова середньомісячна потужність випромінювання $e_{\text{пр}}$, що надходить на похилу поверхню, розраховується за такою формулою:

$$E_{\text{нп}} = X \cdot E_{\text{міс}}, \quad (3.10)$$

$$E_{\text{нп}_1} = 4,142 \cdot 0,370 \cdot 10^8 = 1,532 \cdot 10^8, \text{ Дж} / \text{м}^2 \text{день}$$

де $E_{\text{міс}}$ – щомісячний прихід сонячної енергії на 1 м², Дж/(м²·міс).

Таблиця 3.7

Середньомісячна потужність сонячної радіації

Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_{\text{нп}},$ $10^8 \text{ Дж} /$ $(\text{м}^2 \text{ міс})$	1,5 3	1, 9	3,5 6	3,8 1	5,1 1	5,4 7	6, 0	6,2 1	4,9 6	3,8 7	2,3 3	1,69

Кількість енергії на 1 м² похилій поверхні в рік:

$$E_{\text{рік}} = \sum_{i=1}^{12} E_{\text{нп}_i}, \quad (3.11)$$

$$E_{\text{рік}} = 10^8 (1,532 + 1,912 + 3,565 + 3,811 + 5,115 + 5,471 + 6,008 + \\ + 6,210 + 4,963 + 3,874 + 2,339 + 1,694) = 46,495 \cdot 10^8 = 4,65 \text{ ГДж} / \text{м}^2 \text{ рік}.$$

3.3 Розрахунок потреби тепла для споживача

Теплове навантаження за місяць $Q_{\text{міс}}$ визначається за формулою:

$$Q_{\text{міс}} = G \cdot C \cdot \Delta t \cdot z, \quad (3.12)$$

де $Q_{міс}$ – місячна потреба теплоти, Дж/(м² міс);

G – витрати теплоносія в день, кг/день;

C – середня теплоємність робочого тіла у заданому діапазоні температур, Дж/(кг град).;

Δt – різниця температур теплоносія, °C ;

z – кількість днів у місяці;

Тому для розрахунку задамося: $t_1 = 7^\circ\text{C}$;

$t_2 = 65^\circ\text{C}$;

$C = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг град})$;

$G = 800 \text{ кг/день}$.

$$Q_{міс} = 800 \cdot 4190 \cdot 55 \cdot 31 = 5,715 \cdot 10^9, \text{ Дж} / \text{м}^2 \text{ міс}$$

Результати розрахунку середньомісячної теплового навантаження наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Середньомісячне теплове навантаження

Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{міс},$ ГДж/ (м ² міс)	5,71	5,1 6	5,7 1	5,5 3	5,7 1	5,5 3	5,7 1	5,7 1	5,5 3	5,7 1	5,5 3	5,71

Знаходимо лімітоване підвищення температури води:

$$\Delta T = T_2 - T_1, \quad (3.13)$$

$$\Delta T = 65 - 7 = 58^\circ\text{C},$$

де T_1, T_2 - температура теплоносія на вході та виході колектора, ($T_1=7^\circ\text{C}$, $T_2=65^\circ\text{C}$).

Визначається витрата гарячої води за одну добу для споживача:

$$V = V_{\text{л}} \cdot n, \quad (3.14)$$

$$V = 100 \cdot 30 = 3000 \text{ л /доб}$$

де $V_{\text{л}}$ - витрави води на одну людину за добу, л ($V_{\text{л}} \approx 100\text{л}$);

n - кількість працюючих, чол.

Визначається потужність Q , яка необхідна для нагрівання відповідної кількості води:

$$q = V \cdot \Delta T = 3000 \cdot 58 = 174000 \text{ Ккал}, \quad (3.15)$$

або

$$Q = \frac{q}{859,8} = \frac{174000}{859,8} = 202,2 \text{ кВт}, \quad (3.16)$$

(1 літр води = 1 Ккал для підвищення температури на 1 °С),

(859,8 Ккал=1кВт).

Визначається потужність трубки $Q_{\text{ТР}}$ сонячного колектора згідно освітленості, яка приведена в [11].

