

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему:

Ефективність застосування геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель

Виконав: студент 6 курсу, групи ЕМм-61

напряму підготовки (спеціальності)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

		Воронцов М.Г. (прізвище та ініціали)
Керівник		Тарасенко М.Г. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Коваль В.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент		Габрусєв Г.В. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Електричної інженерії

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«_____» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Воронцову Михайлу Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Ефективність застосування геліопанелей періодичної дії,
суміщених із покриттям будівель

Керівник роботи Тарасенко Микола Григорович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від 23 серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом роботи 19 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

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

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Спеціальна частина</i>	<i>д.т.н., проф. Тарасенко М.Г.</i>		
<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>	<i>д.е.н., проф. Малиута Л.Я.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н., доц. Гурик О.Я.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		
<i>Екологія</i>	<i>к.т.н., доц. Зварич Н.М.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Коваль В.П.</i>		

7. Дата видачі завдання

01 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи	01.09.19 – 01.10.19	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	01.10.19 – 25.10.19	
3	Підготовка розділу «Спеціальна частина»	25.10.19 – 22.11.19	
4	Підготовка розділу «Обґрунтування економічної ефективності»	22.11.19 – 29.11.19	
5	Підготовка розділу «Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях»	30.11.19 – 05.12.19	
6	Підготовка розділу «Екологія»	05.12.19 – 10.12.19	
7	Складання переліку використаних літературних джерел	11.12.19 – 12.12.19	
8	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	12.12.19 – 14.12.19	
10	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	15.12.19 – 17.12.19	

Студент

(підпис)

Воронцов М.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 130 сторінок. В роботі міститься 48 рисунків, 87 формул і 7 таблиць.

Метою магістерської роботи є теоретичне обґрунтування й експериментальне підтвердження можливості одержання низькопотенціальної теплоти шляхом удосконалення геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель.

Об'єктом дослідження є геліопанелі періодичної дії, суміщені із покриттям будівель.

Предметом дослідження є процес та технологія отримання сонячної енергії геліопанелями періодичної дії, суміщеними із покриттям будівель.

Методи досліджень: теоретичний аналіз та експериментальні дослідження; лабораторні та натурні дослідження системи СТ із ГП різних конструкцій; математичні методи оброблення експериментальних даних; застосування методів математичної статистики та положень обчислювальної математики.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, ГЕЛІОПОКРІВЛЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕЛІОПОКРІВЛІ.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Воронцов М.Г.						
Перевір.		Тарасенко М.Г.						
Консульт.		Тарасенко М.Г.				ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61		
Н. контр.		Коваль В.П						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

ЗМІСТ

	с.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	13
1.1. Аналіз сучасних конструкцій сонячних установок.....	13
1.1.1. Плоскі сонячні колектори.....	15
1.1.2. Вакуумні сонячні колектори.....	17
1.1.3. Концентруючі сонячні колектори.....	20
1.1.4. Комбіновані сонячні колектори.....	21
1.2. Аналіз сучасних систем сонячного теплопостачання.....	23
1.2.1. Системи з активним використанням сонячної енергії.....	24
1.2.2. Пасивні сонячні системи.....	27
1.2.3. Комбіновані сонячні системи.....	28
1.3. Методи розрахунку сонячної енергії та досліджень сонячних колекторів...	31
1.4. Висновки до розділу 1	36
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	38
2.1. Аналітичні дослідження термоакумуляції геліопанеллю.....	38
2.2. Розрахунок теплопоглинання геліопанелі	46
2.3. Дослідження ефективності системи сонячного теплопостачання із геліопанелями	50
2.4. Дослідження ССТ із геліопанелями	60
2.5. Застосування систем сонячного теплопостачання із геліопанелями	66

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Лат	ЗМІСТ			
Розроб.	Воронцов М.Г.							
Перевір.	Тарасенко М.Г.							
Консульт.	Тарасенко М.Г.							
Н контр	Коваль В.П							
Зав. каф.	Тарасенко М.Г				ТНТУ, ФПТ, ЕММ - 61			

2.6. Використання геліопанелей для гарячого водопостачання	68
2.7. Висновки до розділу 2	71
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	73
3.1. Методика розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання	73
3.2. Програма розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання з геліопокрівлею	78
3.3. Висновки до розділу 3	89
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	91
4.1. Техніко-економічний аналіз ефективності застосування геліопокрівлі	91
4.2. Розрахунок економічного ефекту від використання геліопокрівлі	93
4.3. Висновки до розділу 4	98
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	99
5.1. Охорона праці та техніка безпеки при будівництві та експлуатації систем опалення.....	99
5.1.1. Охорона праці та техніка безпеки при монтажі систем опалення.....	99
5.1.2. <i>Правила безпеки при експлуатації систем опалення.....</i>	102
5.2. Аналіз факторів ризику при експлуатації систем сонячного теплопостачання.....	106
5.3. Заходи для забезпечення електробезпеки	108
5.4. Заходи для запобігання виникнення пожежі.....	110
5.5. Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту.....	111
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ	115

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк
Зм.	Анк	№ докум.	Підпис	Лат		

6.1. Вплив систем сонячного теплопостачання на навколишнє середовище....	115
6.2. Забезпечення екологічної безпеки систем сонячного теплопостачання.....	117
ВИСНОВКИ.....	123
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	125

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Арк.	№ локум.	Піппис	Лат		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ККД	Коефіцієнт корисної дії;
ПФЕ	Повний факторний експеримент;
СГВ	Система гарячого водопостачання;
ГП	Геліопокрівля;
СК	Сонячний колектор;
СО	Система опалення;
ССТ	Система сонячного теплопостачання;
ККД	Коефіцієнт корисної дії;
ПФЕ	Повний факторний експеримент.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ			
Розроб.	Воронцов М.Г.							
Перевір.	Тарасенко М.Г.							
Консульт.	Тарасенко М.Г.							
Н. контр.	Коваль В.П.							
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.				ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61			

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Різке загострення взаємопов'язаних енергетичних і екологічних проблем викликало значний інтерес щодо використання поновлюваних джерел енергії та технологій з низьким викидом парникових газів. Застосування систем сонячного теплопостачання, не пов'язаних з викидом парникових газів, дає змогу значно скоротити використання енергоресурсів, що є одним із найголовніших завдань ХХІ ст.

Клімат нашої планети визначає сонячна енергія (сонячне випромінювання). Потік її досить істотно змінюється упродовж року залежно від географічної широти місцевості й обумовлює кліматичну зональність – різницю температур, відносної вологості, тиску і вітру на Землі. Тому найнадійнішим, найпростішим і економічно вигідним є використання сонячної енергії, яку отримує покриття будівлі, тобто застосування як покриття огорожуючої конструкції будівлі саме геліопанелей (ГП). ГП об'єднують у собі функції основного конструктивного призначення (елементи споруди), а також функції сприйняття і транспортування теплоти та холоду. Така система практично не потребує як додаткових затрат на установку та монтаж, так і значних експлуатаційних затрат, автоматично сприймає та акумулює сонячну енергію. Проте такі системи є стаціонарними, а для їх встановлення необхідно дотримуватися багатьох вимог, щоб не порушити несучої здатності елементів споруди та максимально забезпечити використання сонячної енергії. Низька ефективність їх роботи зумовлюється значними габаритами, вагою та доволі високою вартістю обладнання. Тому доцільним є пошук раціональних параметрів ГП, що дасть змогу отримати максимальний коефіцієнт корисної дії за мінімальних економічних затрат.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Лат					
Розроб.		Воронцов М.Г.			ВСТУП	Літ.	Лист	Листів	
Перевір.		Тарасенко М.Г							
		Тарасенко М.Г							
Н. контр.		Коваль В.П				ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61			
Зав. каф.		Тарасенко М.Г							

На сьогоднішній час актуальним є вдосконалення існуючих ГП та систем сонячного теплопостачання (СТ) для їх максимальної інтеграції в традиційні системи теплопостачання та широке застосування на практиці. Використання елементів споруд як конструктивних складових ГП значно знижує вартість установки сонячного теплопостачання та спрощує їх монтаж. Одним із способів вирішення цього завдання є застосування в конструкції ГП сучасних будівельних матеріалів для інтенсифікації теплопередачі та зниження ваги панелі.

Проте на сьогодні ще недостатньо вивчене питання простої, економічної та раціональної конструкції ГП для досягнення її максимальної ефективності залежно від інтенсивності сонячного випромінювання, діаметру трубок, кроку трубок, типу трубок та покриття ГП, а також витрати теплоносія. Відомі ГП не забезпечують ефективного використання сонячної енергії упродовж дня, оскільки не існує енергоефективних та водночас дешевих їх конструкцій.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування й експериментальне підтвердження можливості одержання низькопотенціальної теплоти шляхом удосконалення геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель.

Завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих теоретичних та експериментальних даних, а також методів розрахунку систем сонячного теплопостачання із ГП;
- обґрунтувати доцільність застосування ГП для покращення мікроклімату в приміщенні;
- виконати теоретичні та експериментальні дослідження ГП різних конструкцій для визначення найефективнішої;
- проаналізувати вплив сучасних покрівельних матеріалів та типів трубок на зміну теплоаккумуляційної здатності ГП;
- перевірити ефективність роботи системи сонячного теплопостачання із ГП в натурних умовах;

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– розробити інженерну методику для розрахунку основних конструктивних параметрів ГП;

– виконати економічне обґрунтування доцільності використання ГП періодичної дії, суміщених із покриттям будівель.

Об’єктом дослідження є геліопанелі періодичної дії, суміщені із покриттям будівель.

Предметом дослідження є процес та технологія отримання сонячної енергії геліопанелями періодичної дії, суміщеними із покриттям будівель.

Методи досліджень: теоретичний аналіз та експериментальні дослідження; лабораторні та натурні дослідження системи СТ із ГП різних конструкцій; математичні методи оброблення експериментальних даних; застосування методів математичної статистики та положень обчислювальної математики.

Наукова новизна роботи:

– запропоновано конструкцію теплогеліоприймача (геліопанелі) системи СТ, конструктивно поєднану з панеллю покриття будівлі, яка характеризується високими теплоакumuляційними властивостями;

– обґрунтовано можливість застосування ГП періодичної дії, суміщених із покриттям будівель для системи теплопостачання, що дало змогу знизити собівартість системи СТ.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалена методика та розроблений алгоритм розрахунку дає змогу встановити основні параметри системи СТ із ГП, а також визначити раціональні геометричні розміри ГП.

Особистий внесок здобувача полягає у:

– аналізі переваг використання сонячних установок та доцільності використання сонячного енергетичного потенціалу на території України; аналізі переваг та недоліків сонячних колекторів;

– розробці конструкції ГП та принципової схеми дослідної установки для дослідження системи сонячного теплопостачання із ГП;

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проведенні експериментальних досліджень та математичній обробці їх результатів;
- встановленні залежності між ефективністю ГП та її конструктивними розмірами;
- проведенні розрахунків техніко-економічного обґрунтування застосування ГП в системах тепlopостачання та дослідженні раціональної конструкції ГП та побудові графічних залежностей.

Апробація роботи. Воронцов М.Г. Ефективність застосування геліопанелей періодичної дії, суміщених із покриттям будівель. // М.Г. Тарасенко, М.Г. Воронцов // Збірник тез доповідей. Матеріали VIII міжнародної науково - технічної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 27 - 28 листопада 2019р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2019. – Т.3. С. 25.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

На даний час існує значна кількість установок, які використовують сонячну енергію, а також схемних рішень систем сонячного теплопостачання з такими елементами. Розроблено ряд конструкцій сонячних установок, проте кожна з них найефективніше працюватиме лише в певних умовах. Тому необхідний аналіз відомих методів підвищення ефективності таких установок та систем сонячного теплопостачання в цілому для вибору їх раціональних схемних рішень. Також важливим є дослідження не тільки кожного елемента окремо, але й всієї системи разом, щоб отримати максимально можливу інформацію про підвищення ефективності даної системи.

1.1. Аналіз сучасних конструкцій сонячних установок

Освоєння сонячної енергії здійснюється трьома основними способами: тепловим, теплодинамічним та фотоелектричним. Перевагами сонячної енергії, порівняно з традиційними видами палива, є невичерпність джерела енергії та можливість використання сонячної енергії практично на всіх ділянках земної поверхні, а також можливість безпосереднього перетворення сонячної енергії в теплову або електричну й отримання високотемпературних теплоносіїв.

Територія України в цілому відноситься до зон з середньою інтенсивністю сонячного випромінювання (рис. 1.1). Величина річного надходження сонячного випромінювання на 1 м^2 поверхні землі має статичний характер розподілу та суттєво змінюється по території України. Проте при очевидним є збільшення густини сонячного випромінювання а також

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Лат							
Розроб.	Воронцов М.Г.				РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД				Літ.	Лист	Листів
Перевір.	Тарасенко М.Г										
	Тарасенко М.Г										
Н. контр.	Коваль В.П										
Зав. каф	Тарасенко М.Г										
					ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61						

кількість сонячних днів з Півночі на Південь.

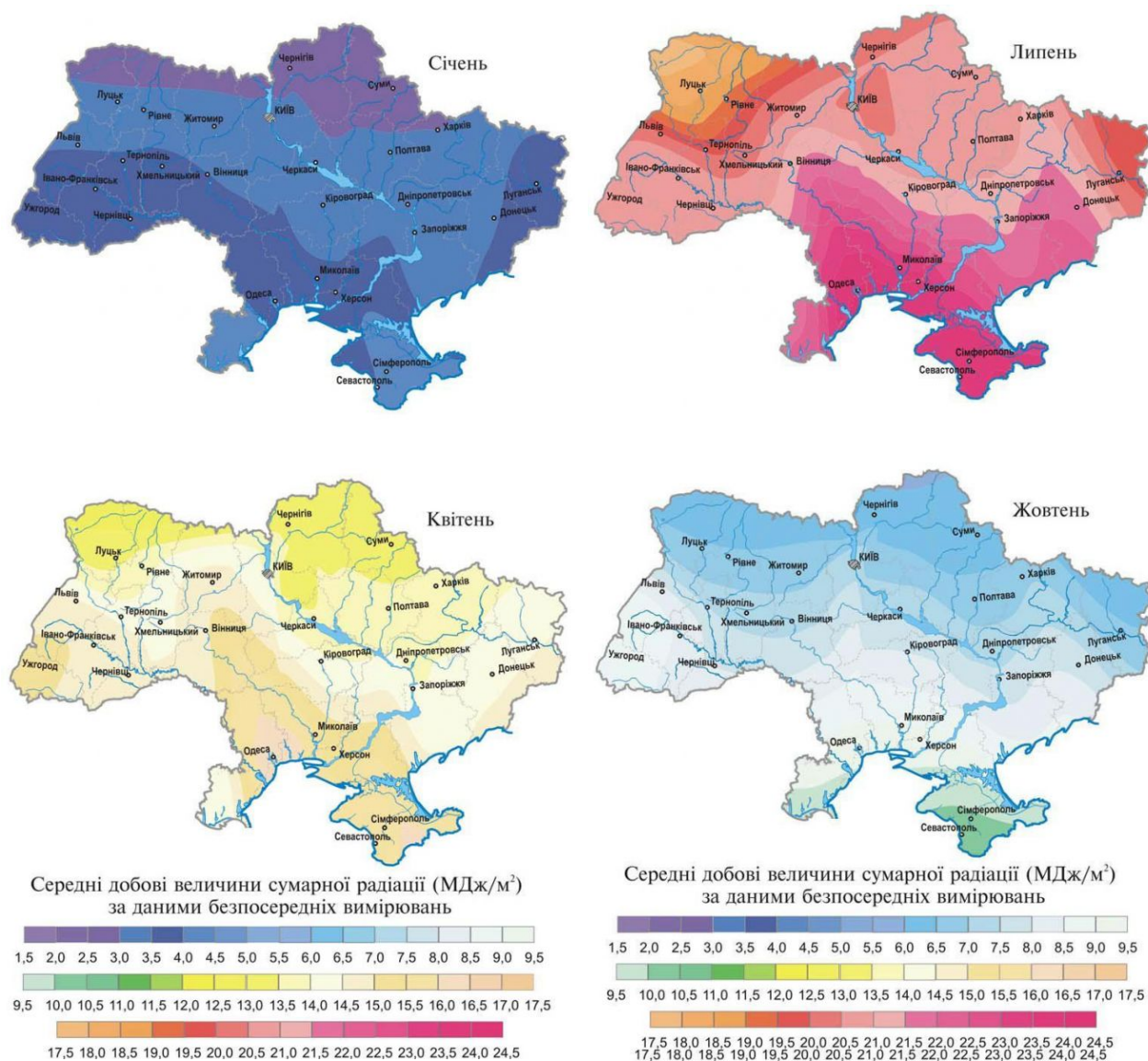


Рис. 1.1. Сонячна карта України

Ефективності та доцільності використання сонячної енергії присвячено багато робіт. Сонячна енергія може використовуватись для найрізноманітніших потреб, для чого й розроблено ряд діючих установок та проведено їх дослідження. У системах сонячного теплопостачання основними елементами є сонячні колектори. На сьогодні існує багато праць, присвячених дослідженню сонячних колекторів. Вони сонячну енергію перетворюють в теплову, яка може акумулюватись і передаватись споживачеві.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сонячні колектори поділяють на плоскі та концентруючі, а ті в свою чергу на повітряні і рідинні, високотемпературні і низькотемпературні.

1.1.1. Плоскі сонячні колектори

Плоскі сонячні колектори є найбільш простими серед існуючих пристроїв, які активно використовують сонячну енергію. Слід зазначити, що в результаті вдосконалення дані колектори досягли найраціональніших показників вартості та ефективності терміну експлуатації.

Плоскі сонячні колектори працюють за принципом парникового ефекту, який заснований на тому, що сонячне випромінювання практично повністю пропускається склом.

Схема плоского сонячного колектора показана на рис. 1.2. Наочно схема парникового ефекту та тепловтрат плоского колектора зображена на рис. 1.3.

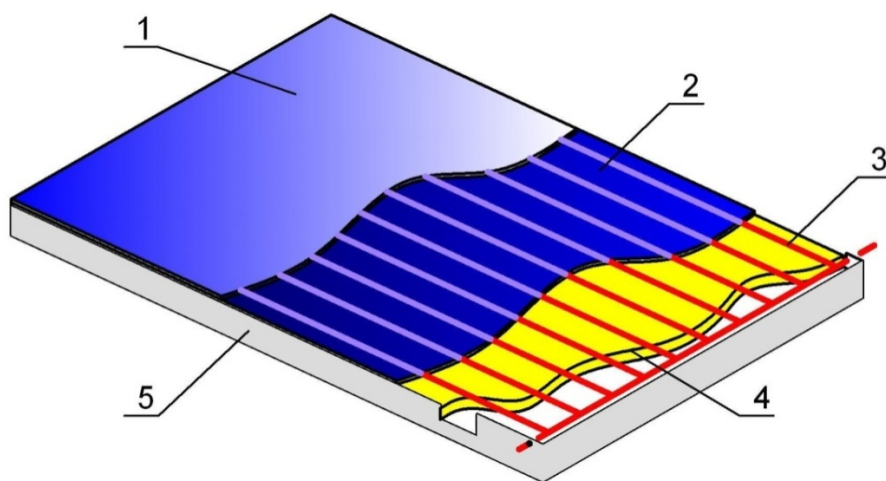


Рис. 1.2. Схема плоского сонячного колектора

1 – прозоре покриття; 2 – поглинаюча поверхня; 3 – трубки; 4 – теплоізоляційний шар; 5 – алюмінієва рама

Так як в наземних умовах в спектральному інтервалі 0,4 мкм-1,8мкм (рис.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 а) знаходиться основна інтенсивність сонячного випромінювання, то в якості світлопровідного шару використовують звичайне або гартоване скло, з

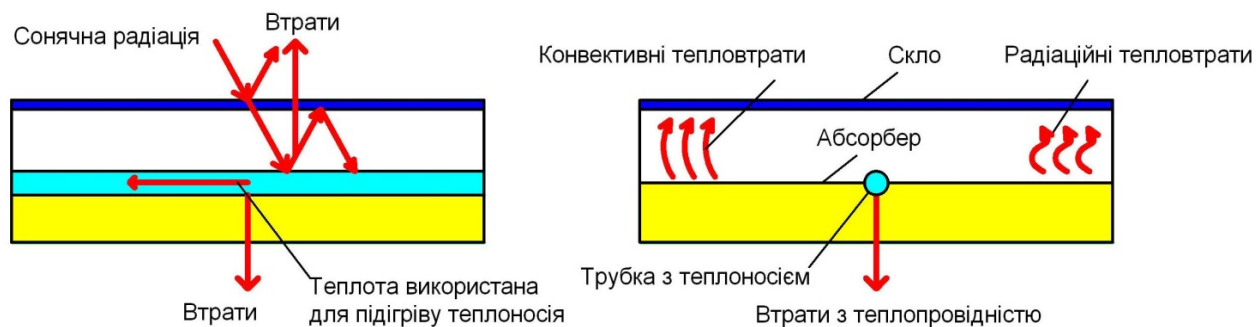


Рис. 1.3. Теплообмін в плоскому колекторі

коефіцієнтом пропускання в цьому спектральному діапазоні до 95% (рис. 1.4 б).