3.4 Визначення конструктивних розмірів

3.4.1 Вибір колектора

В даному дипломному проекті ми підбираємо колектори з "середніми" параметрами, які дозволяють спеціальному обладнанню забезпечувати споживачів гарячою водою за доступною ціною з урахуванням кліматичних особливостей регіону і характеру вирішуваних завдань. Ми розраховуємо систему на основі розрахунку системи гарячого сонячного водопостачання на 4 місяці, згідно з рекомендаціями. У зимовий період необхідна температура досягається за рахунок використання резервного джерела енергії. Влітку

залишкова енергія, що поглинається Сонячною системою, може бути використана для побутових потреб.

Значення освітленості в липні, серпні $q_{\text{липень}} = 6,87 \text{ кВт} / \text{м}^2$ в день;
 $q_{\text{серпень}} = 5,69 \text{ кВт} / \text{м}^2$ в день:

$$Q_{\text{CP}} = \frac{(q_{\text{липень}} + q_{\text{серпень}})}{2} = \frac{(6,87 + 5,69)}{2} = 6,28 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \text{ в день.} \quad (3.17)$$

Згідно з паспортними даними трубка сонячного колектора має ККД=70% і площу поглинання $F_{\text{TP}} = 0,08 \text{ м}^2$.

Тоді

$$Q_{\text{TP}} = Q_{\text{CP}} \cdot \frac{K_{\text{TP}}}{100} \cdot F_{\text{TP}} = 6,28 \cdot \frac{70}{100} \cdot 0,08 = 0,35 \text{ кВт.} \quad (3.18)$$

Визначається кількість трубок, які необхідні для забезпечення навантаження:

$$N = \frac{Q}{Q_{\text{TP}}} = \frac{202,2}{0,35} = 577 \text{ трубок.} \quad (3.19)$$

Приймається кількість трубок $N = 577 \text{ трубок}$.

На підставі розрахунків була обрана модель колектора ALSH58 / 30 з урахуванням кліматичних особливостей Сонячної системи і режиму експлуатації. В якості теплоносія в Сонячній системі використовується водний розчин пропіленгліколю (теплоносії, виготовлені на основі пропіленгліколю, в діапазоні температур від -60°C до $+110^{\circ}\text{C}$ нетоксичні).

Таблиця 3.9

Основна характеристика колектора ALSH 58/30

Тип	Площа, м ²	Теплові трубки			Розміри, мм	Маса, кг
		діаметр	довжина	кількість		
ALSH 58/30	4,32	58	1800	30	2544x2040	98

Таким чином, необхідно встановити 18 блоків по 30 трубок загальною потужністю.

3.4.2 Визначення геометричних розмірів і акумулювання тепла в накопичувачах

Теплоакумулятор в системі опалення служить в якості накопичувача гарячої води. Це дозволяє забезпечувати гарячою водою споживачів за будь-яким графіком, незалежно від циклу подачі сонячної енергії. Таким чином, теплові батареї повинні відповідати багатьом вимогам, таким як висока ефективність, простота і надійність в експлуатації, довговічність і дешевизна, щоб пропускати воду певної температури. Практично неможливо виконати всі ці вимоги одночасно. Найбільш важливими характеристиками вважаються висока ефективність. Спосібність теплового акумулятора підтримувати температуру води яка накопичується та забезпечується за рахунок використання пасивного теплового захисту. Для цього поверхня акумулятора покривається шаром ізоляції. Методика обчислень втрат через теплоізоляцію заснований на рівнянні постійної теплопровідності. Як правило, теплоакумулятор виконаний у формі або паралелепіпеда, або циліндра, або кулі. Для такої форми резервуарів можна написати єдину формулу [19]:

$$Q_{вт} = \frac{\lambda}{\delta_{із}} F_{із} (t_{ак} - t_{нс}), \quad (3.20)$$

де $F_{із}$ – розрахункова площа теплоізоляційного шару, м²;

$t_{ак}$ – температура води в пристрої акумулювання тепла, °С;

$t_{нс}$ – температура навколишнього середовища, °С.

Щоб вибрати оптимальну товщину ізоляції, використовуйте формулу (1 м²) для площі поверхні накопичувача (3.21).

$$q_{вт} = \frac{\lambda_{i3}}{\delta_{i3}} (t_{ак} - t_{нс}), \quad (3.21)$$

Задамося вихідними даними для розрахунку:

$$\lambda_{i3} = 0,041 \text{ Вт/(мК)};$$

$$t_{ак} = 90 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{нс} = 20 \text{ }^\circ\text{C};$$

Згідно [19], рекомендується щоб товщина ізоляції - $\delta_{i3} = 0,11 \text{ м}$. Тепловтрати акумуляторного бака також залежать від площі поверхні. Тоді визначається площа внутрішньої поверхні бака циліндричної форми:

$$F_{вн} = 2 \frac{\pi D_1^2}{4} + \pi D_1 H, \quad (3.22)$$

де D_1 – внутрішній діаметр поверхні акумулюючого пристрою, м;

Тааким чином висота обчислюється як співвідношення об'єму бака та діаметру:

$$H = \frac{V}{\frac{\pi D_1^2}{4}}, \quad (3.23)$$

Обчислюємо площу зовнішньої поверхні:

$$F_{зов} = 2 \frac{\pi D_2^2}{4} + \pi D_2 (H + 2\delta_{i3}), \quad (3.24)$$

де D_2 – зовнішній діаметр бака

$$D_2 = D_1 + 2\delta_{i3}, \quad (3.25)$$

$$\frac{F_{зоб}}{F_{вн}} \leq 2, \quad (3.26)$$

Тоді обчислюємо ефективну площу теплової ізоляції:

$$F_{із} = \frac{F_{зоб} + F_{вн}}{2}, \quad (3.27)$$

У формулу (3.20) підставим (3.26-3.29), $\delta_{із} = 0,11$ м, та задавши V бака-акумулятора на 2000 літрів, а V БОР на 100 літрів:

$$Q_{БА} = f_1(D_1) \text{ та } Q_{БОР} = f_2(D_1).$$

Відповідно [21] та з технологічних визначень обираємо діаметр акумулятора тепла $D_1 = 1,2$ м та діаметр бака оперативного розходу $d_1 = 0,5$ м.

Розрахуємо висоту теплових акумулюючих-баків:

$$H = \frac{V_{БА}}{\frac{\pi D_1^2}{4}} = \frac{2}{\frac{\pi 1,2^2}{4}} = 1,77 \text{ м} \quad (3.28)$$

Те що всередині бака-акумулятора є теплообмінник, то його об'єм збільшимо та приймається $H = 2$ м.

$$h = \frac{V_{БОР}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} = \frac{0,1}{\frac{\pi 0,5^2}{4}} = 0,509 \text{ м}, \quad (3.29)$$

Остаточно приймаємо $h = 0,6$ м

Розраховуються остаточні теплові втрати з теплоакумуляторів, при заданих параметрах:

$$Q_{БА} = \frac{\lambda}{\delta_{із}} F_{із_{БА}} (t_{ак} - t_{нс}) = \frac{0,041}{0,11} \cdot 11,122 \cdot (90 - 20) = 287 \text{ Вт}, \quad (3.30)$$

$$Q_{БОР} = \frac{\lambda}{\delta_{із}} F_{із_{БОР}} (t_{ак} - t_{нс}) = \frac{0,041}{0,11} \cdot 1,864 \cdot (90 - 20) = 48,45 \text{ Вт}. \quad (3.31)$$

Знайдеться зниження температури в теплоаккумуляторах за добу. Як відомо: $Q = cm\Delta t$, тобто визначається зниження температури в тепловому акумуляторі впродовж доби і для цього необхідно добові втрати тепла віднести до добутку ($c m$):

$$\Delta t = \frac{Q \cdot 3600 \cdot 24}{cV\rho} = \frac{Q \cdot 3600 \cdot 24}{c(\frac{\pi D_1^2}{4} H\rho)}, \quad (3.32)$$

де c – теплоємність теплоаккумуляючого матеріалу, Дж/(кг град);
 ρ – густина теплоаккумуляючого матеріалу, кг/м³.

$$\Delta t_{БА} = \frac{Q_{БА} \cdot 3600 \cdot 24}{c(\frac{\pi D_1^2}{4} H\rho)} = \frac{287 \cdot 3600 \cdot 24}{4190(\frac{\pi 1,2^2}{4} \cdot 2 \cdot 1000)} = 1,31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{БОР} = \frac{Q_{БОР} \cdot 3600 \cdot 24}{c(\frac{\pi d_1^2}{4} h\rho)} = \frac{48,45 \cdot 3600 \cdot 24}{4190 \cdot (\frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 1000)} = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Очевидно, що 1 °С прирівнюється до 1ккал = 1,16 Вт·год. Таким чином, втрати тепла в місяць 34,8 Вт·год. Отже, отримані величини зниження температури в баках-аккумуляторах за добу задовільняються потребам господарства.