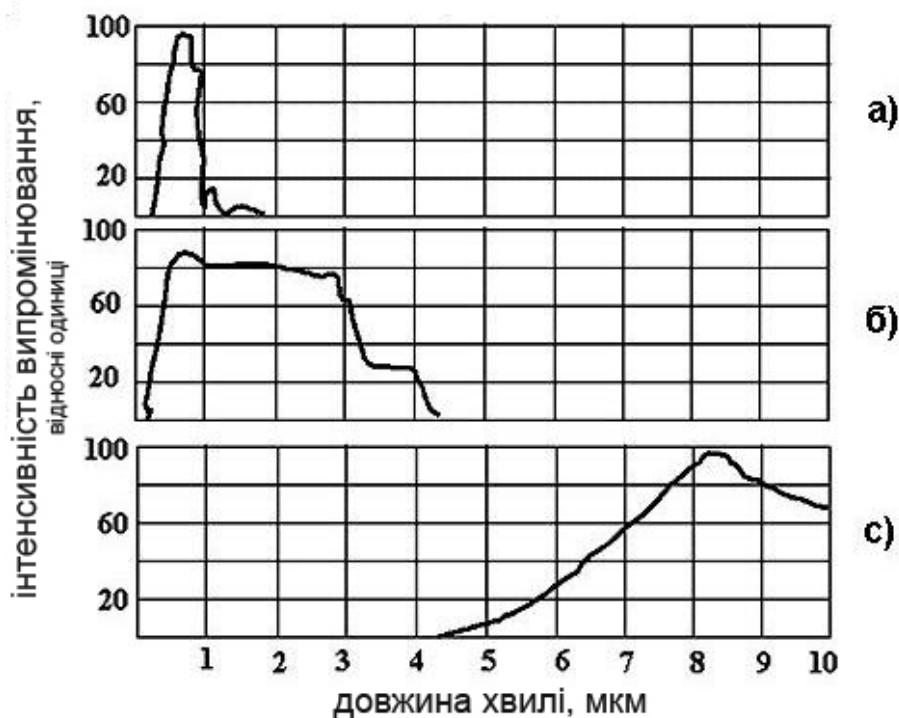


Рис. 1.4. Інтенсивність сонячного випромінювання

В плоских сонячних колекторах крім звичайного скла може використовуватися будь-яке інше світлопрозоре покриття, що добре пропускає сонячні промені.

Покриття, розташоване в нижній частині колектора, з коефіцієнтом

поглинання сонячного випромінювання до 90%, нагріваючись випромінює теплову енергію, основна потужність якої вже практично не пропускається склом (рис. 1.4 с), оскільки знаходиться в інфрачервоному спектрі (діапазоні). Таким чином, досягається акумулювання сонячної енергії колектором. Відведення теплоти здійснюється теплоносієм – водою або розчином незамерзаючої рідини, а її передача до нього відбувається за допомогою теплопровідних конструктивних елементів (з алюмінію або міді).

Плоский сонячний колектор технічно є досить простим пристроєм, а найскладнішим елементом у його конструкції є теплопоглинач. Теплопоглиначі поділяють на: відкриті, закриті, вакуумованні, а також бувають різних конструкцій.

Очевидно, що для покращення роботи колектора потрібно, щоб покриття було з максимальною поглинальною здатністю сонячного випромінювання та з мінімальною випромінювальною здатністю поглиненої енергії.

Основною характеристикою сонячних колекторів є кількість теплоти, яку можна отримати з 1 м² його поверхні. В літній сонячний день на території України продуктивність плоских колекторів з 1 м² його поверхні у день може досягати 50 літрів води з температурою до 50 - 60 °С.

Оскільки плоскі сонячні колектори є надійними, відносно простими конструкціями, мають тривалий термін експлуатації, то важливим є підвищення їх ефективності в періоди з низьким потенціалом сонячного випромінювання і в холодний період року.

1.1.2. Вакуумні сонячні колектори

Сучасний вакуумний колектор, як правило, комплектується 10-30 вакуумними трубками, що розташовані паралельно одна одній. Кількість ВСК залежить від потреб споживача, але зазвичай достатньо 1 або 2, в

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

окремих випадках – 4 і більше (залежно від теплового навантаження та напряму використання акумульованої теплоти).

Перетворення енергії сонячного випромінювання в теплоту здійснюється за допомогою вакуумних трубок, які вловлюють найефективніше з точки зору здобуття теплоти випромінювання, а отриману теплоту – передають воді, яка безпосередньо використовується теплоспоживачем або теплоносію, за допомогою якого виконується нагрів води для систем тепlopостачання.

Існує 4 основних типи вакуумних трубок, якими комплектуються колектори:

а) Glass simple vacuum tube (проста скляна вакуумна трубка) (рис.1.5, а);

б) 3-Hi Solar core vacuum tube (3-ядрова сонячна вакуумна трубка) (рис. 1.5, б);

в) Heatpipe tube (теплова трубка) (рис. 1.5, в);

г) Super Heatpipe (супер теплова трубка) (рис. 1.5, г).

Водяна трубка. Кожна вакуумна трубка сонячного колектора складається з двох скляних трубок, між якими створений вакуум, щоб мінімізувати тепловтрати. Зовнішня трубка виготовлена з світлопрозорого міцного бор силікатного скла, що витримує падіння граду діаметром 25мм, а внутрішня трубка також виготовлена з світлопрозорого бор силікатного скла, покритого спеціальним селективним покриттям, що забезпечує поглинання теплоти з мінімальною відбивальною здатністю. Під дією сонячного випромінювання вода у трубках нагрівається і поступає у бойлер,

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

замінюючись холодною водою з бойлера. Пошкодження трубки призводить до витоку теплоносія з системи, а сезонне використання значно знижує ККД, проте ці трубки мають значно нижчу вартість в порівнянні з тепловими.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1.5. Типи вакуумних трубок

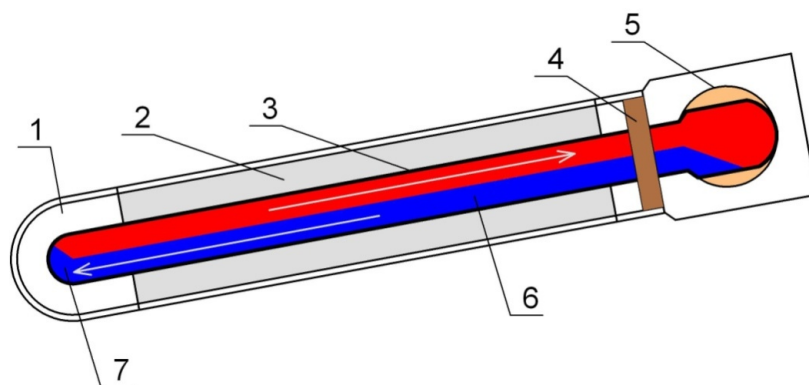


Рис. 1.6. Схема вакуумного сонячного колектора

1 – вакуум; 2 –алюмінієва фольга; 3 – мідна теплова трубка; 4 – герметична пробка; 5 – робочий контур; 6 – робоча рідина; 7 – конденсована пара

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплова трубка. Трубка складається з двох труб: зовнішньої скляної з бор силікатного скла та внутрішньої мідної з невеликим вмістом легко киплячої рідини. При нагріванні пара підіймається до наконечника (конденсатора) теплової трубки та віддавши теплоту воді, яка рухається по трубопроводу, конденсується і повертається назад, вниз по тепловій трубці та цикл повторюється спочатку. При пошкодженні однієї з трубок колектор продовжує працювати, оскільки передача теплоти відбувається через мідну «гільзу» приймача, завдяки чому нагрівальний контур відділений від трубок.

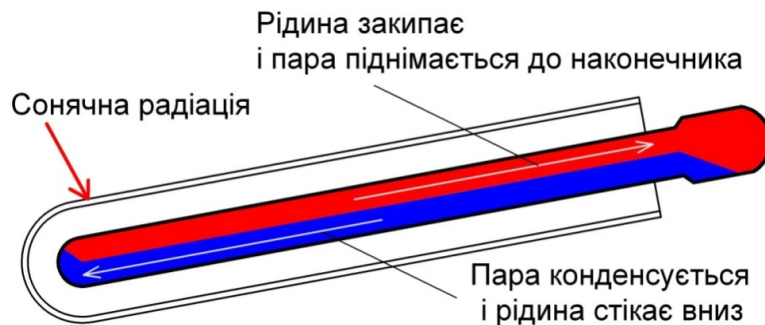


Рис. 1.7. Теплообмін у вакуумній трубці

Процес заміни трубок дуже простий, при цьому немає необхідності видаляти незамерзаючу рідину з контуру теплообмінника. Легка заміна трубки та можливість роботи системи при її пошкодженні, а також використання мідної трубки, з невеликим вмістом легкокиплячої рідини, підвищує ефективність відносно водяної трубки.

1.1.3. Концентруючі сонячні колектори

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прокладання під тепло поглинаючими елементами сонячних колекторів концентраторів дозволяє підвищити температуру теплоносія до 120-250°C.

Параболо циліндричні концентратори мають форму параболи, протягнутої вздовж прямої, у фокусі якої розміщується трубка з теплоносієм, що нагрівається до температури 300 – 390 °С. Вони можуть бути відбивні та лінзові. Відбивними концентраторами є дзеркала та поверхні певної форми (параболоїдної) із спеціальних матеріалів, їх виготовляють довжиною до 50 метрів та розташовують рядами на відстані декількох метрів при орієнтації по осі північ – південь.

Параболічні концентратори мають форму супутникової тарілки (рис. 1.8) та при стеженні за сонцем керуються по двох координатах.

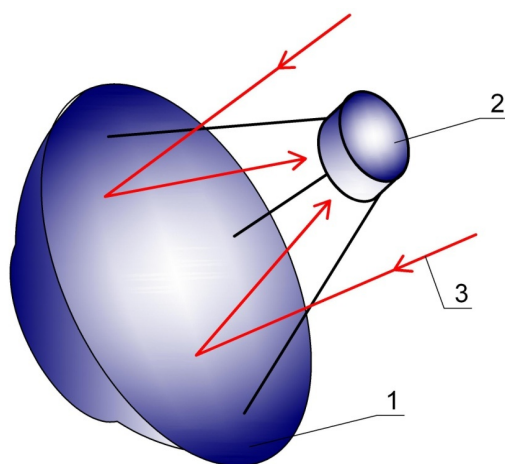


Рис. 1.8. Схема параболоциліндричного концентратора

1– концентратор; 2 –приймач; 3 – сонячна енергія

Фокусування сонячної енергії здійснюється на невеликій площі, а відбивання дзеркалами падаючого на них сонячного випромінювання становить близько 92 %. У фокусі відбивача на кронштейні закріплені

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фотоелектричні елементи або двигун Стірлінга, область нагріву якого знаходилася у фокусі відбивача. Як теплоносій у двигуні Стірлінга використовується, як правило, водень або гелій. Концентрація сонячного випромінювання дає можливість зменшити розміри тепло сприймаючого елементу, проте виникає необхідність охолодження системи, а також необхідно застосовувати механізми слідування їх за Сонцем та постійно підтримувати концентратор в чистоті, що значно здорожує вартість отриманої енергії та ускладнює експлуатацію таких установок. Тому для підвищення ефективності установок концентруючих сонячну енергію було проведено ряд наукових досліджень.

1.1.4. Комбіновані сонячні колектори

Існують комбіновані сонячні колектори (рис. 1.9), які мають захисне покриття, теплоізоляційний та теплопровідний шари. Перевагами таких колекторів є те, що вони є елементами споруд, самостійно сприймають та акумулюють сонячну енергію, надійні, прості в конструкції, монтажі та обслуговуванні, що значно знижує їхню вартість.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

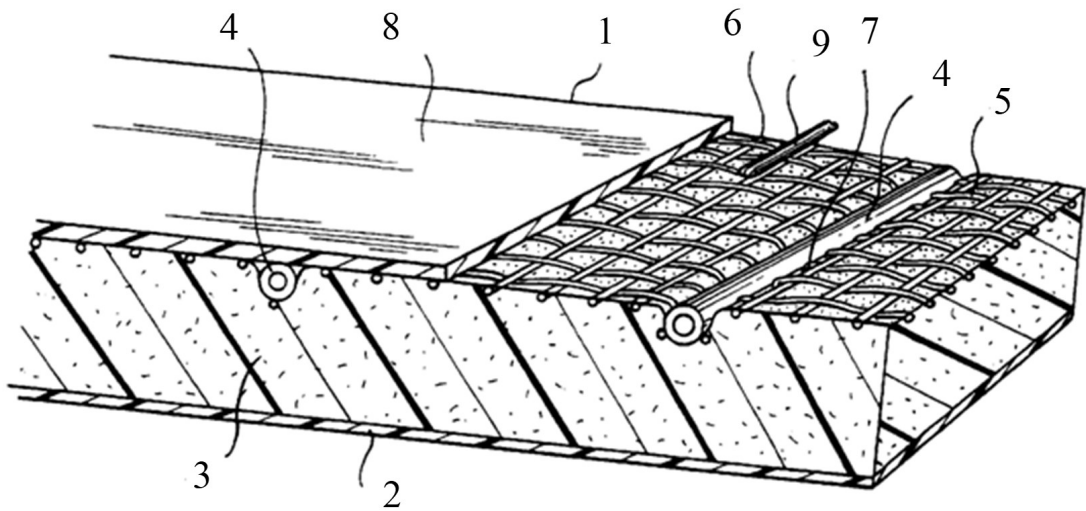


Рис. 1.9. Комбінований сонячний колектор

1– передня світло сприймаюча панель; 2 – задня панель (поліестер підсилений скловолокном); 3 – теплоізоляційний шар (поліуретанова піна); 4 – трубки; 5 – канал (заглиблення); 6 – теплопровідний лист (у формі алюмінієвої решітки радіатора); 7 – форма корпусу; 8 – абсорбуюче покриття; 9 – термостатичний зонд

Найбільш ефективною є геліопанель, (рис. 1.10) яка складається з захисного покриття 1, яке служить гідроізоляційним та абсорбційним шаром та розташоване на теплопровідному шарі 2, який виконує роль акумулятора теплової енергії, в якому розміщені гофровані трубопроводи 4 для підведення та відведення теплоносія, теплоізоляційного шару 3 для захисту плити перекриття від перегріву, який розміщений під теплопровідним шаром, на якому розміщений тепло відбиваючий екран 5.

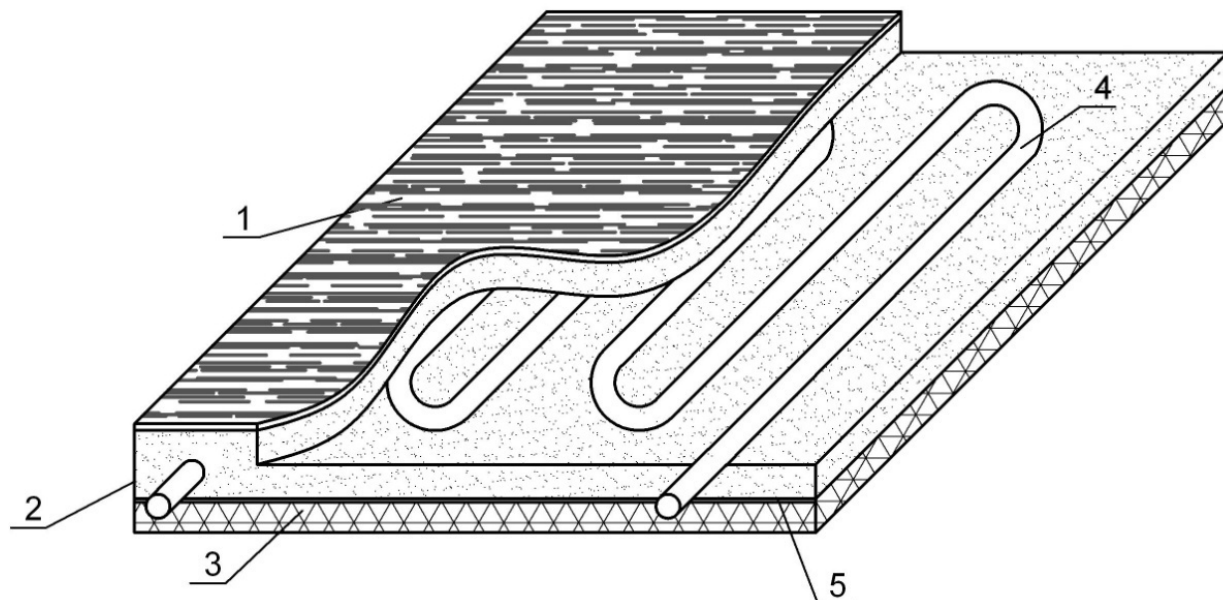


Рис. 1.10. Геліопанель

1 – захисне покриття; 2 – теплопровідний шар; 3 – теплоізоляційний шар; 4 – трубопровід для підведення і відведення теплоносія; 5 – тепловід-биваючий екран

Оскільки ці системи є елементами споруд, то їх встановлення можна передбачати як в новому будівництві, так і при реконструкції будівлі, що дозволить підвищити ефективність системи в цілому та знизити термін окупності. Проте невідомо, які конструктивні особливості геліопанелі є раціональними для забезпечення максимальної ефективності її роботи, тому необхідно технічно удосконалити та експериментально дослідити геліопанель, що дозволить знизити собівартість виробу і підвищити його ефективність.

1.2. Аналіз сучасних систем сонячного теплопостачання

Системи сонячного теплопостачання призначені для перетворення сонячної енергії в теплоту, її акумуляції та подачі до споживача. Схемних рішень таких систем є велика кількість, проте всі вони повинні складатись з

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основних елементів: теплопоглинач, акумулятора (бака-акумулятора) теплоносія та теплоспоживача.

Залежно від інженерного виконання ССТ можуть бути представлені в моно- або поліфункціональному вигляді і забезпечувати потреби гарячого водопостачання та опалення.

Також системи сонячного теплопостачання поділяються на:

- активні та пасивні;
- індивідуальні, централізовані;
- сезонні та цілорічні;
- одно-, дво- і багатоконтурні;
- з циркуляцією (гравітаційні та примусові) та без циркуляції теплоносія;
- з тепловим дублером і без нього.

За температурою теплоносія поділяються на низькотемпературні (до 100 °C), середньотемпературні (100 – 500 °C) та високотемпературні (більше 500 °C).

ССТ можуть встановлюватися на будь-якій освітленій площі: як горизонтальній – дахи будівель, техплощадки, так і вертикальній – балкони, при чому на ефективність роботи всієї системи впливають як експозиція (північ-південь) так і кут нахилу (0-90°). Слід врахувати, що функціонування такої системи можливе у будь-який період року і погодні умови, проте найбільша продуктивність ССТ відбувається протягом періоду весна-осінь.

ССТ можуть працювати у відкритому автономному режимі, але найпоширеніші та найефективніші – закриті, двоконтурні, що функціонують при магістральному тиску водопроводу та укомплектовані додатковим джерелом енергозабезпечення. Перший варіант – так звані сезонні установки, що популярні для використання в дачних селищах та функціонують в теплий період року. Другий варіант – всесезонні

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установки, що забезпечують річне забезпечення теплотою. Ряд наукових робіт стосується дослідження та визначення раціональних параметрів таких систем.

1.2.1. Системи з активним використанням сонячної енергії

Системи з плоскими колекторами зазвичай використовують сезонно, з весни по осінь, оскільки у зимовий час, за рахунок тепловтрат в навколишнє середовище, продуктивність систем з плоскими сонячними колекторами падає. У цілорічних ССТ можливе використання і плоских колекторів, якщо вони відповідно теплоізововані, проте зазвичай використовуються вакуумні сонячні колектори.

З метою збереження отриманої теплоти в ССТ використовуються баки-акумулятори. Для безперебійного функціонування ССТ можуть комплектуватися додатковими джерелами енергозабезпечення, що забезпечує ефективну роботу в холодний період року, коли навантаження найвищі, а також в нічний період доби або при несприятливих погодніх умовах. При цьому альтернативне джерело використовується лише для підтримання необхідних параметрів (рис. 1.11).

Повністю автоматизувати процес та встановити найефективніший режим роботи системи залежно від заданих параметрів, дозволяє центр керування (робоча станція), що забезпечує наступні функції:

- індикація температури сонячного колектора, баку-акумулятора та зворотного потоку теплоносія;
- вибір температури активації примусової циркуляції теплоносія і

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаткового нагрівання;

- вибір тимчасових параметрів включення-виключення системи тепlopостачання та додаткового нагрівання;
- вибір температури режиму антизамерзання;
- індикація пошкодження датчиків.

Є декілька схем з активним використанням сонячної енергії. У відкритих системах з природною циркуляцією циркуляція здійснюється за рахунок різниці густин холодної та нагрітої води, внаслідок чого бак-акумулятор в таких системах необхідно розташовувати вище панелей сонячних колекторів.

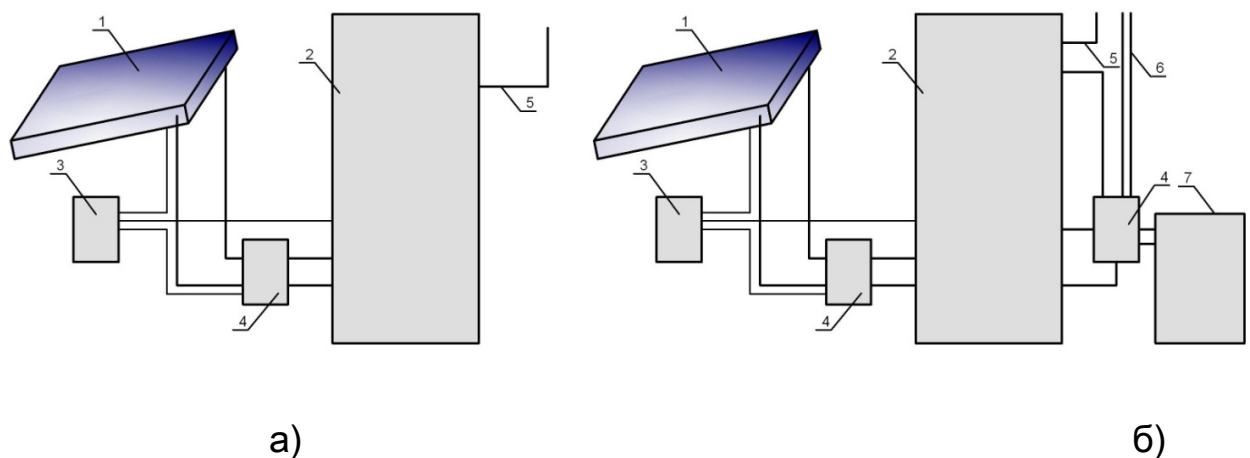


Рис. 1.11. ССТ з активним використанням сонячної енергії

а) для автономної роботи; б) для паралельної роботи з ТГУ

1 – сонячний колектор; 2 – бак-акумулятор; 3 – автоматика; 4 – контролер; 5 – контур системи гарячого водопостачання; 6 – контур системи опалення; 7 – ТГУ

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки, ці системи надійні, прості в конструкції та монтажі, можлива самостійна установка, внаслідок модульної конструкції, тому вони мають невисоку вартість. Проте, обмеженість використання системи внаслідок можливості замерзання в холодний період та необхідність фільтрації води внаслідок можливості утворення відкладень на трубах колекторів значно знижує їх ефективність.

Рух теплоносія у відкритих системах з примусовою циркуляцією здійснюється за допомогою електронасосів. Тому є можливість встановлення системи ГВП будь-якої потужності, бака-акумулятора в будь-якому зручному місці, відсутній ризик розмерзання накопичувального бака, можливість послідовного підключення до встановленої теплогенеруючої установки або введення електронагрівача безпосередньо в бак-акумулятор для додаткового підігріву води в холодний період року, проте такі системи мають вищу вартість у порівнянні з попередньою схемою та складніший монтаж.

Закриті системи – це системи, в яких здійснюється нагрів проміжного теплоносія, в якості якого, як правило, використовують незамерзаючі рідини на основі гліколей, що дає можливість експлуатувати сонячні колектори в холодний період року.

Ці системи менш енергоефективні, внаслідок наявності додаткового теплообмінника та потребують залучення кваліфікованих спеціалістів-монтажників, внаслідок вищої складності системи, що зумовлює їх відносно високу вартість. Проте, ці системи можуть повноцінно працювати на протязі всього року при умові використання незамерзаючого теплоносія.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Очевидно, що для кліматичних умов України відкриті схеми мають обмежене використання, бо крім температурних обмежень такі схеми мають підвищені вимоги до якості води та в процесі експлуатації ефективність сонячних колекторів суттєво знижується. Найчастіше у цих умовах застосовують закриті схеми з примусовою циркуляцією теплоносія за умови під'єднання в схему електричного нагрівача або інтеграції з теплогенеруючим апаратом, що дозволяє знизити на 50 % витрати на гаряче водопостачання протягом року.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2. Пасивні сонячні системи

В пасивних сонячних системах сама будівля виконує роль сонячного колектора. Існують системи з спеціально передбаченими елементами для акумуляції теплоти, такі як теплоізоляція, масивні підлоги, орієнтовані на південь вікна, вмонтовані в конструкцію будівлі. Такі системи поділяють на відкриті і закриті. У відкритих системах сонячна енергія проникає безпосередньо в приміщення, а в закритих – потік сонячної енергії поглинається теплоприймачем.

Окрім спеціально орієнтованих будинків для максимального вловлювання сонячної теплоти крізь вікна можна розглянути варіант з використанням спеціального отвору між вікнами. Загальновідомою такою спорудою є стіна Тромба (рис. 1.12), в якій сонячні промені поглинаються бетонною стіною орієнтованою на південь.

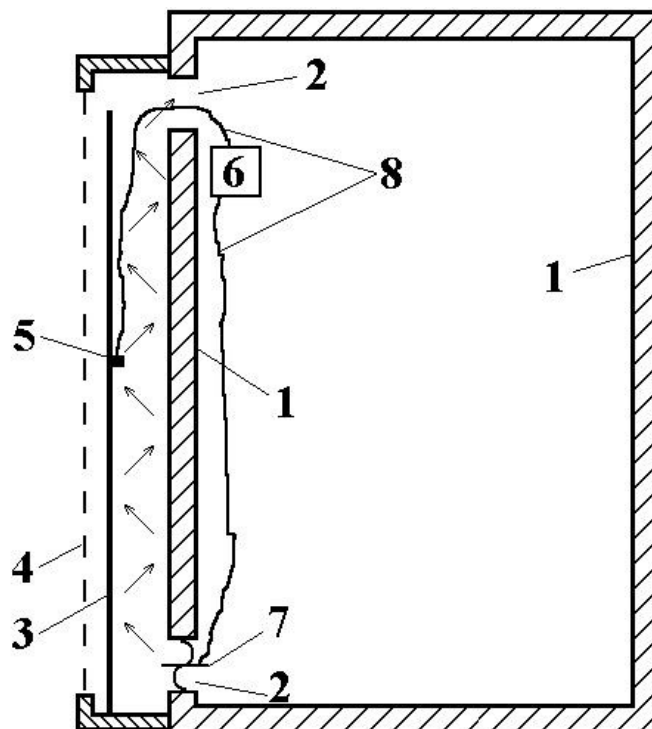


Рис. 1.12. Схема пасивної сонячної системи

1 – стіна; 2 – отвір в стіні; 3 – світлочутлива пластина; 4 – скло; 5 – термопара; 6 – терморегулятор; 7 – вентилятор; 8 – провідник .

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В таких пасивних сонячних системах гаряче повітря, надходить через отвори в будівлю і з допомогою конвекції розподіляється по ньому. Проте, такі системи в холодний період року мають високі втрати через скло, а також можливе охолодження приміщення в нічний період доби, внутрішнє повітря прогрівається нерівномірно, складно передати теплоту у приміщення, які віддалені від теплопоглинача. Пасивне сонячне теплопостачання часто використовується для опалення теплиць. Такі системи можуть містити акумулятори теплоти та канали циркуляції повітря, як теплоносія.

При використанні води як теплоносія, що зберігається у великих контейнерах, утворюється вологе середовище, що викликає появу різкого неприємного запаху і є сприятливим середовищем для розмноження грибків і бактерій. Хоча вода і має меншу вартість, проте контейнери і місце, які вони займають – високовартісні. А при використанні ємностей, заповнених каменями, як резервуарів для акумулювання теплоти, необхідно враховувати, що для акумулювання тієї ж кількості теплоти каменів потрібно в три рази більше, ніж води.

Зберігання теплоти за допомогою води і каменів потребує складних систем управління, насосів і вентиляторів. Такий процес акумулювання теплоти на сьогоднішній час майже не використовується, оскільки функціонування таких систем залежить від електроенергії, а також ці системи піддаються періодичним пошкодженням, потребують обслуговування та ремонту.

1.2.3. Комбіновані сонячні системи

Системи з активним використанням сонячної енергії є ефективними, проте мають відносно високу вартість, проте пасивні системи є відносно недорогими та екологічно чистими, але в них складно контролювати параметри внутрішнього повітря та здійснювати

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідний теплообмін. Для акумуляції потрібної кількості тепла необхідно забезпечувати максимальний тепловий бар'єр.

У зв'язку з цим перспективним є застосування комбінованих сонячних систем теплопостачання з геліопанелями (рис. 1.13), тому, що вони в собі поєднують основні функції сприйняття і транспортування теплоти та холоду, а також основні конструктивні елементи споруди.

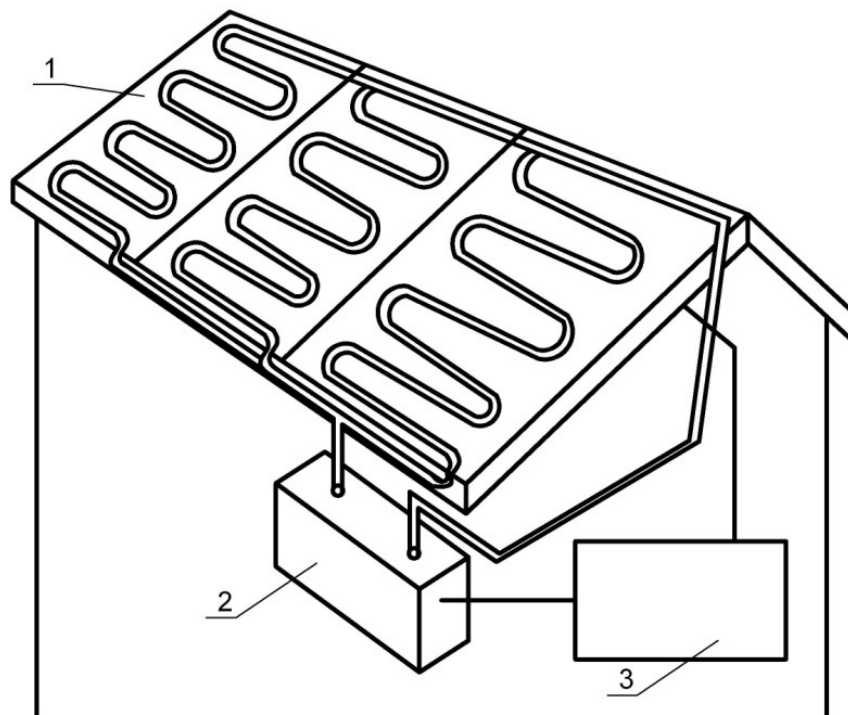


Рис. 1.13. Комбінована система сонячного теплопостачання із геліопане-лями

1 – геліопанель; 2 – бак-акумулятор; 3 – система автоматики

Тепловтрати будівлі в період, коли зовнішня температура повітря нижче необхідної внутрішньої температури, а також теплонадходження будівлі в період, коли зовнішня температура повітря нижче необхідної

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішньої температури, відбуваються через елементи зовнішніх конструкцій (зовнішні стіни, а також стіни, дотичні з ґрунтом, дахи, вікна). Що стосується вікон, то тут потрібно враховувати і теплонадходження від сонячного випромінювання. Тому тепловий бар'єр може бути, в принципі, споруджений у всіх типах конструкцій зовнішніх стін новобудов, але його можна також без проблем використовувати і у вже існуючих будівлях. У новозведених будівлях з бетонними стінами (нормальний або легкий бетон, армовані або неармовані стіни) тепловий бар'єр рекомендується вбудовувати в стіни. У цегляних стінах і стінах вже побудованих будівель трубопровід теплового бар'єру встановлюють на зовнішні стіни і заштукатурюють. Штукатурка необхідна для вирівнювання поверхні для подальшого укладання теплоізоляції, хоча вона використовується також і для підвищення теплопровідності стін. Для забезпечення передачі тепла в дерев'яних будинках трубопровід теплового бар'єру прокладається в стяжці або заливці.

Тепловий бар'єр (ТБ) на або в зовнішніх стінах розташовується окремими блоками, причому розміри цих блоків відповідають розмірами окремих внутрішніх приміщень. Це дозволяє регулювати температуру в тепловому бар'єрі для окремих приміщень. Для обмеження втрат на тертя, а, тим самим, і потенційної потужності насосів необхідно обмежити довжину окремих трубчастих змійовиків на максимально 100 - 120 м. При прокладці необхідно уникати їх перетину.

Щодо дахів, які поділяють на холодні і теплі дахи, то у холодних дахах, в більшості своїй похилих, акумулюючий трубопровід укладається під покрівлю, тобто у вільному просторі між покрівлею і теплоізоляцією. Необхідність встановлення теплового бар'єру під теплоізоляційним шаром в кожному окремому випадку обумовлюється пропорційним співвідношенням площі стін і площі поверхні даху в горищних

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщеннях. При досить великій площі стін, наприклад, при щитових стінах з тепловим бар'єром, немає необхідності встановлювати тепловий бар'єр ще й у конструкції даху. При невеликій площі стін в горищних приміщеннях, тобто поверхонь з тепловим бар'єром, його необхідно встановлювати і в покрівельних конструкціях. Найбільш ефективний, спосіб зведення будівель полягає у виготовленні збірних елементів з вбудованим тепловим бар'єром і акумулюючими блоками, що виготовляється на заводі і монтується безпосередньо на будівельному майданчику.

При спорудженні теплих дахів тепловий бар'єр, подібно конструкції зовнішніх стін, укладається в бетоні або із зовнішнього боку несучої покрівельної конструкції в кладку, призначену для прокладки трубчастої системи. Зверху кладеться шар теплоізоляції, а на нього в кладку, що служить в якості опори для покрівельного матеріалу, акумулюючий трубопровід.

Відомі різні схеми комбінованих ССТ з геліопанелями. Проте невідомо, які саме конструктивні особливості системи з геліопанелями є раціональними для забезпечення максимальної ефективності роботи системи теплопостачання.

1.3. Методи розрахунку сонячної енергії та досліджень сонячних колекторів

Дані про зміну сонячної енергії протягом дня і року можна отримати із метеорологічних станцій, але цих станцій є небагато і на них фіксуються тільки денні, середні за місяць денні суми або повні протягом місяця суми сонячної енергії. Проте ці дані можна отримати також з відповідної літератури.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більшість даних вимірювання сонячної енергії отримана для горизонтальної поверхні, проте часто потрібно оцінити вплив орієнтації приймаючої поверхні, тому для тривалих періодів часу в місцевостях, де не спостерігаються помітні сезонні зміни атмосферних умов, вплив орієнтації оцінюється на основі розрахунку приходу прямої енергії.

Дуже часто необхідні дані про сонячну енергію відсутні і для цього можна використати аналітичні залежності, знаходженню та опису таких залежностей присвячено багато праць.

Якщо дані про сонячну енергію відсутні, то можна скористатись формулою:

$$Q = I_0 \left(0,29 \cdot \cos \varphi + 0,52 \cdot \frac{n_r}{n_p} \right), \quad (1.1)$$

де Q – денна сума сонячної енергії в горизонтальній площині, Вт·год/(м²·день);

I_0 – сонячна постійна, Вт·год/(м²·день);

φ – географічна широта, град.;

n_r, n_p – дійсна і можлива кількість годин сонячного сяяння за день, год.

Розроблена і запропонована модель погодинного надходження сонячної енергії на горизонтальну поверхню, в якій коефіцієнт пропускання атмосферою сонячної енергії κ_i визначається у вигляді добутку погодинного коефіцієнта прозорості атмосфери T і середньодобового коефіцієнта безхмарності T_c :

$$\kappa_i = T \cdot T_c = \frac{I_c}{I_o} \cdot T_c, \quad (1.2)$$

де I_c – надходження сумарної сонячної енергії на горизонтальну поверхню, МДж/м²;

I_o – погодинне надходження сонячної енергії за межами атмосфери (сонячна стала), МДж/м².

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В цьому випадку завдання зводиться до знаходження T і T_c , а значення T_c для окремого дня моделюється за допомогою випадкової величини та рівномірного розподілу в певному інтервалі, що реалізується датчиком випадкових чисел, а погодинний коефіцієнт прозорості атмосфери T пропонується апроксимувати наступною функцією:

$$T = \exp[-A(\cos \gamma)^{-B}], \quad (1.3)$$

де A і B – коефіцієнти; γ – азимутальний кут, град.

Проте така модель супроводжується труднощами у визначенні коефіцієнтів A і B та відсутністю цих показників для всіх населених пунктів, що визначаються статистичним опрацюванням даних про сонячну енергію в ясні дні.

Для розрахунку прямої і сумарної сонячної енергії послаблюючи її потік фактори, характерні для певної місцевості, запропоновано враховувати поправочними коефіцієнтами:

$$I_{np} = I_0 T_{np} \sinh, \quad (1.4)$$

$$Q = I_0 T \sinh, \quad (1.5)$$

де I_{np} , Q – пряма і сумарна сонячна енергія, Вт/м²;

I_0 – сонячна постійна, Вт/м²;

h – висота Сонця, град.;

T_{np} , T – коефіцієнти, що характеризують стан атмосфери по відношенню до прямої і сумарної сонячної енергії.

Також запропоновано описувати закономірність зміни потужності сонячної енергії, яка надходить на горизонтальну поверхню протягом світлового дня, наступною залежністю:

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I = I_{max} \cdot \cos \pi \frac{A}{A_c}, \quad (1.6)$$

де A, A_c – азимутальний та сумарний азимутальний кути Сонця за світловий день, град.;

I_{max} – максимальна інтенсивність сонячної енергії, Вт/м².

Відома розроблена методика моделювання кількості сонячної енергії в залежності від параметрів сонячного колектора та регіону розташування. Для врахування втрати інтенсивності сонячної енергії, що проходить через повітряну масу, використовується поправочний коефіцієнт k_{am} :

$$k_{am} = 1,1254 - \frac{0.1366}{\sinh h}, \quad (1.7)$$

де h – висота Сонця, град.

На даний час існує ряд методик дослідження сонячних колекторів, що базуються на різних математичних моделях. Звісно, всі ці моделі мають деякі припущення щодо теплообмінних процесів в колекторі. Багато закордонних стандартів по дослідженню сонячних колекторів та вимірюванню сонячної енергії, а також розроблені стандарти України для впробування сонячних колекторів.

Квазістаціонарні методи досліджень плоских сонячних колекторів ґрунтуються на моделі Хоттеля-Уїллера-Бліса (модель з нульовою ємністю). В цій моделі нехтують впливом перехідних процесів при нагріві та охолодженні сонячного колектора на його ефективність, а режим роботи сонячного колектора описується рівнянням енергетичного балансу:

$$F \{ [IR (DA)]_b + [IR (DA)]_d \} = Q_u + Q_l + Q_s, \quad (1.8)$$

де I – густина потоку сонячної енергії (прямого чи розсіяного), що падає на одиницю площі поверхні з довільною орієнтацією, Вт/м²;

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R – коефіцієнт переходу від густини потоку прямого (b) чи розсіяного (d) випромінювання до потоку випромінювання в площині орієнтації СК;

(DA) – приведена поглинаюча здатність системи покриттів відносно прямого і розсіяного сонячного проміння;

F – площа сонячного колектора, м^2 ;

Q_u – тепловий потік, переданий робочій рідині в сонячному колекторі (корисне тепло), Вт;

Q_l – тепловтрати колектора в навколишнє середовище шляхом випромінювання і конвекцією, а також шляхом теплопровідності по опорах поглинаючої пластини, Вт;

Q_s – потік тепла, що акумулюється колектором, Вт.

Миттєвий ККД сонячного колектора η визначається як відношення його питомої теплопродуктивності до густини потоку сонячної енергії та описується залежністю:

$$\eta = F_R \cdot \left[(DA) - \frac{U_L \cdot (t_{f,i} - t_a)}{I} \right], \quad (1.9)$$

де F_R – коефіцієнт відводу тепла із сонячного колектора;

(DA) – приведена ефективна поглинаюча здатність сонячного колектора;

U_L – повний коефіцієнт тепловтрат, Вт/К;

$t_{f,i}$ – температура на вході в сонячний колектор, К;

t_a – температура навколишнього повітря, К.

Оскільки натурні дослідження залежать від погодних умов і супроводжуються багатьма труднощами, перспективним є дослідження сонячних колекторів (геліопанелей) в лабораторних умовах. Лабораторні дослідження можуть бути з імітаторами сонячного випромінювання і без них. У випадку досліджень без імітатора сонячного випромінювання геліопанель розглядається як звичайний теплообмінник і визначається залежність повного коефіцієнта втрат від температури. Також можна використати імітатори сонячного випромінювання, їх застосування для досліджень дозволяє при

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менших затратах часу проводити велику кількість дослідів, задавати і керувати факторами незалежно від погодних умов.

У комбінованих методах поєднані натурні і лабораторні методи досліджень сонячних колекторів, наприклад, по запропонованій методиці, щоб знайти $F'(DA)$ (де F' – коефіцієнт ефективності пластини) проводиться натурний експеримент при $t_m \approx t_a$ (де t_m – середньомасова температура теплоносія, К), а залежність повного коефіцієнта втрат від температури визначається в лабораторних умовах без використання імітатора сонячного випромінювання.

Стаціонарні методи, хоч і в математичному плані спрощені, проте мають труднощі при реалізації експерименту, в їх основі лежить динамічна модель, в яку вводять середню температуру і теплоємність колектора, що відносять до одного із елементів. Така модель дає можливість розглядати динаміку сонячного колектора як єдиного цілого.

Сьогодні, коли можливості обчислювальної техніки є значні й дозволяють виконувати складні операції, все більшого поширення набуває комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів, що дозволяє відобразити найважливіші для пізнання зв'язки в явищах, які часто бувають недоступними для безпосереднього спостереження при наукових дослідженнях.

1.4. Висновки до розділу 1

1. На даний час існують різні конструкції сонячних колекторів, що відрізняються техніко-економічними показниками. Достатньо надійними, ефективними та простими в експлуатації є плоскі сонячні колектори, з нижчою вартістю на 20 – 40% за високовартісні вакуумні. Проте плоскі колектори неефективно використовують сонячну енергію в ранкові та вечірні години.

2. Оскільки пасивні сонячні системи є недорогими і екологічно чистими але у них складно забезпечувати та контролювати характеристику повітря та здійснювати необхідний теплообмін, а системи з активним використанням сонячної енергії – високовартісні, то доцільно використовувати системи сонячного теплопостачання з комбінованими

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

геліонагрівниками (геліопане-лями).

3. Найбільш ефективною є геліопанель, захисне покриття якої виконує функції гідроізоляційного шару та абсорбційного покриття, що дає можливість покриття дахів в цілому та дозволяє максимально використовувати матеріали, які зазвичай найбільш вживані для покрівельних та гідроізоляційних покриттів дахів. Оскільки ці системи є елементами споруд, то їх встановлення можна передбачати як в новому будівництві, так і при реконструкції будівлі, що дозволить підвищити ефективність системи в цілому та знизити термін окупності. Проте невідомо, які конструктивні особливості геліопанелі є раціональними для забезпечення максимальної ефективності її роботи, тому необхідно технічно удосконалити та експериментально дослідити геліопанель, що дозволить знизити собівартість виробу та підвищити його ефективність.