Система акумулювання теплової енергії характеризується акумулюючою здатністю, що знаходиться за формулою:

$$q = \frac{Q}{V_{БА}}, \quad (3.33)$$

де Q – теплоакумуюча здатність матеріалу, $МДж$

Аналізуючи (в другому розділі) акумулюючі матеріали в сонячних системах теплового забезпечення, приймаємо – воду. Тому кількість теплоти, яка накопичується в баці визначається:

$$Q = cV_{BA}(T_z - T_x) \quad (3.34)$$

$$Q = 4,19 \cdot 2000 \cdot (90 - 20) = 586,6 \text{ МДж} = 163 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$q = \frac{586,6}{2} = 293,3 \text{ МДж/м}^3 = 81,5 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^3$$

Отже, накопичення тепла за добу, враховуючи, що сонячне випромінювання 4 години:

$$Q = 163 \cdot 4 = 652 \text{ кВт год/доб}$$

Накопичення теплової енергії за місяць становить:

$$Q = 652 \cdot 20 = 13040 \text{ кВт}$$

Отже, для потреб споживача необхідно в місяць 5430 кВт, це значить, що один бак-акумулятор може накопичувати в місяць 13040 кВт, тому для опалення акумулювання тепла можна встановити 3 бака-акумулятора з теплоакумуючою здатністю 81,5 кВт год/м³ для кожного, тому це дозволить опалювати будівлю взимку 4 місяці.

Висновки

1. Для споживача ферми була розроблена принципова схема опалення.
2. В результаті розрахунку потужність сонячного випромінювання дорівнює 4,65 ГДж/м²·рік.

3. З урахуванням кліматичних особливостей і режиму роботи сонячного теплопостачання обрана модель колектора ALSH58 / 30, і в залежності від технічних характеристик колектора необхідно встановити 577 трубок загальною місткістю.
4. Для акумулювання теплоти розраховані і прийняті технічні характеристики обладнання для накопичування тепла об'ємом 2 м³ довжиною 2 м і діаметром 1,2 м.
5. Оскільки для опалення цеху потрібно 181 кВт протягом доби, або 7,5 кВт*год, ми вирішили встановити три теплоакumuлюючих пристрої з теплоємністю 81,5 кВт*год/м³ для кожного. Це дозволяє опалювати систему протягом приблизно 4 місяців взимку з урахуванням споживання тепла.
6. З урахуванням теплоізоляції теплового акумулятора товщиною 0,11 м (скловата – $\lambda_{із} = 0,041$ Вт/(мК)) були визначені тепловтрати в місяць – 34,8 Вт*год, що задовольняє потребам споживача.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Організація охорони праці на фермах

Директор відповідає за охорону праці і своїм наказом покладає відповідальність за стан охорони праці в структурному підрозділі: за рослинництво - на головного агронома, за механізацію - на головного інженера. Документи господарства з питань охорони праці повинні відповідати чинним законам, нормам і правилам. Всі види інструктажів проводяться на фермі, про що свідчить журнал реєстрації з відповідними записами. Всі виробничі підрозділи обладнані куточком охорони праці, оснащені засобами пожежогасіння, аптечками першої допомоги та інструкціями на виробничому майданчику. Медичний центр розташований на території ферми. Всі виробничі підрозділи оснащені системою сигналізації, між об'єктами здійснюється Телефонний зв'язок.

В цілому стан охорони праці в економіці знаходиться на належному рівні. Що стосується галузі рослинництва, то тут при виконанні декількох видів робіт (особливо в період збору врожаю) можливе невикористання засобів індивідуального захисту через їх відсутність або незадовільну організацію, неповноцінних умов і неправильного використання.