4. Дослідження геліопанелей як екологічних систем з відносно невисокою вартістю становить економічний, науковий та соціально-технічний інтерес.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Аналітичні дослідження термоаккумуляції геліопанеллю

Для оцінки ефективності геліопанелі необхідно провести аналітичні розрахунки. Метою аналітичного розрахунку є визначення термоаккумуляційних властивостей геліопанелі та пошук оптимальних параметрів.

Сонячна енергія буде поглинатись теплопоглиначем. Кількість енергії, яку вона поглине, залежить від інтенсивності енергії сонячного випромінювання, що надходить на поверхню теплопоглинача. В довільний момент часу її можна оцінити за відомими залежностями:

$$Q_{oi} = \int_{-s_k}^{s_k} I_c(\beta, \varphi, \delta, \gamma, s) ds. \quad (2.1)$$

де β – кут нахилу поверхні, град.;

δ – схилення Сонця, град.;

φ – географічна широта місцевості, град.;

s – часовий кут Сонця, град.;

γ – азимутальний кут площини.

Частина сонячної енергії буде відбиватись від зовнішнього покриття та від теплопоглинача. Отримана теплопоглиначем сонячна енергія буде витрачатись на нагрівання теплоносія. Разом із тим процес нагріву теплоносія буде супроводжуватись втратами енергії через теплову ізоляцію із бокових та. Через бокові та тильну частини будуть переважати тепловтрати

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплопровідністю (рис. 2.1). тильної частин геліопанелі. Тепло від теплопоглинача шляхом конвекції та випромінювання буде надходити до зовнішнього покриття і далі також конвекцією і випромінюванням буде витрачатись в навколишнє середовище

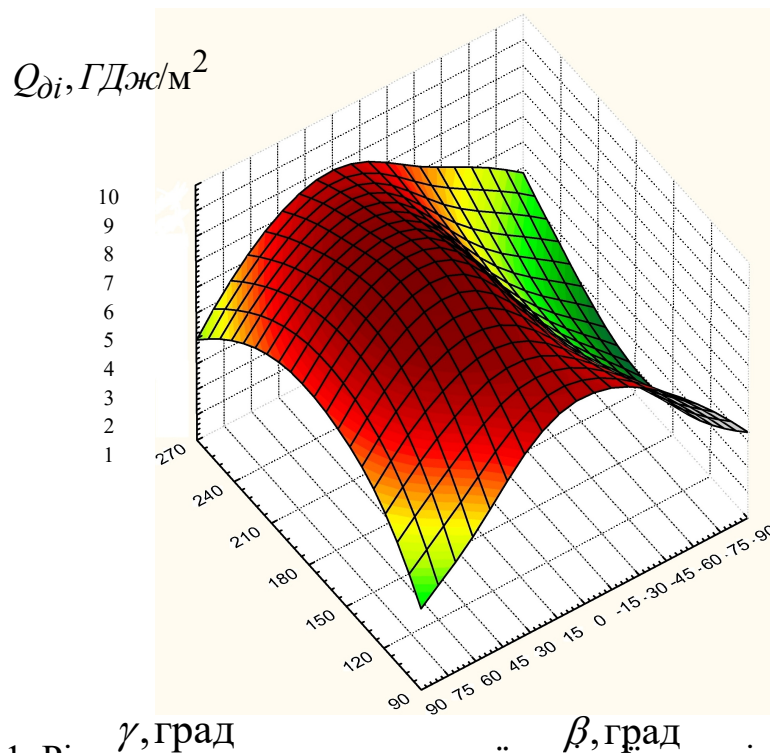


Рис. 2.1. Річне надходження сонячної радіації на геліопанель

При аналітичному описі геліопанелі були прийняті наступні допущення і спрощення:

- температура кожного елемента в досліджуваному проміжку часу вважалась постійною;
- потік сонячної енергії по поверхні теплопоглинача розподілений рівномірно;
- довжина хвилі не впливає на випромінювальні властивості поверхонь;
- теплота віддається в навколишнє середовище від зовнішнього покриття шляхом випромінювання і конвекції з теплопоглинача;
- теплоносій у ГП розглядався як статична маса.

Аналізуючи дані, можна записати тепловий баланс для даної геліопанелі за певний проміжок часу ΔS :

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{ак} + Q_{ГП}^{конв} \Delta s + Q_{из} \Delta s + Q_{ГП}^{рад} \Delta s - Q_c \Delta s = 0, \quad (2.2)$$

де $W_{ак}$ – кількість тепла, закумульованого впродовж періоду часу Δs , Дж;

$Q_{ГП}^{конв}$ – конвективні втрати із поверхні покриття, Вт;

$Q_{из}$ – втрати через теплоізоляцію, Вт;

$Q_{ГП}^{рад}$ – втрати із поверхні покриття випромінюванням, Вт; Q_c – кількість сонячної енергії, що надходить на геліопанель, Вт.

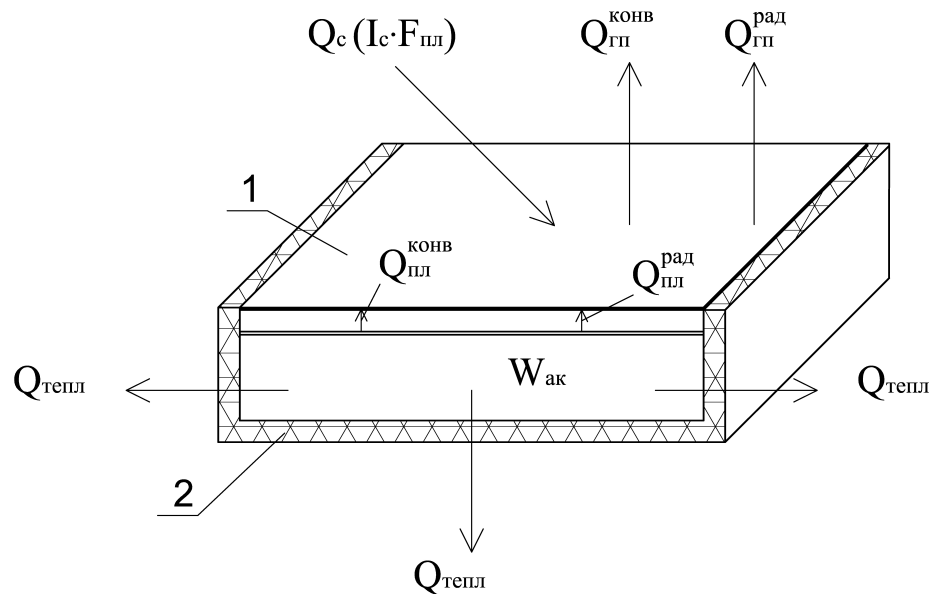


Рис. 2.2. Тепловий баланс геліопанелі

1– покриття геліопанелі; 2 – теплоізоляція геліопанелі

Кількість тепла, акумульованого в геліопанелі, визначається за формулою $W_{ак}$:

$$W_{ак} = c \cdot m \cdot (t_1 - t_m), \quad (2.3)$$

де c – питома теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К);

m – маса теплоносія, кг;

t_1, t_m – температури теплоносія на початку і в кінці термоакумуляції, К.

Кількість енергії, що надходить від Сонця визначається, як сума

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надходжень на кожну із поверхонь геліопанелі Q_c :

$$Q_c = AF_{nl}I_c, \quad (2.4)$$

де A – коефіцієнт поглинання сонячної енергії;

F_{nl} – площа теплопоглинач (див. рис. 2.2), m^2 ;

I_c – інтенсивність сонячної енергії, $Вт/м^2$.

Втрати конвекцією від покриття в навколишнє середовище $Q_{ГП}^{конв}$:

$$Q_{ГП}^{конв} = \alpha_{ГП} F_{ГП} (t_{ГП} - t_{o.c.}), \quad (2.5)$$

де $\alpha_{ГП}$ – коефіцієнт тепловіддачі від покриття до оточуючого середовища, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

$F_{ГП}$ – площа покриття, m^2 ;

$t_{ГП}$ – температура покриття, $К$;

$t_{o.c.}$ – температура оточуючого середовища, $К$.

Тепловтрати через теплоізоляцію із тильної сторони та бокових стінок

Q_{iz} :

$$Q_{iz} = \alpha_{iz} F_{iz} (t_m - t_{o.c.}), \quad (2.6)$$

де α_{iz} – коефіцієнт тепловіддачі теплоізоляції, $Вт/(м^2 \cdot К)$;

F_{iz} – площа теплоізоляції, m^2 ;

t_{iz} – температура теплоізоляції, $К$.

Радіаційні тепловтрати із поверхні покриття в навколишнє середовище

$Q_{ГП}^{рад}$:

$$Q_{ГП}^{рад} = \varepsilon_{np}^{ГП} c_0 F_{nl} \left[\left(\frac{t_{ГП}}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_n}{100} \right)^4 \right], \quad (2.7)$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\varepsilon_{np}^{ГП}$ – приведений відносний коефіцієнт теплового випромінювання покриття;

c_0 – випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла, Вт/(м²·К⁴);

t_n – температура небозводу, К;

F_{nl} – площа теплопоглинач (тепло поглинаючої пластини), м².

Кінцеве значення температури теплоносія в геліопанелі:

$$t_m = t_1 + \frac{Q_c \cdot \Delta s - Q_{ГП}^{конв} \cdot \Delta s - Q_{із} \cdot \Delta s - Q_{ГП}^{рад} \cdot \Delta s}{cm} =$$

$$t_1 + \frac{\Delta s}{cm} \cdot (A \cdot F_{nl} \cdot I_c - \alpha_{ГП} \cdot F_{ГП} \cdot (t_{ГП} - t_{o.c.}) -$$

$$- \alpha_{із} \cdot F_{із} \cdot (t_{із} - t_{o.c.}) - \varepsilon_{np}^{ГП} \cdot c_0 \cdot F_{nl} \cdot \left[\left(\frac{t_{ГП}}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_n}{100} \right)^4 \right]. \quad (2.8)$$

Оскільки з теплопоглинач до покриття, а з нього до оточуючого середовища тепловтрати здійснюватимуться конвекцією, теплопровідністю та випромінюванням, то в розглянутому випадку буде складний теплообмін. Втрати тепла із тепло сприймаючої частини геліопанелі будуть визначатись:

$$Q_{p-k} = \kappa_{p-k} (t_m - t_{o.c.}) F_{nl}, \quad (2.9)$$

де κ_{p-k} – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К).

$$\kappa_{p-k} = \frac{1}{R_{p-k}}, \quad (2.10)$$

де R_{p-k} – опір теплопередачі, (м²·К)/Вт.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір теплопередачі можна знайти за наступною залежністю:

$$R_{p-\kappa} = \left(\frac{1}{R_{nl}^{конв}} + \frac{1}{R_{nl}^{рад}} \right)^{-1} + R_{гп} + \left(\frac{1}{R_{гп}^{конв}} + \frac{1}{R_{гп}^{рад}} \right)^{-1}, \quad (2.11)$$

де $R_{nl}^{конв}, R_{nl}^{рад}$ – відповідно термічний опір тепловіддачі конвекцією та випромінюванням від теплопоглинача до повітряного прошарку, $(m^2 \cdot K)/Вт$;

$R_{гп}$ – термічний опір теплопровідності покриття геліопанелі, $(m^2 \cdot K)/Вт$;

$R_{гп}^{конв}, R_{гп}^{рад}$ – відповідно термічний опір тепловіддачі конвекцією та випромінюванням від покриття геліопанелі до оточуючого середовища, $(m^2 \cdot K)/Вт$.

Тепловий баланс термоаккумуляції даною геліопанеллю можна здійснити за наступною залежністю:

$$mc \frac{dt_m}{dS} = Q_c - Q_{p-\kappa} - Q_{із}. \quad (2.12)$$

При підстановці у рівняння (2.13) вирази (2.4, 2.6, 2.9) отримується наступне рівняння теплового балансу геліопанелі в диференційній формі:

$$mc \frac{dt_m}{dS} = AF_{nl} I_c - \frac{(t_m - t_{o.c.}) F_{nl}}{R_{p-\kappa}} - \frac{(t_m - t_{o.c.}) F_{із}}{R_{із}}. \quad (2.13)$$

Для аналітичного розв'язку рівняння (2.13) необхідно здійснити деякі позначення:

$$I_{заг} = AF_{nl} I_c, \quad (2.14)$$

$$K_{заг} = \frac{F_{nl}}{R_{p-\kappa}} + \frac{F_{із}}{R_{із}}. \quad (2.15)$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після відокремлення змінних отримується:

$$mcdt_m = (I_{заг} - \kappa_{заг}(t_m - t_{o.c.}))dt, \quad (2.16)$$

$$\frac{dt_m}{I_{заг} - \kappa_{заг}(t_m - t_{o.c.})} = \frac{dS}{mc}. \quad (2.17)$$

Після інтегрування виразу (2.17) отримана наступна рівність:

$$-\frac{\ln|I_{заг} - \kappa_{заг}(t_m - t_{o.c.})|}{\kappa_{заг}} = \frac{S}{mc} + C_o. \quad (2.18)$$

Для знаходження C_o використовується початкова умова $S = S_o$:

$$t_m(S_o) = t_{o.c.} = t_0. \quad (2.19)$$

У результаті підстановки початкових умов отримується:

$$-\frac{\ln|I_{заг}|}{\kappa_{заг}} = \frac{S_o}{mc} + C_o, \quad (2.20)$$

$$C_o = \frac{\ln|I_{заг}|}{\kappa_{заг}} - \frac{S_o}{mc}. \quad (2.21)$$

Після підстановки (2.21) у (2.18) отримується:

$$-\kappa_{заг} \frac{(S - S_o)}{mc} = \ln \left| 1 - \kappa_{заг} \frac{(t_m - t_o)}{I_{заг}} \right|, \quad (2.22)$$

$$1 - \kappa_{заг} \frac{(t_m - t_o)}{I_{заг}} = e^{-\kappa_{заг} \frac{(S - S_o)}{mc}}, \quad (2.23)$$

де e – основа натуральних логарифмів.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Із рівняння (2.23) можна отримати залежність для визначення температури:

$$t_m = t_0 + \frac{I_{\text{заг}}}{\kappa_{\text{заг}}} \left(1 - e^{-\kappa_{\text{заг}} \frac{(S-S_o)}{mc}} \right). \quad (2.24)$$

При підстановці у рівняння (2.24) виразів (2.14) та (2.15) одержується залежність для визначення температури теплоносія в геліопанелі:

$$t_m = t_o + \frac{A(F_{\text{нл}})}{\frac{F_{\text{нл}}}{R_{p-\kappa}} + \frac{F_{\text{із}}}{R_{\text{із}}}} \left(1 - e^{-\left(\frac{F_{\text{нл}}}{R_{p-\kappa}} + \frac{F_{\text{із}}}{R_{\text{із}}} \right) \frac{(S-S_o)}{mc}} \right). \quad (2.25)$$

Розписавши $e^{-\kappa_{\text{заг}} \frac{(\tau-\tau_o)}{mc}}$ за формулою Маклорена в лінійному наближенні, отримується наступна залежність:

$$t_m = t_0 + \frac{I_{\text{заг}}}{mc} (S - S_o). \quad (2.26)$$

Оскільки залежність (2.26) не враховує $\kappa_{\text{заг}}$, необхідно розписати $e^{-\kappa_{\text{заг}} \frac{(S-S_o)}{mc}}$ за формулою Маклорена в квадратичному наближенні:

$$t_m = t_0 + \frac{I_{\text{заг}}}{\kappa_{\text{заг}}} \left(\frac{\kappa_{\text{заг}}}{mc} (\tau - \tau_o) - \left(\frac{\kappa_{\text{заг}}}{mc} \right)^2 \frac{(S - S_o)^2}{2} \right). \quad (2.27)$$

Подальші розкладання $e^{-\kappa_{\text{заг}} \frac{(S-S_o)}{mc}}$ будуть збільшувати громісткість формули, однак, як слідує з розрахунків, мало впливати на точність числових результатів.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Розрахунок теплопоглинання геліопанелі

Основні розрахункові точки, в яких визначалися температури, показані на розрахунковій схемі (рис. 2.3).

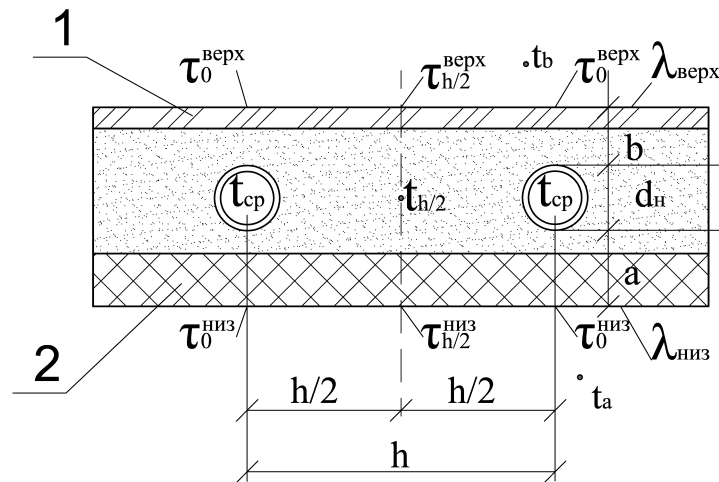


Рис. 2.3. Розрахункова схема геліопанелі

1 – покриття геліопанелі; 2 – теплоізоляція геліопанелі

Вихідними даними для такого розрахунку були параметри теплоносія $t_{ср}$, товщина δ , м і коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·К) матеріалів конструктивних шарів, діаметр труб d_n , м і відстань між трубками h , м.

Сумарне теплопоглинання регістра труб знизу і зверху складе:

$$Q = Q_{низ} + Q_{верх} . \quad (2.28)$$

Теплопоглинання поверхні нижнього покриття панелі знаходиться:

$$Q_{низ} = \alpha_{низ} (\tau_{ср}^{низ} - t_a) F , \quad (2.29)$$

і верхнього покриття панелі:

$$Q_{верх} = \alpha_{верх} (\tau_{ср}^{верх} - t_b) F . \quad (2.30)$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі поверхні нижнього покриття панелі може бути знайдений за формулою:

$$\alpha_{\text{низ}} = c_{\text{пр}} b + (\tau_{\text{ср}}^{\text{низ}} - t_a)^{0,33}, \quad (2.31)$$

де $c_{\text{пр}}$ – приведений коефіцієнт випромінювання теплообмінних поверхонь;
 b – температурний коефіцієнт.

Коефіцієнт тепловіддачі поверхні верхнього покриття панелі може бути уточнений за формулою:

$$\alpha_{\text{верх}} = c_{\text{пр}} b + 1,86(\tau_{\text{ср}}^{\text{верх}} - t_b)^{0,33}. \quad (2.32)$$

Середня температура поверхні верхнього покриття панелі:

$$\tau_{\text{ср}}^{\text{верх}} = \tau_{h/2}^{\text{верх}} + \frac{\tau_0^{\text{верх}} - \tau_{h/2}^{\text{верх}}}{3}. \quad (2.33)$$

Температура на поверхні верхнього покриття панелі між трубками змійовика:

$$\tau_{h/2}^{\text{верх}} = \frac{t_{h/2} + \alpha_{\text{верх}} t_b \sum \frac{b}{\lambda_b}}{1 + \alpha_{\text{верх}} \sum \frac{b}{\lambda_b}} \quad (2.34)$$

Температура на поверхні верхнього покриття панелі над трубкою змійовика:

$$\tau_0^{\text{верх}} = \frac{t_{\text{ср}} + \alpha_{\text{верх}} t_b \sum \frac{b}{\lambda_b}}{1 + \alpha_{\text{верх}} \sum \frac{b}{\lambda_b}}. \quad (2.35)$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня температура поверхні нижнього покриття панелі:

$$\tau_{cp}^{низ} = \tau_{h/2}^{низ} + \frac{\tau_0^{низ} - \tau_{h/2}^{низ}}{3}. \quad (2.36)$$

Температура на поверхні нижнього покриття панелі між трубками змійовика:

$$\tau_{h/2}^{низ} = \frac{t_{h/2} + \alpha_{низ} t_a \sum \frac{a}{\lambda_a}}{1 + \alpha_{низ} \sum \frac{a}{\lambda_a}}. \quad (2.37)$$

Температура на поверхні нижнього покриття панелі під трубкою змійовика:

$$\tau_0^{низ} = \frac{t_{cp} + \alpha_{низ} t_a \sum \frac{a}{\lambda_a}}{1 + \alpha_{низ} \sum \frac{a}{\lambda_a}}. \quad (2.38)$$

Температура бетону між трубками змійовика $t_{h/2}$ знаходиться за формулою:

$$t_{h/2} = \frac{t_{cp} - K}{1 + e^{h\sqrt{A+B}}} 2e^{h\sqrt{A+B}} + K. \quad (2.39)$$

Якщо позначити $\frac{h}{2\sqrt{A+B}} = x$, тоді :

$$t_{h/2} = \frac{t_{cp} - K}{1 + e^{2x}} 2e^{2x} + K = \frac{t_{cp}}{\frac{e^{-x}(1+e^{2x})}{2}} + K = \frac{t_{cp}}{\frac{e^{-x} + e^x}{2}} + K = \frac{t_{cp}}{chx} + K$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо перейти до первинних позначень, то отримаємо формулу:

$$t_{h/2} = \frac{t_{cp}}{ch(0,5h\sqrt{A+B})} + K \quad (2.40)$$

де $t_{cp} = \frac{t_e + t_0}{2}$ – середня температура теплоносія в реєстрі, °С;

t_0, t_e – температура теплоносія, що поступає в реєстр і виходить з нього, °С;

A, B – симплекси:

$$A = \frac{1}{\lambda_{\delta} d_n \left(\sum \frac{a}{\lambda_a} + \frac{1}{\alpha_{низ}} \right)},$$

$$B = \frac{1}{\lambda_{\delta} d_n \left(\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{1}{\alpha_{верх}} \right)};$$

h – відстань між трубками, м;

λ_{δ} – коефіцієнт теплопровідності бетону, Вт/(м·К);

a, b – товщина шарів матеріалів, розміщених під нижньою та над верхньою поверхнею трубок, м;

$\sum \frac{a}{\lambda_a}; \sum \frac{b}{\lambda_b}$ – відповідні термічні опори вказаних шарів матеріалів, м²К/Вт;

$\alpha_{низ}, \alpha_{верх}$ – відповідні коефіцієнти тепловіддачі нижнього і верхнього покриття панелі, Вт/(м²·К);

t_a, t_b – температура повітря в приміщенні під та над ГП, °С;

$t_{h/2}$ – температура в товщині масиву між трубками;

τ_0 – температура на поверхнях напроти трубок;

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\tau_{h/2}$ – температура на поверхнях між трубками.