В процесі роботи співробітники проходять Вступні, первинні, повторні, позапланові та цільові інструктажі.

На фермі проводяться всі види інструктажів, про що свідчить журнал реєстрації з відповідними записами. Всі виробничі підрозділи обладнані куточком охорони праці, оснащені засобами пожежогасіння, аптечками першої допомоги та інструкціями на виробничому майданчику. В основному ведеться робота по створенню здорових і безпечних умов праці. Стан охорони праці в цеху можна охарактеризувати наступними даними:

- майстерня є новою, з ідеальним робочим станом, блискавкозахистом, вентиляцією робочої зони, шумом, вібрацією, освітленням, відповідає вимогам діючих правил;

- умови майстерні з профілактичного обслуговування та ремонту транспортного засобу забезпечують безпечне виконання всіх технічних операцій;

- при розміщенні на об'єкті (робочому місці) в загальному виробничому приміщенні небезпечних речовин (газів, пилу, аерозолів і т. д.), виділення тепла, шуму відповідно до технічного процесу вони повинні розміщуватися в окремих приміщеннях, ізольованих від інших приміщень від стіни до стелі;

- висота виробничого приміщення пункту профілактичного обслуговування і ремонту автомобіля, відстань від верхньої частини автомобіля на підйомнику або від верхньої частини піднятого кузова самоскида, що стоїть на підлозі, висота бетону.;

- фарбування, Підготовка до фарбування в приміщеннях акумуляторної зони, вона повинна бути виконана з матеріалів, які не іскрять при ударі об підлогу, таких як антикорозійні роботи, ремонт паливної апаратури, ацетиленових генераторів.;

- зверху автомобіля безпосередньо для регулювання пристрою системи газопостачання виділено окреме приміщення від інших приміщень;

- майданчики, пости і ділянки мийки автомобілів повинні мати ухил не менше 2% для прийому колодязів і лотків, розташування яких виключає потрапляння стічних вод (з Автомийки) на територію (приміщення) підприємства.;

- пост Автомийки відділений від інших приміщень глухою стіною з пароізоляційним і водонепроникним покриттям;

- прохід між виробничими приміщеннями повинен бути обгороджений парканом. Висота перил повинна становити не менше 1 м з одним проміжним горизонтальним елементом, а нижня частина перил повинна закривати бічні сторони на висоті не менше 0,1 м від підлоги.;

- вхід в приміщення для роботи з акумуляторами або ремонту паливного обладнання повинен бути відділений від інших суміжних приміщень, коридорів і сходів тамбурним замком. Двері цих приміщень повинні відкриватися назовні;

- для проведення робіт з кислотними і лужними акумуляторами необхідно мати три складових відсіку, відокремлених від інших виробництв: один для ремонту, один для зарядки, один для зберігання кислот (лугів) і електролітичних препаратів, і в кожному з них повинно бути передбачено окреме приміщення;

- для проведення малярних робіт вам необхідно підготувати 2 приміщення: 1 для приготування фарби, а інше 1 для поста для фарбування і сушіння. Якщо фарбування проводиться поза фарбувального приміщення або в приміщенні з відкритим отвором, то отвір хвіртки в Фарбувальне приміщення (з суміжного) повинен бути обладнаний тамбурним шлюзом довжиною, що дорівнює половині ширини воріт, збільшеної на 0,2 м.

Висновки та рекомендації щодо поліпшення умов праці:

Для поліпшення стану охорони праці слід звернути увагу на наступні положення:

- Своєчасне навчання з охорони праці та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;

- Забезпечення робочих місць і посад організаційно-технічними документами з охорони праці;;

- забезпечити робоче місце значним обсягом демонтажних і складальних робіт, використовуючи необхідні засоби механізації;;

- Відновити роботу куточка охорони праці, надавши нормативно-технічну документацію;;

- Обладнати пожежний щит відповідно до вимог охорони праці;

- Відремонтувати систему вентиляції та кондиціонування повітря і забезпечити нормальну роботу;

- Усунути протяги в приміщеннях;- Модернізувати систему опалення.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Щоб вирішити проблему, ми розробили і вдосконалили використання сонячних колекторів для опалення та гарячого водопостачання в цехах.