Тоді середня температура теплоносія в реєстрі буде:

$$t_{cp} = \frac{At_a + Bt_b}{A + B} + ch(0,5h\sqrt{A + B})\left(\frac{At_a + Bt_b}{A + B} - t_{h/2}\right). \quad (2.41)$$

2.3. Дослідження ефективності системи сонячного теплопостачання із геліопанелями

Установка для дослідження ефективності системи сонячного теплопостачання показана на рис 2.4.

Установка складалась із геліопанелі, бака-акумулятора, запірно-регулюючої арматури, трубопроводів та витратоміра. Схема експериментальної установки зображена на рис. 2.4, а її фото на рис. 2.5.

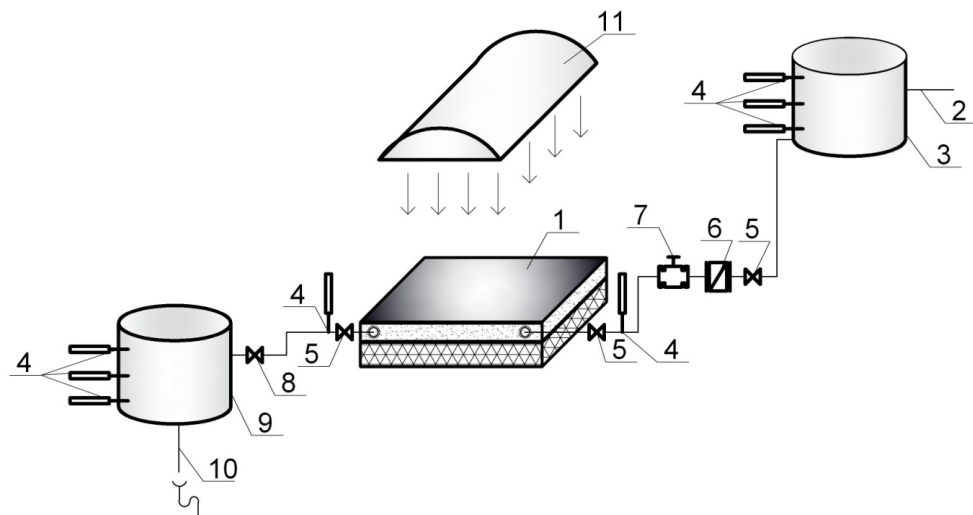


Рис. 2.4. Схема експериментальної установки

1 – геліопанель; 2 (8) – трубопровід холодного (нагрітого) теплоносія; 3 (9) – бак холодного (нагрітого) теплоносія; 4 – термодатчик (термоперетворювачі опору); 5 – запірна арматура; 6 – ротаметр; 7 – балансувальний вентиль; 10 – зливний трубопровід; 11 – тепловий

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випромінювач.

Геліопанель складалась із пінополістирольного тепловідбиваючого екрану товщиною 50 – 100 мм, захисного покриття, трубопроводів. Схема цієї геліопанелі зображена на рис. 3.3, а її фото на рис. 2.5.

Захисне покриття це гідроізоляційний шар виконаний: з руберойду в 2 шари або каучуко-графітовий Графпласт КПК.



Рис. 2.5. Загальний вигляд експериментальної установки

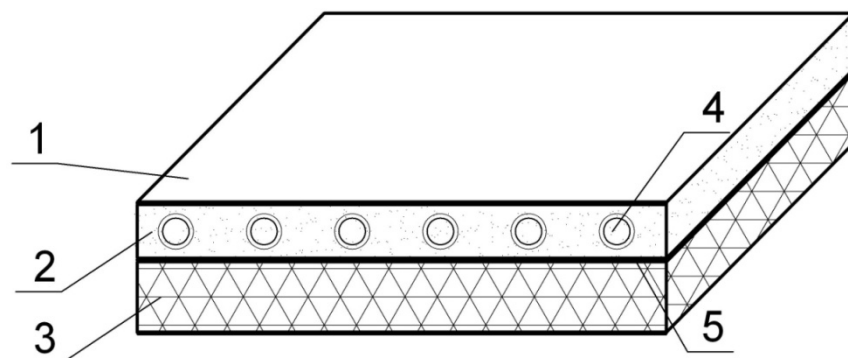


Рис. 2.6. Розріз геліопокрівлі

1 – захисне покриття; 2 – теплопровідний шар; 3 – теплоізоляційний шар; 4 – трубопроводи для підведення і відведення теплоносія; 5 – тепловідбиваючий екран.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Трубопроводи, що використовувались для з'єднання геліопанелі та баку акумулятора, виконані із гумових шлангів та утеплені для мінімізації тепловтрат під час експериментальних досліджень. Для імітування сонячного випромінювання використовувались випромінювачі WildWind-IRH-3,0.

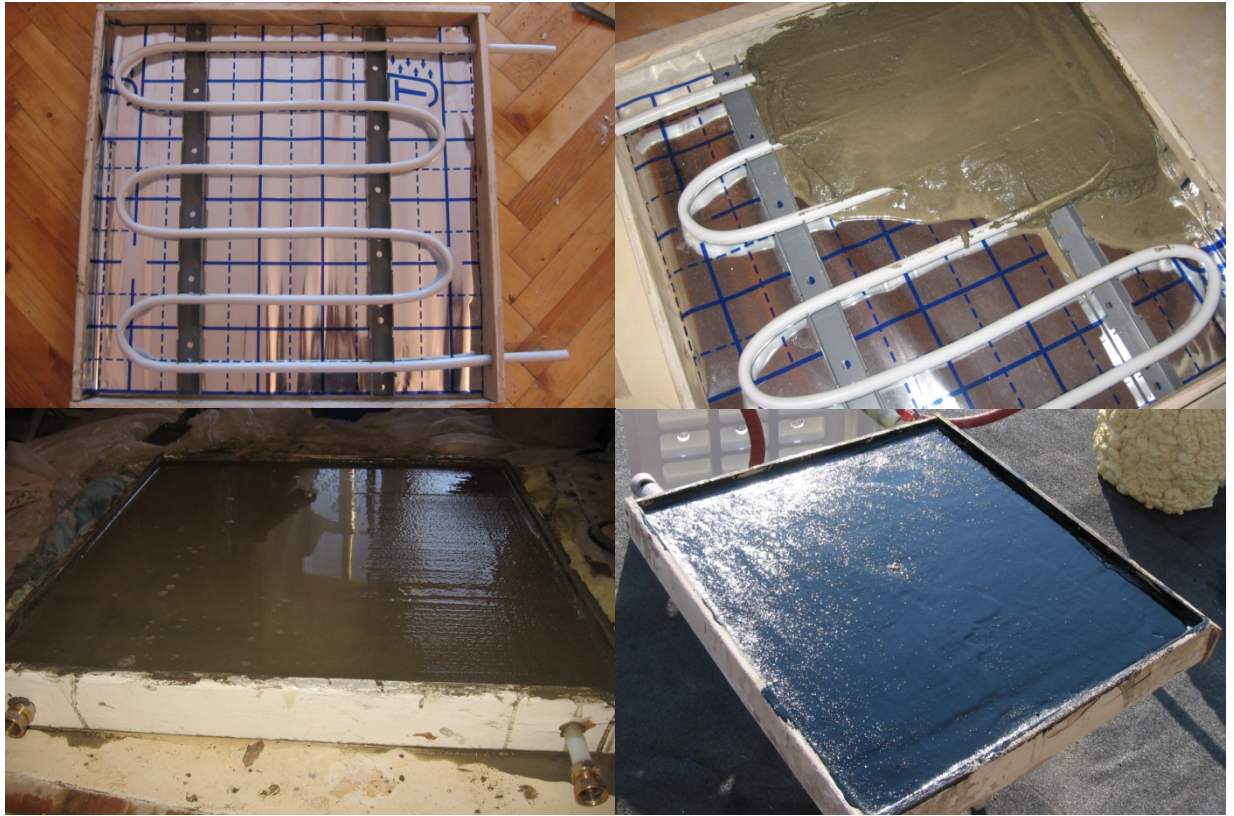


Рис. 2.7. Загальний вигляд геліопанелі

Бак-акумулятор (пластмасова ємність 0,056 м³) був утеплений монтажною піркою CERESIT PU Profi Montage товщиною 50 мм, а також покритий тепловідбиваючим покриттям. Коефіцієнт теплопровідності піни – 0,032Вт/м²К. Він умовно розділявся на три об'єми, всередину кожного по центрі вмонтовано гільзи для встановлення термометрів опорових.

Інтенсивність потоку енергії, що випромінювало джерело, вимірювалась актинометром. Шкала актинометра проградуєвана в калоріях. Ціна одного ділення шкали становить 0,5 калорій.

Температура теплоносія на вході й виході у геліопанель та в бакові-акумуляторів вимірювалась термоперетворювачами опору 50М, що працюють

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з регулятором-вимірювачем типу РТ-0102. Температура навколишнього повітря та його швидкість вимірювалась термоелектроанемометром TESTO 405 – V1.

Витрата теплоносія вимірювалась ротаметром типу РМ-0,016Ж, який встановлювався на зворотній лінії руху охолодженого теплоносія перед входом в геліопанель. Перед проведенням експериментів ротаметр попередньо тарувався об'ємним методом.

Експериментальні дослідження проводились при таких умовах, припущеннях та спрощеннях:

- густину теплового випромінювання прийнято однаковою по всій площині ГП;
- ГП не затінювалася;

У табл. 2.1. подано дані про рівні факторів та інтервали варіювання.

Таблиця 2.1

Рівні та інтервали варіювання

Назва	Кодоване позначення	Рівні факторів		Інтервал
		–1	+1	
Інтенсивність теплового потоку I_6 , Вт/м ²	x_1	500	1000	500
Діаметр трубок, d , мм	x_2	0,016	0,025	9
Крок, l , м	x_3	0,15	0,2	0,1
Масова витрата теплоносія, G , кг/с	x_4	0,00417	0,0125	0,00833
Тип покриття	x_5	-	-	-
Тип трубок	x_6	-	-	-

На даний час імітування сонячного проміння є недостатньо вивченим, оскільки на практиці важко створити однорідний пучок променів імітованого сонячного випромінювання, на апертурі геліопанелі вимірювався середній рівень густини потоку випромінювання.

Перевірялась герметичність системи при робочому тиску. Крім цього, встановлювався пристрій для збору і видалення повітря із системи –

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розширювальний бак, що виконував функцію повітрязбірника (ємність будь-якої форми, яка зварена з заліза) і встановлювався над верхньою точкою даної системи з ручним або автоматичним краном для випуску повітря.

У табл. 2.2. подано дані про рівні факторів та інтервали варіювання.

Таблиця 2.2

Рівні факторів та інтервали варіювання

Назва	Кодоване позначення	Рівні факторів		Інтервал
		-1	+1	
Тепловий потік I_e , Вт/м ²	x_1	300	900	400
Масова витрата теплоносія, G , кг/с	x_4	0,00417	0,0125	0,00833

Результати експериментальних вимірювань подані у графічній формі.

При покритті геліопанелі руберойдом та використанні трубок TOPTERM MULTILAYER PIPE PEX/AL/PEX :

а) при діаметрі трубопроводів $d=0,016$ м;

б) при діаметрі трубопроводів $d=0,025$ м.

При інтенсивності випромінювання $I_e = 500$ Вт/м²:

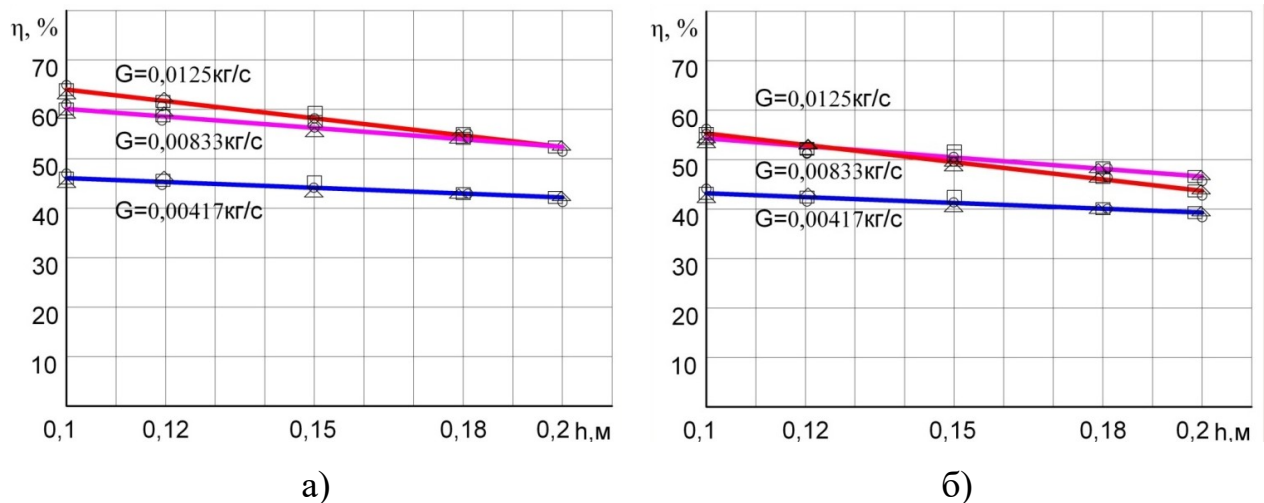
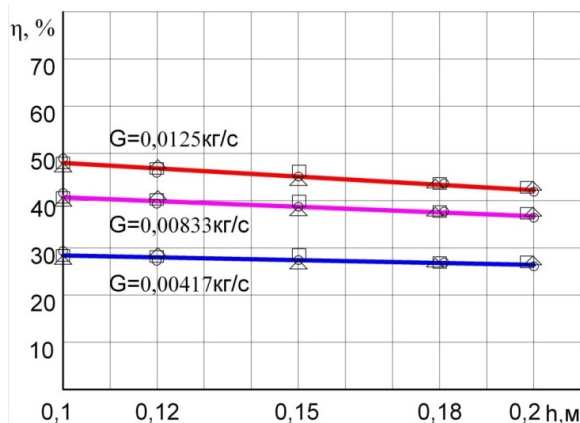
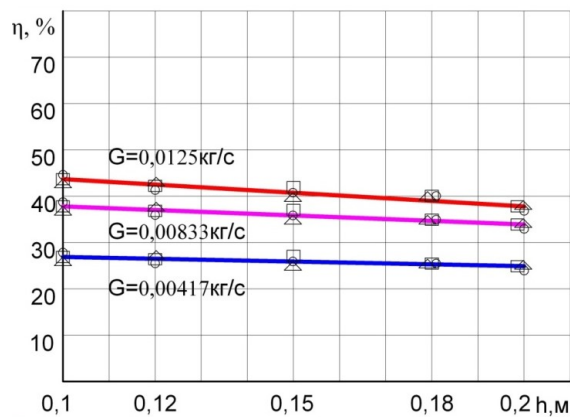


Рис. 2.8. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

Аналогічно при інтенсивності випромінювання $I_e = 1000$ Вт/м²:



а)



б)

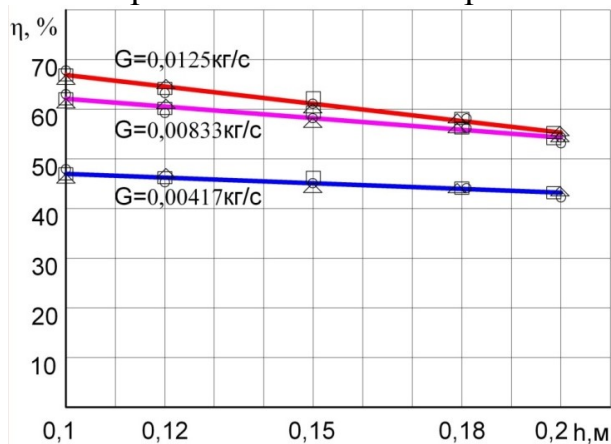
Рис. 2.9. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

При покритті геліопанелі руберойдом та використанні трубок PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP:

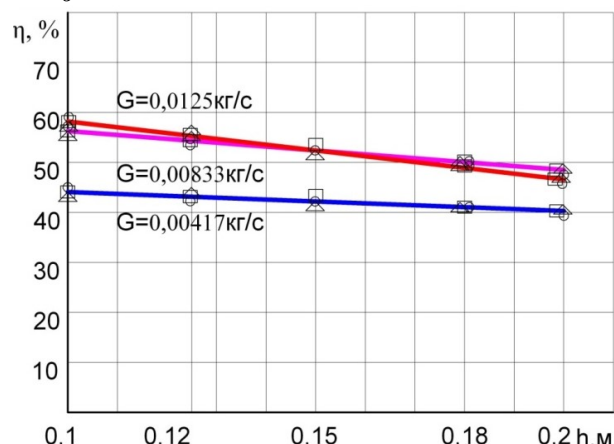
а) при діаметрі трубопроводів $d=0,016$ м;

б) при діаметрі трубопроводів $d=0,025$ м.

При інтенсивності випромінювання $I_e = 500$ Вт/м²:



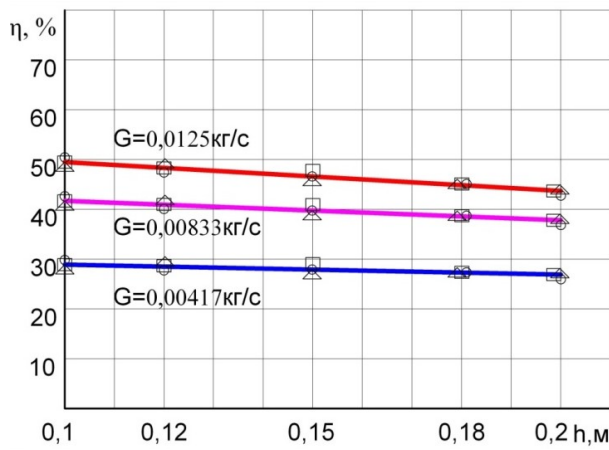
а)



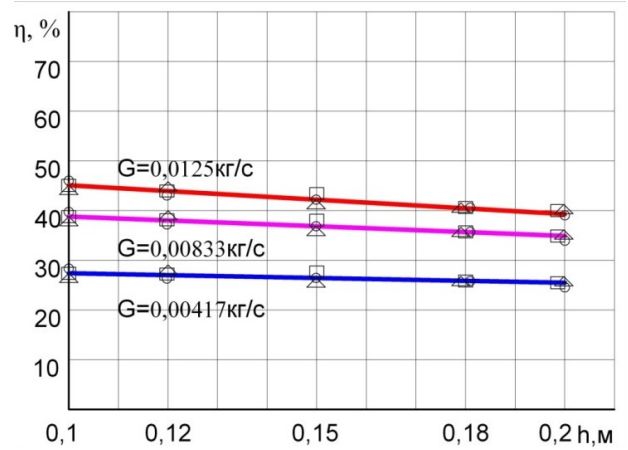
б)

Рис. 2.10. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

Аналогічно при інтенсивності випромінювання $I_e = 1000$ Вт/м²:



а)



б)

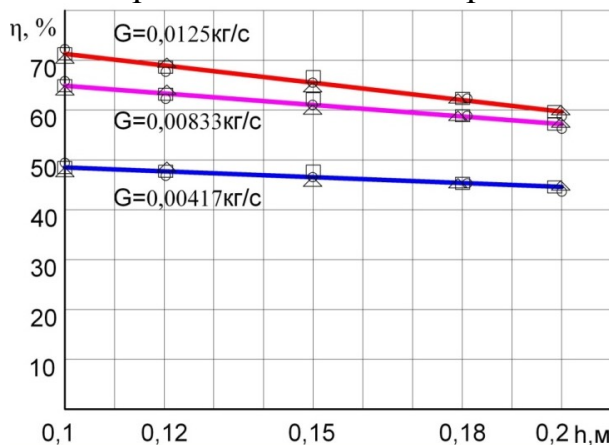
Рис. 2.11. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

При покритті геліопанелі Графпласт КПК та використанні трубок ТОРTERM MULTILAYER PIPE PEX/AL/PEX:

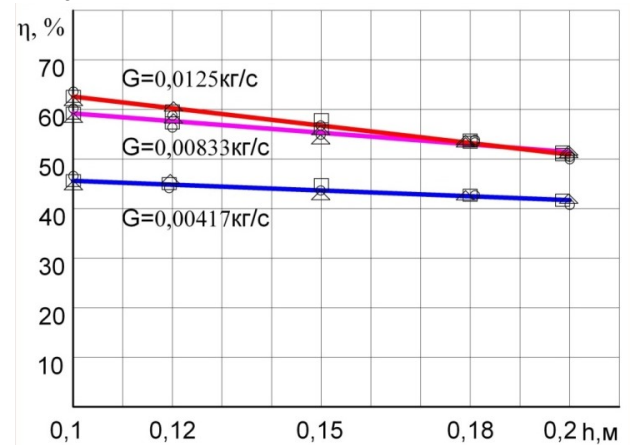
а) при діаметрі трубопроводів $d=0,016\text{м}$;

б) при діаметрі трубопроводів $d=0,025\text{м}$.

При інтенсивності випромінювання $I_e = 500 \text{ Вт/м}^2$:



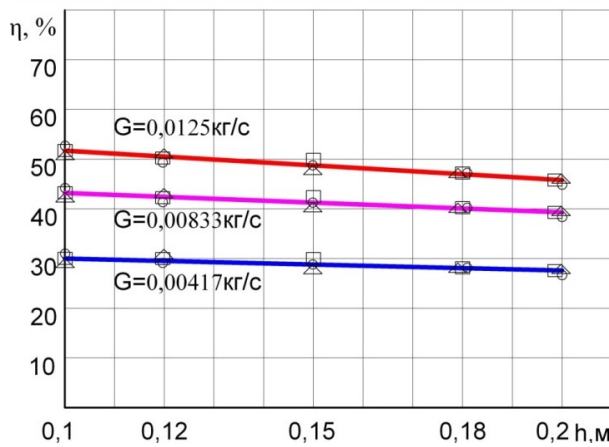
а)



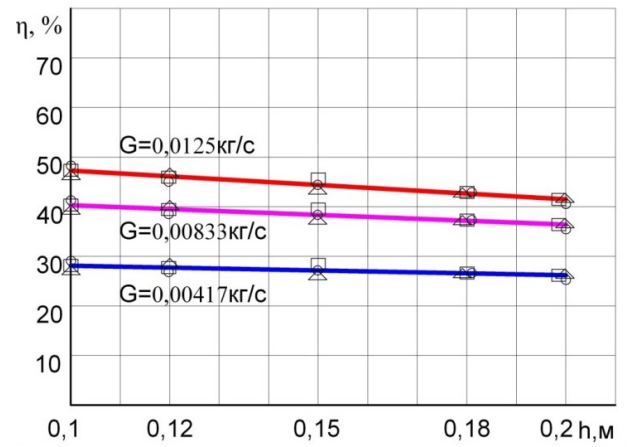
б)

Рис. 2.12. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

Аналогічно при інтенсивності випромінювання $I_e = 1000 \text{ Вт/м}^2$:



а)



б)

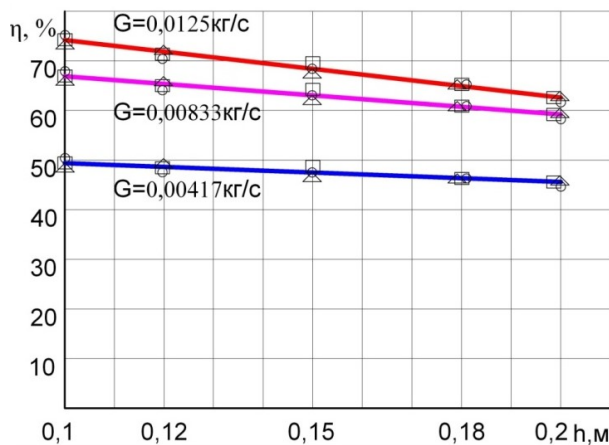
Рис. 2.13. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

При покритті геліопанелі Графпласт КПК та використанні трубок PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP:

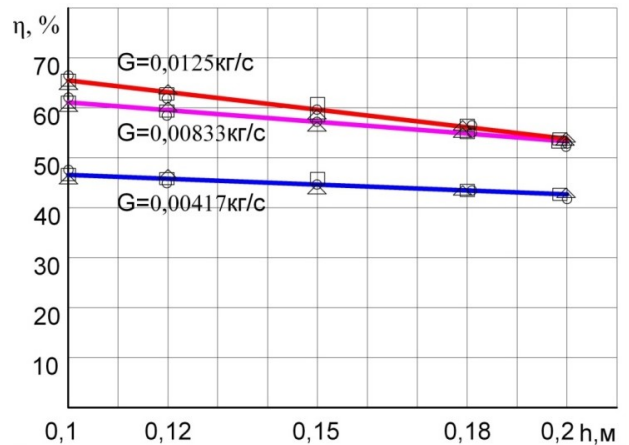
а) при діаметрі трубопроводів $d=0,016\text{м}$;

б) при діаметрі трубопроводів $d=0,025\text{м}$.

При інтенсивності випромінювання $I_g = 500 \text{ Вт/м}^2$:



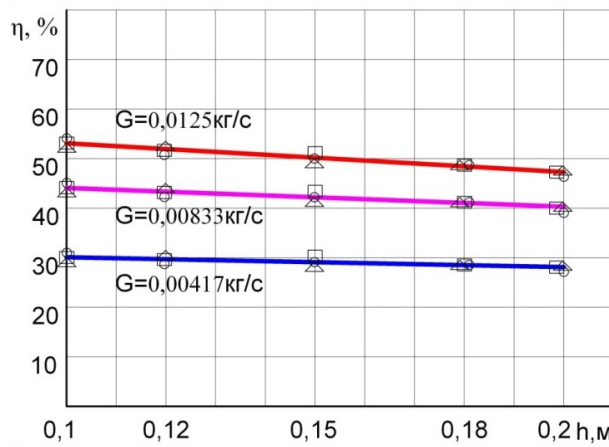
а)



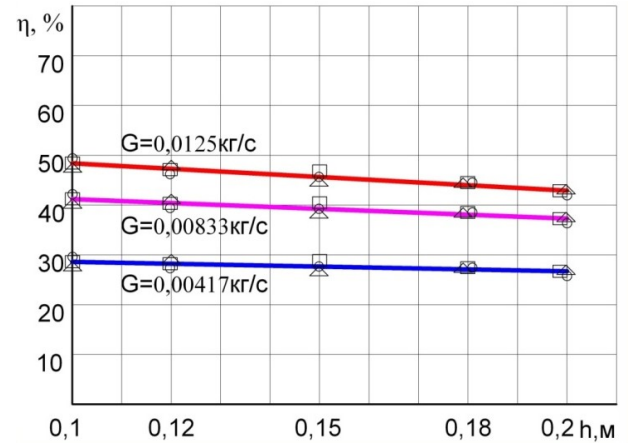
б)

Рис. 2.14. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

Аналогічно при інтенсивності випромінювання $I_g = 1000 \text{ Вт/м}^2$:



а)



б)

Рис. 2.15. Ефективність сонячної панелі η в залежності від кроку трубок h і витрати теплоносія G

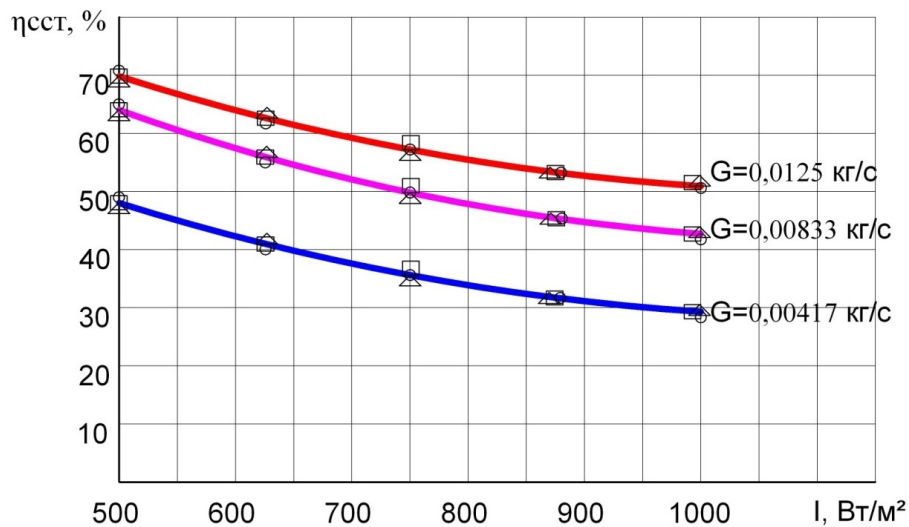


Рис. 2.16. Ефективність системи сонячного теплопостачання $\eta_{сст}$ в залежності від витрати теплоносія G , кг/с та інтенсивності випромінювання I_0 , Вт/м²

Для наочності результати описаних експериментальних вимірювань представлені у тривимірному вигляді.

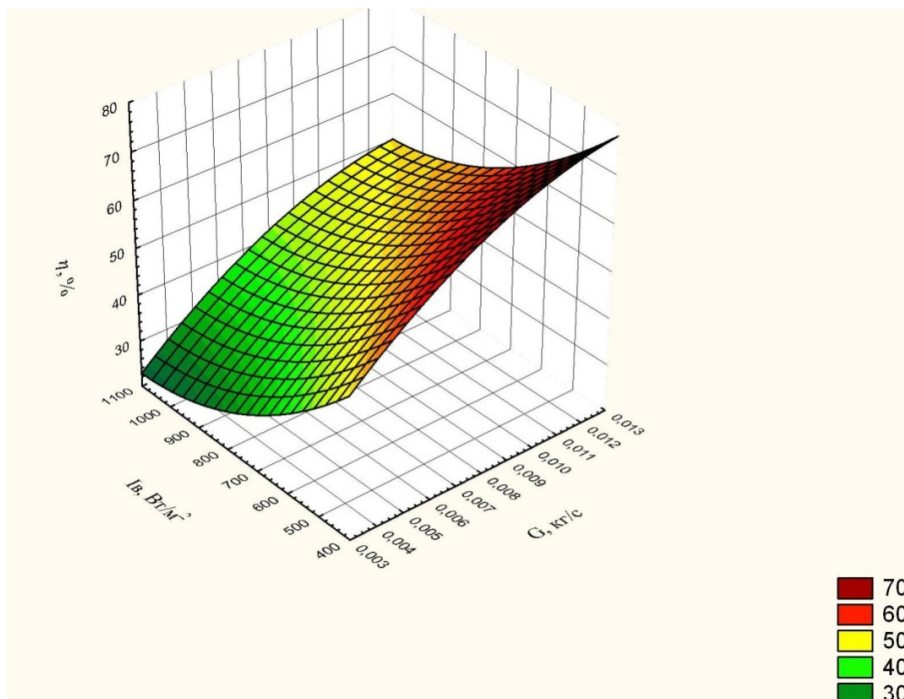


Рис. 2.17. Ефективність системи сонячного теплопостачання η_{CCT} в залежності від витрати теплоносія G , кг/с та інтенсивності випромінювання I_6 , Вт/м²

Після проведеного аналізу даних експериментальних досліджень, зображених на графіках (рис. 2.8 – 2.17), можна зробити висновок, що найефективнішою є геліопанель, покрита каучуко-графітовим складом Графпласт КПК та при використанні трубок підлогового опалення PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP.

Проаналізувавши дані експериментальних досліджень, зображених на графіках рис. 2.8 – 2.17, можна зробити висновок, що зміна діаметру трубок та кроку трубок не суттєво підвищує ефективність геліопанелі та системи СТ, проте зміна витрати теплоносія, інтенсивності випромінювання та матеріалів, з яких виготовлена геліопанель, різко підвищує її ефективність та системи СТ.

Опрацювання результатів вимірювань проводилось відомими методами математичної статистики, приведеними до наукових досліджень. Кожен експеримент супроводжувався виникненням похибок, тобто похибками відтворюваності. Для оцінки відтворюваності кожен дослід проводився декілька раз, тому організовувалась серія паралельних дослідів. За

результатами експериментальних досліджень ефективності геліопанелі складено номограми (рис. 2.18 - 2.21).

Для зручності визначення ефективності геліопанелі побудовано зведену номограму, яка враховує типи покриття та трубок.

2.4. Дослідження ССТ із геліопанелями

Для підтвердження дослідження ефективності необхідно було провести натурні, оскільки неможливо відтворити дію усіх факторів, що впливають на роботу системи в цілому. Установка розроблена і змонтована на широті міста Тернополя. Експерименти проводились впродовж року.

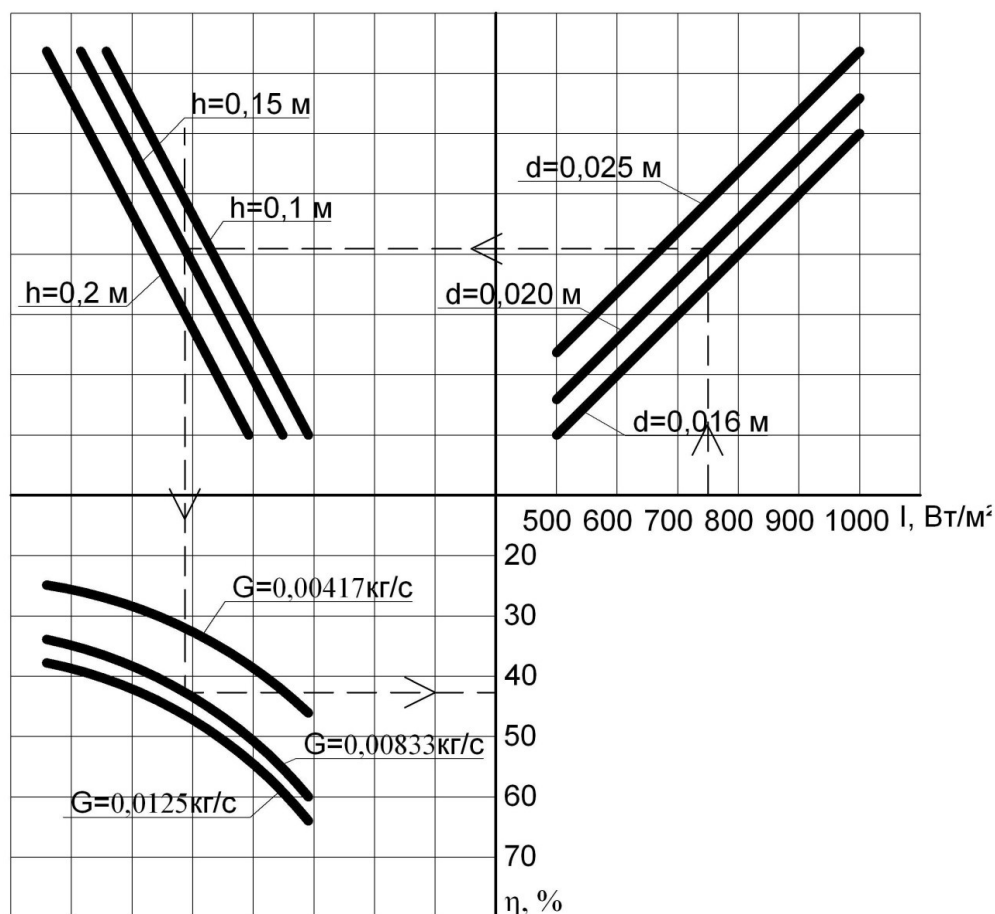


Рис. 2.18. Ефективність η геліопанелі при покритті руберойдом та використанні трубки традиційної системи опалення.

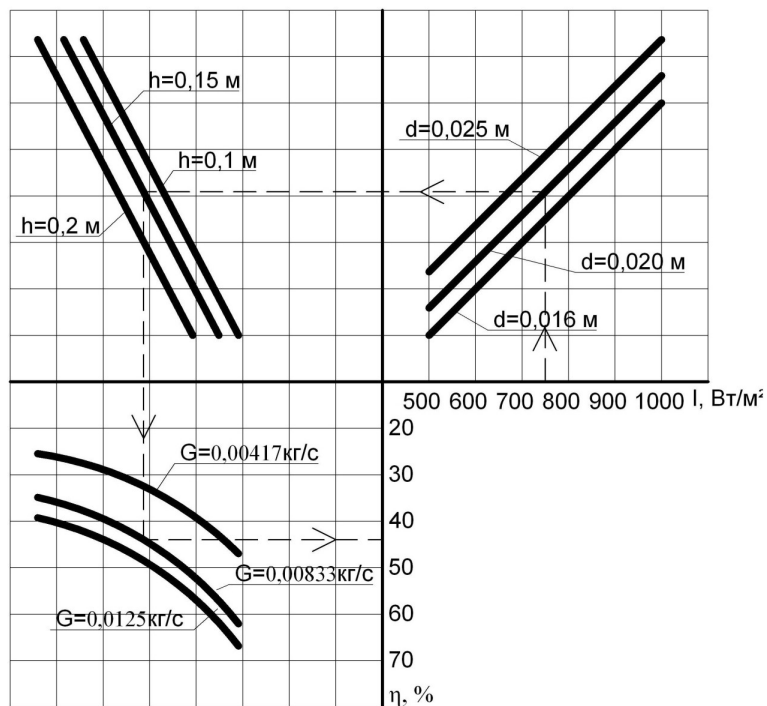


Рис. 2.19. Ефективність η геліопанелі при покритті руберойдом та використанні трубок підлогового опалення PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP

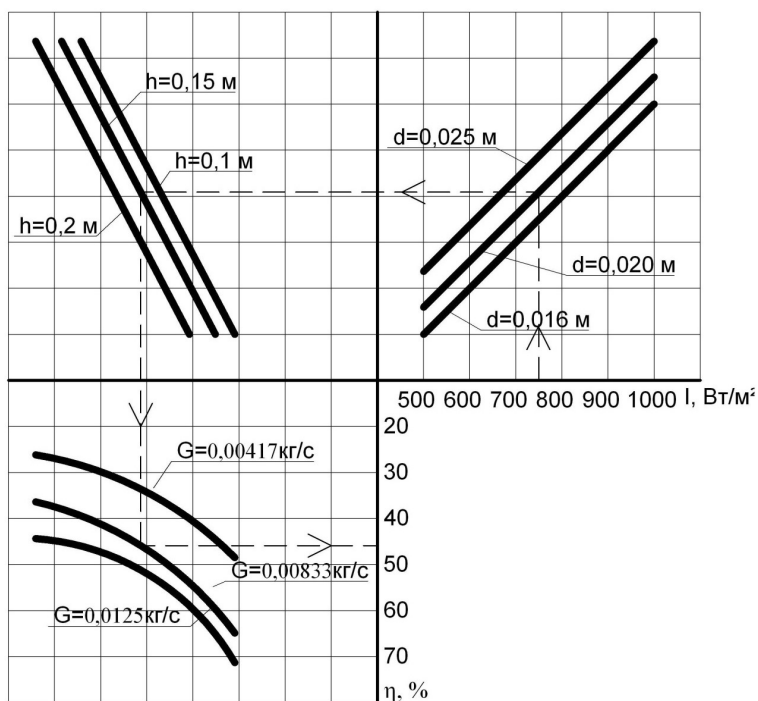


Рис. 2.20. Ефективність η геліопанелі при покритті каучуко-графітовим складом Графпласт КПК та використанні трубок традиційної системи опалення.

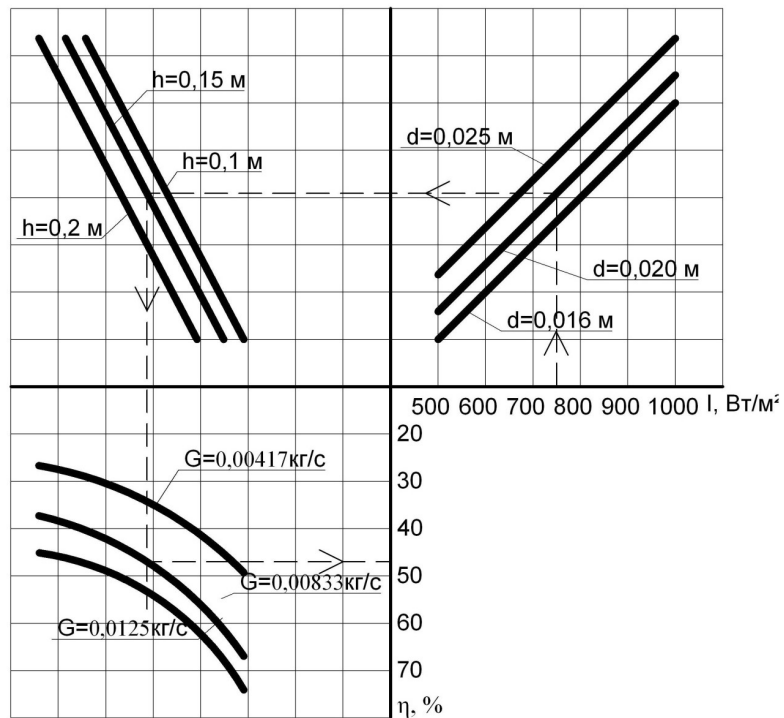


Рис. 2.21. Ефективність η геліопанелі при покритті графітовим складом і використанні трубок підлогового опалення PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP

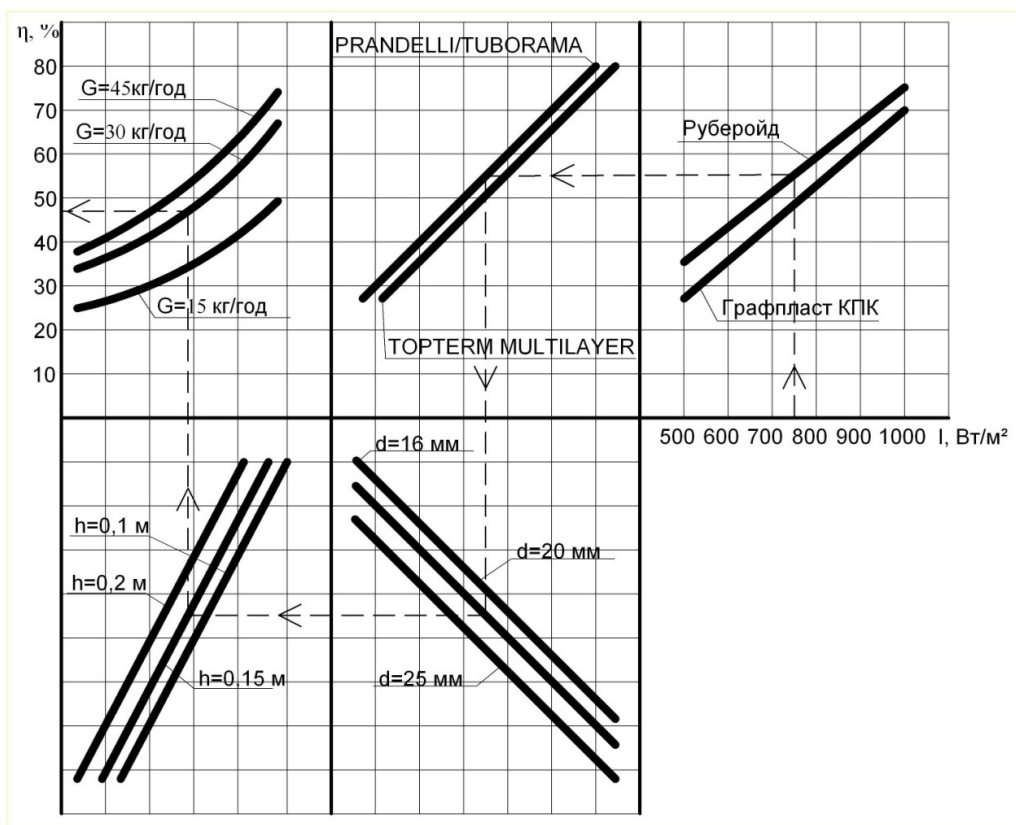


Рис. 2.22. Ефективність η геліопанелей різних конструкцій.