Для того, щоб провести економічну оцінку проекту, необхідно визначити наступні показники:

Щорічні експлуатаційні витрати будуть виглядати наступним чином:

$$EB = ОП + А + ПР + E_p B + IB, \quad (5.1)$$

де EB – сума річних експлуатаційних витрат, грн.;

$ОП$ – витрати, які включають безпосередньо заробітну плату з нарахуваннями, грн.;

A – сума амортизаційних відрахувань, грн.;

$ПР$ – відрахування на поточний ремонт і техдогляди, грн.;

$E_p B$ – вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, грн.;

IB – інші витрати (вартість спецвзуття, страхування і т.д.), грн.

Витрати на робочу силу розраховуються за допомогою рівняння 5.2:

$$ОП = ФЗП + ЄСВ \quad (5.2)$$

де $ФЗП$ – фонд заробітної плати, грн.;

$ЄСВ$ – єдиний соціальний внесок, грн.

Ми нараховуємо до Фонду виплат (FFP) єдиний соціальний внесок у розмірі 37,19% від загальної суми нарахування:

$$ЄСВ = ФЗП \cdot 0,3719, \quad (5.3)$$

Фонд заробітної плати розраховується наступним чином:

$$\PhiЗП = K \cdot T \cdot Д \cdot ТС, \quad (5.4)$$

$дeK$ – кількість людей, які обслуговують конкретний технічний засіб на виконанні операції, $K = 2$ чол.;

T – тривалість роботи технічного засобу за добу, $T = 8$ год.;

$Д$ – кількість днів виконання технічним засобом цієї операції на протязі року, $Д = 180$ днів;

$ТС$ – годинна тарифна ставка, $ТС = 75$ грн.

$$\PhiЗП_{\phi} = 2 \cdot 8 \cdot 180 \cdot 75 = 216000 \text{ грн.},$$

$$\PhiЗП_{np} = 2 \cdot 8 \cdot 180 \cdot 75 = 216000 \text{ грн.},$$

$$\epsilonСВ_{\phi} = 216000 \cdot 0,3719 = 80330,4 \text{ грн.},$$

$$\epsilonСВ_{np} = 216000 \cdot 0,3719 = 80330,4 \text{ грн.},$$

$$ОП_{\phi} = 216000 + 80330,4 = 296330,4 \text{ грн.},$$

$$ОП_{np} = 216000 + 80330,4 = 296330,4 \text{ грн.},$$

Використовуйте наступну формулу для розрахунку суми амортизації:

$$A = \frac{BT_3 \cdot HA}{100}, \quad (5.5)$$

де BT_3 – балансова вартість, $BT_{зф}=51575$ грн., $BT_{зпр}=110600$ грн.;
 HA – норма амортизації за рік на технічний засіб, $HA=15\%$.

$$A_{\phi} = \frac{51575 \cdot 15}{100} = 7736,25 \text{ грн.}$$

$$A_{np} = \frac{110600 \cdot 15}{100} = 12090 \text{ грн}$$

Технічний огляд (ПР) технічного обладнання та відрахування на поточний ремонт:

$$ПР = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.6)$$

$$ПР_{\phi} = \frac{7236,25 \cdot 30}{100} = 2170,87 \text{ грн.}$$

$$ПР_{np} = \frac{12090 \cdot 30}{100} = 3627 \text{ грн}$$

Вартість енергоресурсів, споживаних на рік (E_pB):

$$E_pB = EB \quad (5.7)$$

Де EB -вартість спожитої електроенергії в гривнях і визначається за формулою:

$$EB = E_{лк} \cdot E_{лц}, \quad (5.9)$$

де $E_{лк}$ – річні витрати електроенергії матеріалів, $E_{лкф}=38340$ грн /кВт-год.,
 $E_{лкпр}=32230$ грн.; $E_{лиц}$ – ціна 1 кВт-год. електроенергії, $E_{лиц}=8,86$ грн.