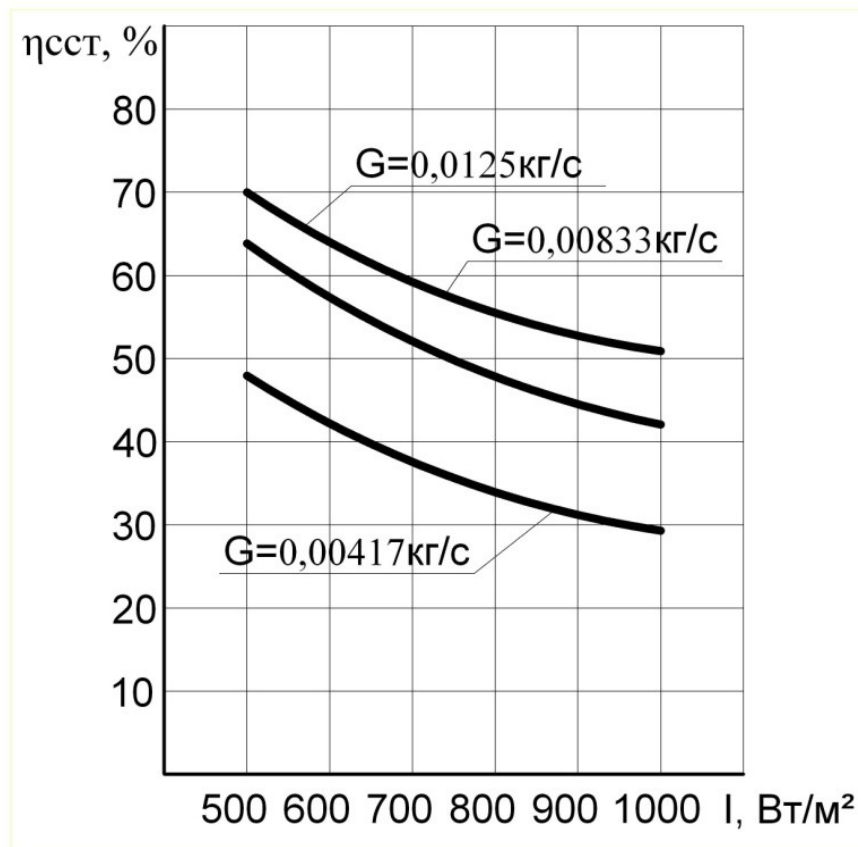


Рис. 2.23. Залежність ефективності $\eta_{сст}$ системи СТ

Усі трубопроводи, а також місця їх з'єднання між собою та із запірно-регулюючою арматурою, були теплоізовані. Попередньо був проведений гідравлічний розрахунок системи для оптимального вибору її елементів.

Температура зовнішнього повітря та його швидкість вимірювалась термоелектроанемометром TESTO 405–V1. Витрата теплоносія вимірювалась витратомірами KB-1,5 та ротаметрами. Інтенсивність потоку сумарної та розсіяної енергії вимірювалась стаціонарним альбедометром 3x3 в парі із гальванометром ГСА-1. Інтенсивність потоку прямої сонячної енергії вимірювалась актинометром М-3 в парі із гальванометром ГСА-1. Усі актинометричні дослідження проводились відповідно до існуючих методів.

Температура теплоносія на входах і виходах у сонячні колектори та в бакові-акумулятори вимірювалась термоперетворювачами опору 50М, що працюють з регулятором-вимірювачем типу РТ-0102.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рис. 2.24. Фото експериментальної установки (а) та вимірювальних приладів (б)

Дана експериментальна установка дозволяла проводити дослідження роботи системи СТ за різних конструкціях геліопанелей, при різних витратах теплоносія впродовж дня. Перед проведенням експериментальних досліджень всі геліопанелі приводились в співставний стан. Для цього вони однаково встановлювались в горизонтальному положенні. На кожну геліопанель, за допомогою відповідних вимірювальних і запірно-регулюючих приладів, встановлювалась однакова витрата теплоносія. Впродовж дня визначалась інтенсивність сонячного проміння, що падає на поверхню геліопанелей, фіксувались температури на вході та виході із геліопанелей, витрата теплоносія та визначалась ефективність кожної з геліопанелей.

Перед проведенням нової серії дослідів, вранці, система заповнювалась теплоносієм, випускалось повітря, перевірялась герметичність системи та справність вимірювальної апаратури. Також очищалась поверхня геліопанелей від забруднень.

Впродовж дня проводились заміри: інтенсивності потоку повної сонячної енергії; інтенсивності потоку розсіяної енергії; інтенсивності потоку прямої

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії; температури зовнішнього повітря; температур теплоносія на вході та виході з геліопанелей; температур теплоносія по висоті в трьох точках бака-акумулятора; швидкості вітру. Всі перераховані вимірювання проводились що 30 хвилин.

Результати експериментальних досліджень зручно зображати в графічній формі (рис. 2.24, 2.25). Вони показують надходження сонячної енергії на системи геліопанелей впродовж дня. Такі дані отримувались для кожного дня досліджень (один день досліджень відповідав одному досліді).

На підставі аналізу даних експериментів отримана емпірична формула для визначення коефіцієнта ефективності K_{ef} геліопанелей:

$$K_{ef} = 1,121 - 0,012 \cdot I - 0,042 \cdot G + 0,008 \cdot G \cdot I, \quad (2.44)$$

де G – витрата теплоносія, кг/год;

I – інтенсивність теплового потоку, Вт/м².

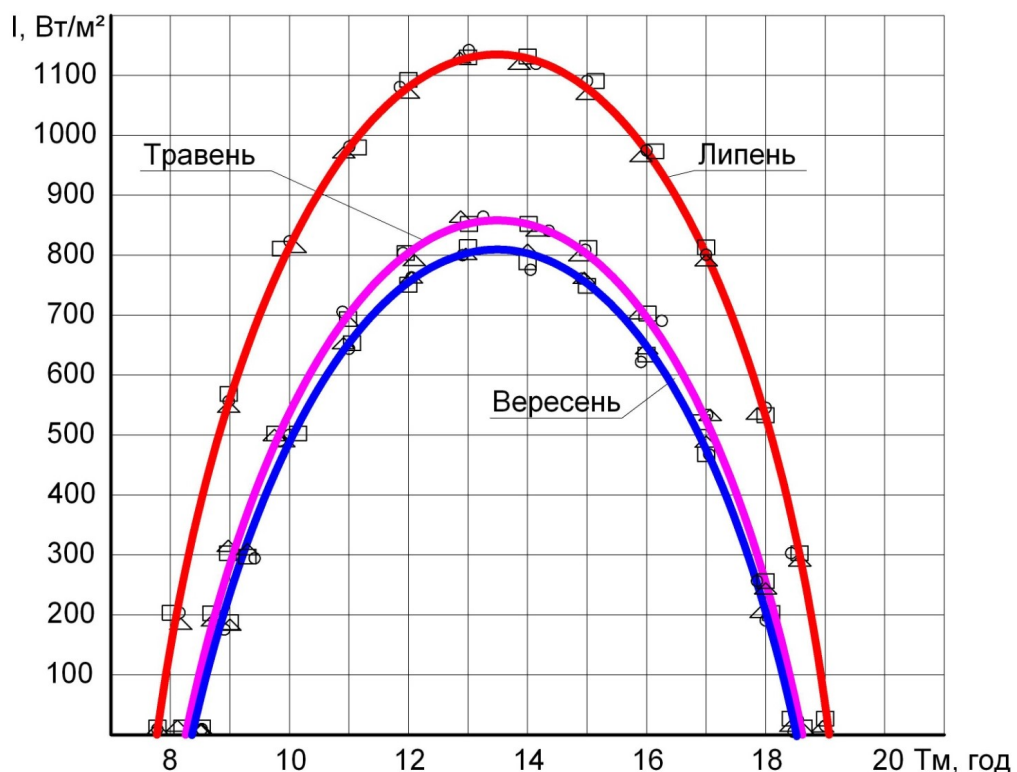


Рис. 2.24. Інтенсивність теплового потоку сонячної енергії I протягом дня

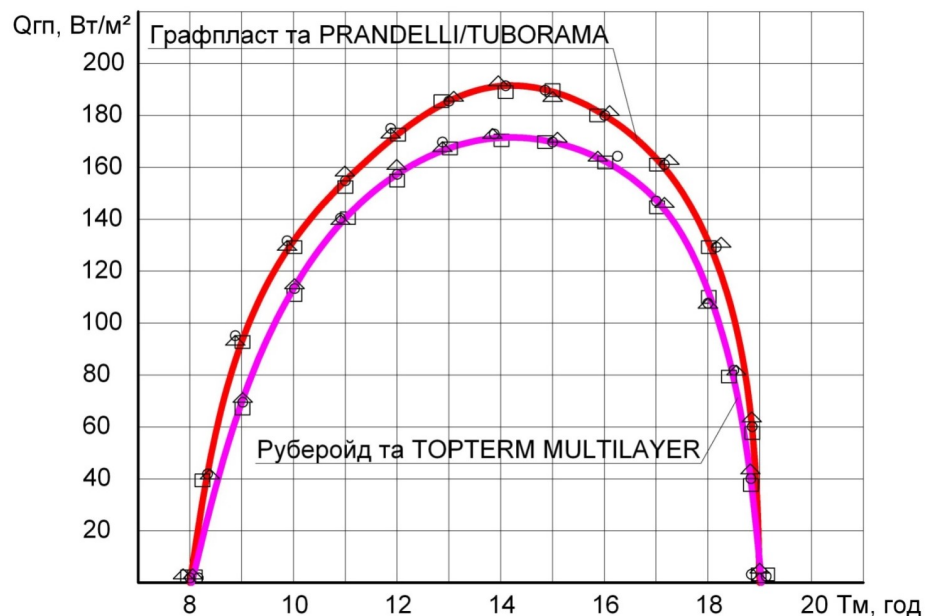


Рис. 2.25 Миттєва теплова потужність $Q_{гп}$ геліопанелей різних конструкцій протягом дня

2.5. Застосування систем сонячного теплопостачання із геліопанелями

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень системи сонячного теплопостачання із геліопанелями можна зробити висновки про можливість застосування дослідженого схемного рішення. Геліопанелі дозволяють отримувати сонячну енергію протягом цілого дня та більше її закумуляовувати після обіду, оскільки вони є інерційними. А секційний бак-акумулятор дасть можливість догрівати теплоносій без значного виносу закумуляованого тепла назад у геліопанель. Нічна термоакумуляція за пільговим тарифом дозволить підвищити ефективність системи в цілому, оскільки в бакові-акумуляторі може залишатись не використана теплова енергія.

У результаті проведених досліджень геліопанелей можна зробити висновки про їх ефективність та можливість широкого застосування в системах сонячного теплопостачання. Схемні рішення із геліопанелями є простими та дешевими в реалізації, що є передумовою їх широкого застосування.

Система, запропонована для сонячного теплопостачання (рис. 2.26), складається із геліопанелей, запірно-регулюючої арматури, секційного бака-акумулятора із теплообмінниками та ТЕНом і теплогенеруючої установки.

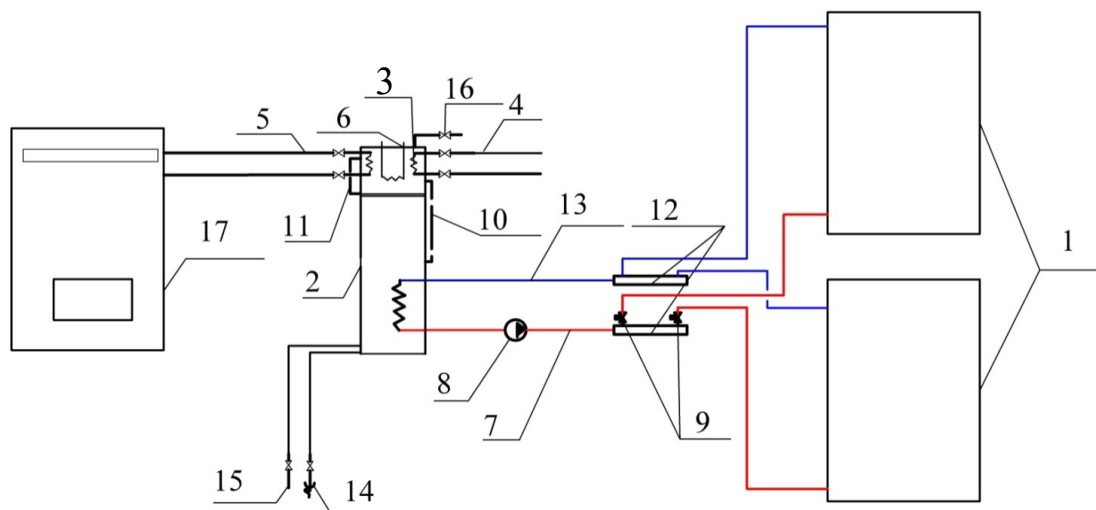


Рис. 2.26. Комбінована система сонячного теплопостачання із геліопанелями

1 – геліопанель; 2 – основний бак-акумулятор; 3 – додатковий бак-акумулятор; 4 – теплообмінник системи теплопостачання; 5 – теплообмінник від ТГУ; 6 – ТЕН; 7, 13 – трубопроводи; 8 – циркуляційна pompa; 9 – термостатичний клапан; 10, 11 – трубопроводи з'єднання баків-акумуляторів; 12 – гідравлічний колектор; 14 – патрубок зливу теплоносія; 15 – патрубок подачі теплоносія; 16 – патрубок відбору теплоносія; 17 – додаткове джерело тепла (ТГУ)

Теплова енергія, отримана від геліопанелей, акумулюється в бакові-акумуляторі, де за потреби може догріватись ТЕНом або теплом від ТГУ. Якщо (у ясні літні дні) тепло, закумульоване впродовж дня, не повністю використовується, то завдяки нічній електротермоакумуляції теплоносії догрівається і використовується вранці.

Можливе поєднання системи сонячного теплопостачання із геліопанелями і термоакумуляцією із пасивними системами СТ. Дана ССТ може також використовуватись в системі теплопостачання із пасивною системою СТ і тепловим насосом (рис. 2.27).

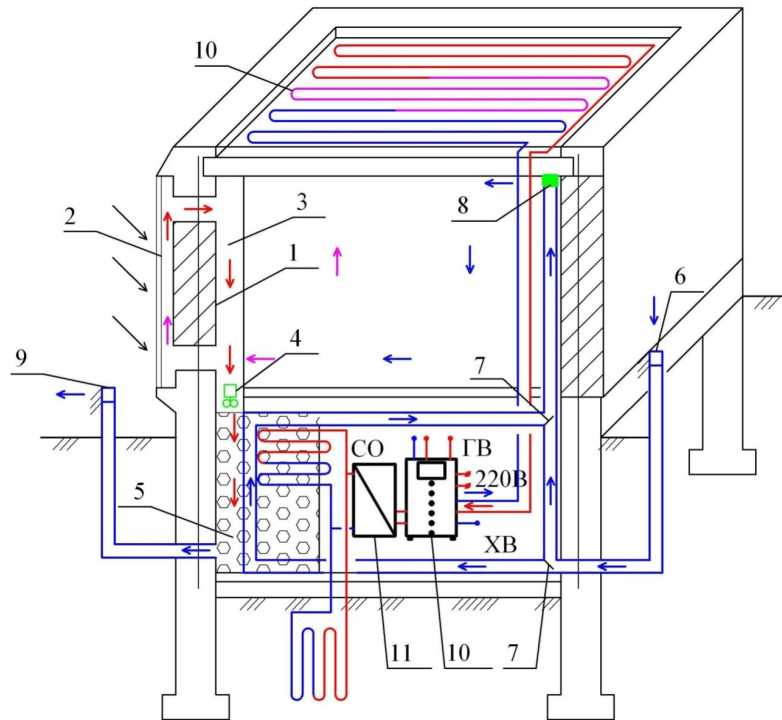


Рис. 2.27. Система сонячного теплопостачання

1 – прозоре покриття; 2 – теплопоглинач; 3 – циркуляційний вентилятор повітря ; 4 – сонячне випромінювання; 5 – акумулятор ; 6 – повітреподача; 7 – видалення повітря; 8 – насос; 9 – бак-акумулятор; 10 – геліопанель; 11 – подача води.

У даній системі тепло (теплоносій – повітря) пасивною системою акумулюється в гравійному акумуляторі, а комбінованою системою (теплоносій – рідина) із геліопанелями – в бакові-акумуляторів. Тепло із гравійного акумулятора передається в бак-акумулятор за допомогою теплового насоса, звідки передається на потреби опалення та гарячого водопостачання, а за необхідності догрівається ТЕНОм. Також здійснюється акумуляція тепла за пільговим нічним тарифом на електроенергію.

2.6. Використання геліопанелей для гарячого водопостачання

Якщо в будівлі запроектована дахова котельня, то геліопанелі приєднують до системи теплопостачання через основний бак-акумулятор, що з'єднаний з додатковим, який нагрівається за допомогою теплогенеруючої

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установки. Система сонячного теплопостачання із використанням геліопанелей зображена на рис. 2.28.

У наведеній схемі холодна вода подається трубопроводом в геліопанель, де нагрівається під дією сонячної енергії. У випадку включення душу чи умивальника гаряча вода подається споживачу, а з мережі на її місце надходить холодна.

Розроблені і досліджені геліопанелі можуть використовуватись для сонячного теплопостачання будівель, зокрема житлових будинків.

В схемі, зображеній на рис. 2.29, холодна вода подається в геліопанель і попередньо підігрівається на горіщі за допомогою теплообмінника 4, згодом, нагрівшись, вона подається споживачу 10. За необхідності вода може бути догріта в проміжному баці 2 від електроенергії або від енергії ТГУ.

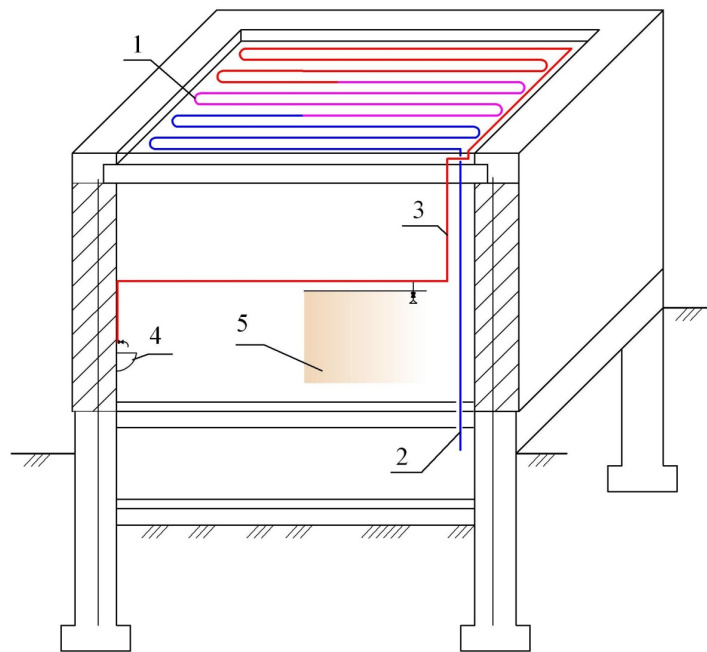


Рис. 2.28. Система гарячого водопостачання

1 – геліопанель; 2 – холодна вода; 3 – гаряча вода; 4 – умивальник; 5 – душова кабіна

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

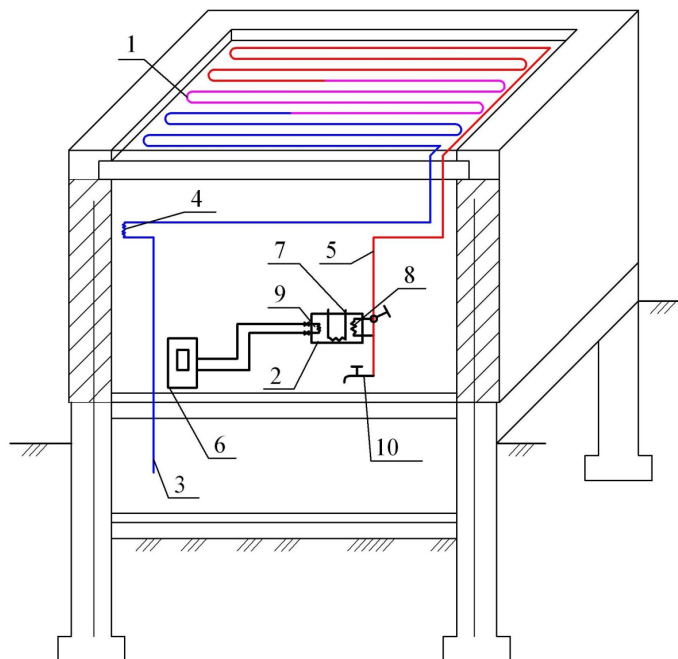


Рис. 2.29. Схема комбінованої ССТ

1 – геліопанель; 2 – бак-акумулятор; 3 – холодна вода; 4,8,9 – теплообмінники; 5 – гаряча вода; 6 – джерело тепла ; 7 – ТЕН; 10 – СГВ

У табл. 2.4 подано типоряд розроблених конструкцій геліопанелей.