$$EB_{\phi} = 38340 \cdot 8,86 = 339692,4 \text{ грн.},$$

$$EB_{np} = 32230 \cdot 8,86 = 285557,8 \text{ грн.}$$

$$E_p B_{\phi} = 339692,4 \text{ грн.},$$

$$E_p B_{np} = 285557,8 \text{ грн.}$$

Інші витрати знаходяться за формулою 5.10:

$$IB = \frac{(ОП + A + ПП + E_p B)}{100} \cdot 5, \quad (5.10)$$

$$IB_{\phi} = \frac{(296330,4 + 7736,25 + 2170,87 + 339692,4) \cdot 5}{100} = 32296,5 \text{ грн.}$$

$$IB_{np} = \frac{(296330,4 + 12090 + 3627 + 285557,8) \cdot 5}{100} = 29589,8 \text{ грн}$$

Розрахунки що визначили підставимо до формули 5.1:

$$EB_{\phi} = 296330,4 + 7736,25 + 2170,87 + 339692,4 + 32296,5 = 678226,42 \text{ грн.},$$

$$EB_{np} = 296330,4 + 12090 + 3627 + 285557,8 + 29589,8 = 627195 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати були обчислені для фактичного та проєктного об'єкту споживання.

Обчислемо економічний ефект за рік:

$$EE_{\phi} = EB_{\phi} - EB_{np}, \quad (5.11)$$

$$EE_{\phi} = 678226,42 - 627195 = 51031,42 \text{ грн}$$

Виконаємо розрахунок на термін окупності додаткових капітальних вкладень по проєкту (T):

$$T = \frac{\Delta PI}{EE_{\phi}}, \quad (5.12)$$

де ΔPI - реальні додаткові інвестиції, грн.

$$\Delta PI = BT_{зпр} - BT_{зф}, \quad (5.13)$$

$$\Delta PI = 110600 - 51575 = 59025 \text{ грн.},$$

$$T = \frac{59025}{51031,42} = 1,2 \text{ року.}$$

Таблиця 5.1

Характеристика економічного ефекту впровадження проєкту

Показники		
	Існуючий	Проєктний
Опалення приміщень споживача		
Сонячна батарея		
Вартість агрегату на балансі, грн.	51575,6	110600,7
Експлуатаційні витрати за рік – всього, грн.	678226,42	627195,12
у тому числі:		
- Оплата труда з нарахуваннями	296330,4	296330,41
- Відрахування на амортизацію	7736,25	12090,01
- відрахування на технічний огляд технічних засобів та поточний ремонт	2170,87	3627,1

- вартість спожитих енергоресурсів за рік	339692,4	285557,08
Економічний ефект за рік, грн.	-	51031,402
Термін окупності, років	-	1,20

Висновки

У цьому розділі проведено розрахунок наступних показників:

- Щорічні експлуатаційні витрати;
- відрахування на поточний ремонт;
- технічний огляд технічних методів, вартість енергоресурсів, витрачених за рік, амортизаційні відрахування; річний економічний ефект і термін окупності пропонованого проекту: подача опалення та гарячої води в ремонтну майстерню.

Тому рекомендується використовувати сонячний колектор, оскільки, незважаючи на високу вартість установки, економляться кошти, що витрачаються на паливо.

Інвестиції окупляться через 1,2 року.

ВИСНОВКИ

1. Ферма має достатніми технічними засобами для здійснення розробки пристроїв накопичення тепла з використанням трубчастих сонячних колекторів.

2. Використання обладнання з сонячними колекторами пов'язане не тільки з економічними передумовами, а й з бажанням знизити викиди парникових газів при спалюванні палива, оскільки забруднюючі гази рідше потрапляють в атмосферу в порівнянні зі спалюванням палива. Така ситуація дає екологічні переваги акумулюванню теплової енергії сонячними установками.

3. Використовуючи енергію сонця, Сонячна система може економити до 75% традиційного палива, необхідного для приготування гарячої води, і до 50%, необхідного для опалення.

4. Оцінивши всі переваги і недоліки описаної системи, можна зробити висновок, що в нашому проекті бажано використовувати тільки двоконтурні сонячні системи з вакуумними трубками з примусовою циркуляцією теплоносія.

5. Очікується, що для сезонного акумулювання тепла в сонячних системах теплопостачання буде використовуватися вода, яка володіє теплоємністю 4,19 кДж/кг град і може накопичувати до 80 ГДж тепла при температурах від 80°C до 90°C в порівнянні з іншими матеріалами для акумулювання тепла.

6. $E_{рік}=4,65 \text{ ГДж/м}^2 \cdot \text{рік}$, в результаті, з урахуванням кліматичних особливостей Сонячної системи і режиму експлуатації, обрана модель колектора ALSH58/30 і, в залежності від технічних характеристик колектора, необхідно встановити 577 трубок загальною місткістю.

7. Оскільки були розраховані характеристики акумулятору тепла об'ємом 2 м^3 , довжиною 2,1 м і діаметром 1,2 м, тому з теплоакumuлюючою здатністю $81,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ було встановлено 3 одиниці. Це дозволяє опалювати систему взимку протягом приблизно чотирьох місяців за рахунок зниження споживання тепла.

8. У розділі 5 були розраховані техніко-економічні показники показники, та економічний ефект і термін окупності за рік.

9. Використання сонячного тепла з розвитком технології акумулювання тепла допомагає економити кошти, що витрачаються на паливо. Економія складе майже дві третини від базової версії при терміні окупності в 1,2 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлювальних і нетрадиційних джерел України – К.: Національна Академія наук України, 2021. – 41с
2. Твайделл Дж. Поновлювальні джерела енергії / Дж.Твайделл, Уэйр А. 2013.
3. Черевко Г. Шанси і загрози сонячної енергетики: теоретичні та практичні аспекти / Г. Черевко, Є. Савченко// Аграрна економіка. — 2012. — №3-4.
4. Потенціал альтернативної енергетики в Україні високий, ЛІГАБізнесІнформ, Інформаційне агентство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.liga.net.
5. Миронов О.С. / Теплотехніка: основи термодинаміки, теорія теплообміну, використання тепла в сільському господарстві // О.С. Миронов, М.Р. Брижа, В.Б. Бойко, О.В. Золотовська – Дніпропетровськ: ТОВ «Енем», 2011. – 424 с.
6. Дідур В.А. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві / В.А. Дідюра. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 233 с.
7. Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Колектори сонячні плоскі. Методи випробувань: ДСТУ 4034-2001 (ГОСТ 30757-2001) - [Чинний від 2002-01-01]. – К:Держстандарт України, 2001.–32 с.
8. Методичні рекомендації з підготовки дипломних проектів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» / Войтюк А.Г., Дацишин О.В., Мельник І.І. – К.: Вища школа, 2011. – 32 с.
9. Низькозамерзаючий теплоносій на базі пропіленгликоля марок «ХНТ»/ООО «СПЕКТРОПЛАСТ» [електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.splast.ru/al_3.htm
10. Сиворакша В.Ю. Теплові розрахунки геліосистем: монографія/ В.Ю. Сиворакша, В.Л. Марков, Б.Е. Петров, К.Є. Золотько – ДНУ, НДІ енергетики. – Д., 2023. 124 с.

11. Харченко Н.В. Геліотеплонасосні системи теплозабезпечення с сезонним аккумуляванням теплоти. 2012.
12. Шершнев В., Дударев Н. Сонячні системи опалення // Будівельна інженерія. – 2016. – №1.
13. Золотовська О.В. Моделювання накопичення теплоти сонячною установкою. East European Scientific Journal. 2(54), 2020 part 5.
14. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинний від 01.09.2010. // Мінрегіонбуд України.- 2010. – С. 12-20.
15. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. / М.Ф.Боженко, В.П.Сало. – Київ: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2004. – 192 с
16. Barbara Larwa, Krzysztof Kupiec Heat transfer in the ground with a horizontal heat exchanger installed – Long-term thermal effects / Applied Thermal Engineering, Volume 164, 5 January 2020, 114539
17. Geothermal heat pumps. URL: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>
18. Маляренко В. А. Тепломасообмін в об'єктах альтернативної енергетики / В. А. Маляренко, О. В. Сенецький; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 311 с. – ISBN 978-966-695-557-2.
19. Золотовська О.В. Теслюк Г.В., Пугач А.М. Курс лекцій з теплотехніки: Навчальний посібник, 2022. 324 с.
20. 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.