Таблица 2.4

Типоряд геліопанелей

Тип геліопанелі	Розміри геліопанелі			Об'єм теплоносія $V, \text{м}^3$
	$h, \text{м}$	$l, \text{м}$	$b, \text{м}$	
ГП-1	1,00	1,00	0,075	0,022
ГП-2	1,00	2,00	0,075	0,042
ГП-3	2,00	3,00	0,075	0,063
ГП-4	2,00	4,00	0,075	0,083

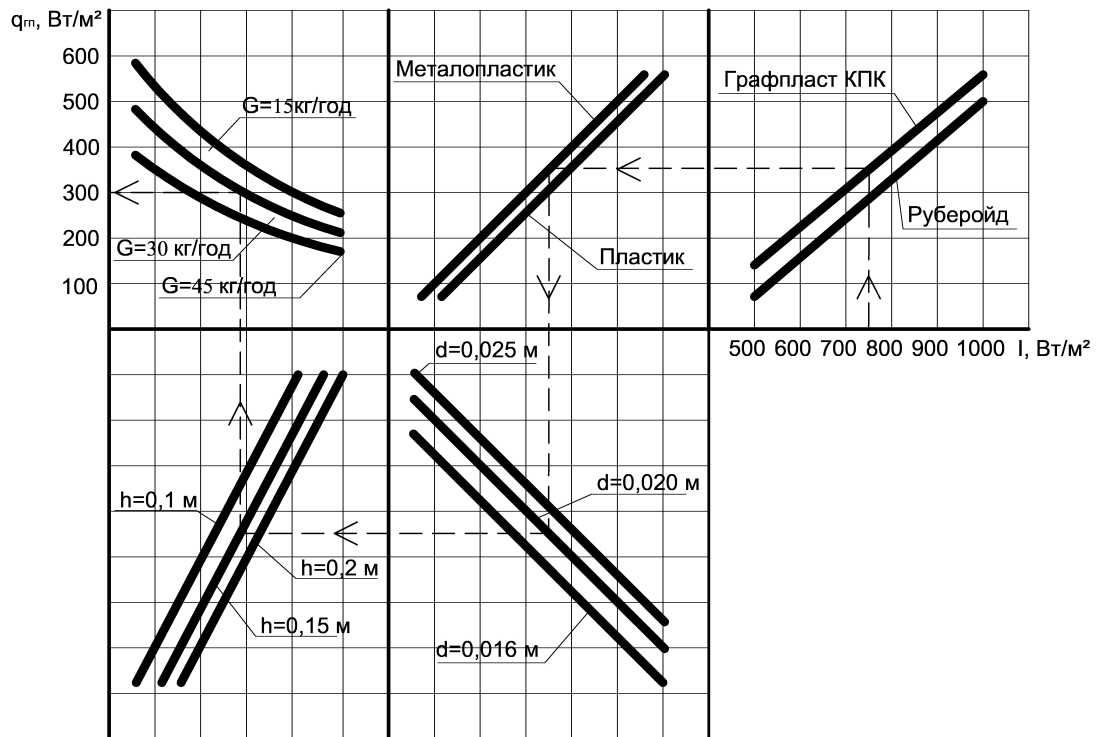


Рис. 2.30. Номограма залежності питомої теплової потужності $q_{\text{тп}}$ від конструктивних особливостей ГП

2.7. Висновки до розділу 2

1. Розроблено математичну модель надходження сонячної енергії на геліопанель та отримано залежність річного надходження сонячної радіації на геліопанель від азимутального кута γ і кута нахилу поверхні β ($Q_{\text{дi}} = f(\beta, \gamma)$).

2. Отримано аналітичну залежність для визначення температури теплоносія в регістрі трубок, в товщині масиву між трубками та на поверхнях напроти трубок.

3. Оскільки теоретичними дослідженнями складно врахувати всі фактори, що впливають на роботу геліопанелі та системи сонячного теплопостачання в цілому, тому доцільно провести експериментальні дослідження.

4. Проведено лабораторні та натурні дослідження геліопанелей різних конструкцій та системи сонячного теплопостачання із запропонованими геліопанелями, які засвідчили їхню ефективність.

5. У результаті досліджень геліопанелей виявлено її раціональні конструктивні особливості, які становлять: діаметр трубок $d = 16$ мм, крок трубок $h = 0,1$ м.

6. Встановлено, що ефективність геліопанелі зменшується при збільшенні кроку трубок від $h = 0,1$ м до $h = 0,15$ м на 5 % та при зміні діаметру трубок від $d = 16$ мм до $d = 20$ мм ефективність зменшується на 3 %, а середня ефективність геліопанелі 50%.

7. Застосування сучасних покрівельних матеріалів та видів трубок дозволяє підвищити ефективність геліопанелі на 8 % порівняно з традиційними покрівельними матеріалами та трубками.

8. Розроблено схемні рішення геліопанелі та системи сонячного теплопостачання із використанням геліопанелей.

9. Запропоновано типоряд геліопанелей ширшого використання сонячної енергії в побуті.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Методика розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання

Для використання результатів, отриманих при виконанні магістерської роботи, пропонується метод розрахунку та алгоритм комп'ютерної програми розрахунку параметрів системи СТ.

Визначаються загальні теплові навантаження по місяцях:

$$Q_m^{zag} = Q_{c.o.} + Q_{z.v.}, \quad (3.1)$$

де $Q_{c.o.}$ – місячне теплове навантаження на систему опалення;

$Q_{z.v.}$ – місячне теплове навантаження на систему ГВП.

Річне загальне теплове навантаження:

$$Q_{річ}^{zag} = \sum_1^{12} Q_m^{zag}. \quad (3.2)$$

Теплопродуктивність геліопанелі впродовж дня:

$$Q_{zn} = F_{zn} [I\eta_o - K_{zn} (t_{ex} - t_n)], \quad (3.3)$$

де F_{zn} – площа поверхні ГП, м²;

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61			
Розроб.		Воронцов М.Г.						
Перевір.		Тарасенко М.Г.						
Консульт.		Тарасенко М.Г.						
Н. контр.		Коваль В.П.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

I – інтенсивність сонячної енергії, Вт/м²;

η_o – ефективний оптичний ККД геліопанелі;

K_{en} – загальний коефіцієнт тепловтрат геліопанелі, Вт(м²/К);

t_{ex} і t_n – температура теплоносія на вході в ГП і навколишнього повітря, К.

Інтенсивність потоку сонячної енергії, що надходить на довільно орієнтовану поверхню, обчислюється за формулою:

$$I = I_{np} + I_{роз}.$$

Інтенсивність прямої сонячної енергії на орієнтовану довільним чином поверхню:

$$I_{np} = I_m \cdot \cos \theta.$$

Косинус кута θ можна знайти із співвідношення:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \varphi \cos \alpha - \sin \delta \cos \varphi \sin \alpha \cos \gamma + \cos \delta \cos \varphi \cos \alpha \cos \tau + \\ & + \cos \delta \sin \varphi \sin \alpha \cos \gamma \cos \tau + \cos \delta \sin \alpha \sin \gamma \sin \tau. \end{aligned}$$

Схилення Сонця знаходиться по формулі :

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[2\pi \cdot \frac{(284 + N)}{365} \right], \quad (3.4)$$

де N – порядковий номер дня року (починаючи з 1, що відповідає 1-му січня).

Залежність для I_m :

$$I_m = 1085,46 - 194,10 \cdot \frac{1}{\sinh} + 11,36 \cdot \frac{1}{\sin^2 h}, \quad (3.5)$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док.м.	Пілпис	Лат		

де $1/\sinh$ – повітряна маса.

В свою чергу $\sinh$ знаходиться за формулою:

$$\sinh = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau. \quad (3.6)$$

Потік енергії для поверхні, нахиленої під кутом β до горизонтальної площини:

$$I_{\text{роз}} = I_{\text{с}} \cdot (1 - 0,0056 \cdot \beta). \quad (3.7)$$

Якщо дані про пряму і розсіяну енергію на горизонтальну поверхню беруться із відповідних довідників, то необхідний її перерахунок на поверхню ГП. Коефіцієнт перерахунку прямого питомого теплового потоку сонячної енергії, який надходить на 1 м^2 поверхні, що встановлена під деяким кутом до горизонту, можна визначити за формулою:

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta}{\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin \varphi \cdot \sin \delta}, \quad (3.8)$$

де φ – широта місця встановлення геліопанелі;

β – кут нахилу геліопанелі до горизонту;

δ – схилення Сонця;

ω – годинний кут.

Тоді загальна кількість енергії буде визначатись як:

$$q' = H_b R_b + H_d, \quad (3.9)$$

де H_b – надходження прямої сонячної енергії на горизонтальну поверхню;

H_d – надходження розсіяної сонячної енергії на горизонтальну поверхню.

Ефективність системи сонячного теплопостачання із геліопанелями:

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

$$\eta_{\text{CCT}} = 84,67 + 2400 \cdot G - 0,12 \cdot I_{\text{e}} + 1,08 \cdot G \cdot I_{\text{e}} + 5,4 \cdot 10^{-5} \cdot I_{\text{e}}^2 - 8 \cdot 10^{-4} \cdot G \cdot I_{\text{e}}^2. \quad (3.10)$$

Миттєвий ККД геліопанелі η :

$$\eta = K_R \cdot \left[(DA) - \frac{U_L \cdot (t_{\text{ex}} - t_{\text{н}})}{I} \right], \quad (3.11)$$

де K_R – коефіцієнт відводу тепла із геліопанелі;

(DA) – приведена ефективна поглинаюча здатність геліопанелі;

U_L – повний коефіцієнт тепловтрат, Вт/К;

t_{ex} – температура на вході в геліопанель, К;

$t_{\text{н}}$ – температура навколишнього повітря, К.

Формула для визначення ефективності геліопанелі, в залежності від інтенсивності випромінювання I_{e} , витрати теплоносія G , діаметру трубопроводів d та кроку трубопроводів h при покритті каучуко-графітовим складом Графпласт КПК й використанні трубок підлогового опалення PRANDELLI/TUBORAMA 02 STOP:

$$\eta_{\text{ck}} = 69,18 + 5532 \cdot G + (-12,43 - 924 \cdot G) \cdot (-1,78 + 9,7 \cdot h + 81,12 \cdot d + 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\text{e}}) + (0,76 + 68,4 \cdot G) \cdot (-1,78 + 9,7 \cdot h + 81,12 \cdot d + 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot I_{\text{e}})^2 \quad (3.12)$$

Температура теплоносія в геліопанелі за певний проміжок часу:

$$t_m = t_0 + \frac{I_{\text{заг}}}{\kappa_{\text{заг}}} \left(\frac{\kappa_{\text{заг}}}{mc} (T - T_o) - \left(\frac{\kappa_{\text{заг}}}{mc} \right)^2 \frac{(T - T_o)^2}{2} \right). \quad (3.13)$$

Кількість теплової енергії, що виробляє геліопанель впродовж дня, визначається як сума середньогодинної теплопродуктивності:

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

$$Q_{\Sigma}^{\partial} = \sum Q_{\Sigma n}.$$

Річна теплопродуктивність геліопанелей визначається як сума середньоденних усереднених за місяць теплопродуктивностей Q_{CCT}^{pic} , ГДж/рік:

$$Q_{CCT}^{pic} = \sum Q_{\Sigma n}^{\partial} \cdot \kappa_{втр}, \quad (3.14)$$

де $\kappa_{втр}$ – коефіцієнт, що враховує недоотримання сонячної енергії в результаті хмарності та тепловтрат в системі СТ.

Площа геліопанелей визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_{\Sigma}^{\partial}}{\sum_n q_i}, \quad (3.15)$$

де $\sum_n q_i$ – місячний питомий тепловий потік, що отримує система сонячного теплопостачання.

Коефіцієнт заміщення традиційної енергії сонячною:

$$f = \frac{Q_{CCT}^{pic}}{Q_{заг}^{pic}}. \quad (3.16)$$

Питома вартість теплової енергії від системи СТ C_c , визначається за формулою:

$$C_c = (EK_c + C_e)/Q_{CCT}^{pic}, \text{ грн/ГДж}, \quad (3.17)$$

де K_c – капітальні затрати на систему сонячного теплопостачання, грн;
 C_e – річні експлуатаційні затрати, грн/рік.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

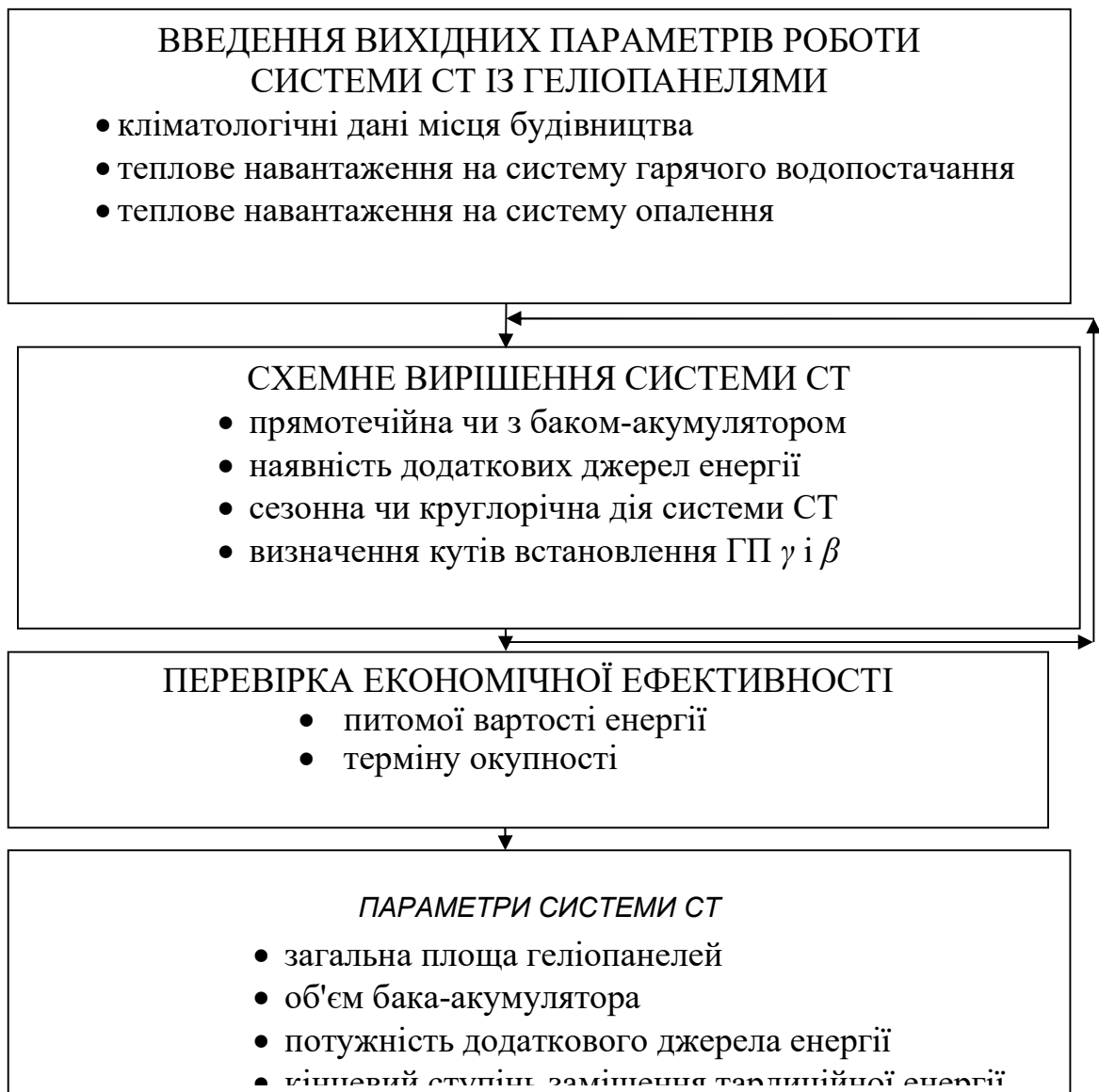


Рис. 3.1. Алгоритм розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання

3.2. Програма розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання з геліопокрівлею

coding: utf-8 -*-

```
from future import division
import sys, os
import datetime as dt
import math
```

```
from PyQt4 import __path__ as pyqt_path
from PyQt4 import QtCore, QtGui
```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		


```

#vbox.setMargins(0, 0, 0, 0)

tView = QtGui.QTableView(contentWidget)
#print tView.selectionBehavior
tView.setSelectionBehavior(QtGui.QAbstractItemView.SelectRows)
tView.setAlternatingRowColors(True)
vbox.addWidget(tView)

self.__remove_currowButton = QtGui.QPushButton(u'Видалити виділений запис')
self.__remove_currowButton.hide()
#self.__remove_currowButton.clicked.connect(self.removeSelectedRow)
vbox.addWidget(self.__remove_currowButton)

outdataSplitter.addWidget(contentWidget)

graphWidget = GChGraphWidget(ChStaticMplCanvas(),
ttoolbar=toolbar_type.NAVIGATION_TOOLBAR, parent=outdataSplitter) outdataSplitter.addWidget(graphWidget)

self.out_content[coating] = ([], tView, graphWidget.canvas) palette = outdataSplitter.palette()
if coating == 'opaque':
    tView.setModel(CalcTableModel([[u" for h in header_2],],
                                header_2, tView))
    palette.setColor(QtGui.QPalette.Background, QtGui.QColor('#ffd685'))
    #outdataSplitter.setStyleSheet(ur'QSplitter {background-color: ;}')
    tableTabWidget.addTab(outdataSplitter,
                           и'Геліопокрівля з непрозорим покриттям') if
coating == 'transparent':
    tView.setModel(CalcTableModel([[u" for h in header_1],],
                                header_1, tView))
    palette.setColor(QtGui.QPalette.Background, QtGui.QColor('#b8e6b8'))
    #outdataSplitter.setStyleSheet(ur'QSplitter {background-color: #b8e6b8;}')
    tableTabWidget.addTab(outdataSplitter,
                           и'Геліопокрівля з прозорим покриттям')

tView.resizeColumnsToContents()
outdataSplitter.setPalette(palette)

#main_grid.addWidget(tableTabWidget, 3, 0, 1, 2) main_splitter.addWidget(tableTabWidget)

self.setWindowTitle(u'Розрахунок параметрів системи сонячного \ тепlopостачання з
геліопокрівлею')
# -----

def create_calc(self):

    self.__newCalcWidget = NewCalcWidget(self)

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піліпис	Лат		

```

self. __areaWidget = QtGui.QScrollArea(self)
#self. __areaWidget.setHorizontalScrollBarPolicy(QtCore.Qt.ScrollBarAlwaysOff)
self. __areaWidget.setWidgetResizable(True)
self. __areaWidget.setMinimumHeight(200)
self. __areaWidget.setWidget(self. ____ newCalcWidget)
self. __areaWidget.setMinimumWidth(self. ____ newCalcWidget.frameSize().width()+\
    self. __areaWidget.verticalScrollBar().width())

self. __calc_controls_widget.layout().addWidget(self. ____ areaWidget)
#self.layout().addWidget(self. ____ areaWidget, 1, 0, 1, 2)

self. __new_calcButton.hide()
self. __add_tableButton = QtGui.QPushButton(u'Додати в таблицю')
self. __newCalcWidget.calcCompletedEvent[bool].connect(
    self. __add_tableButton.setEnabled)
self. __add_tableButton.setEnabled(self. ____ newCalcWidget.isCalcSuccessfully())
self. __add_tableButton.clicked.connect(self.add_record)
self. __calc_controls_widget.layout().addWidget(self. ____ add_tableButton)
#self.layout().addWidget(self. ____ add_tableButton, 2, 0, 1, 2)
#-----
def removeSelectedRow(self):

    cover_type = str(self. ____ newCalcWidget.activeCoverType())
    content_list, content_tView, content_graph = self. ____ out_content[cover_type]
    print dir(content_tView)
    #content_list.remove()
    #-----

def data_table(self, data, header):
    self. __tdata_model = CalcTableModel(data, header,
                                         self. ____ dataTableView)
    self. __dataTableView.setModel(self. ____ tdata_model)
    self. __dataTableView.resizeColumnsToContents()

    self. __graphMplCanvas.to_plot(data, header)
#-----
def add_record(self):
    data = self. __ newCalcWidget.values()
    cover_type = str(self. ____ newCalcWidget.activeCoverType())
    content_list, content_tView, content_graph = self. ____ out_content[cover_type]
    content_list.append(data)
    header_names = content_tView.model().headerColumnNames()
    content_tView.setModel(CalcTableModel(content_list, header_names,
                                         content_tView))
    content_tView.resizeColumnsToContents()

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

```

if cover_type == 'opaque':
    cover_type_title = и'з непрозорим покриттям' elif
cover_type == 'transparent':
    cover_type_title = и'з прозорим покриттям'
content_graph.to_plot([(d[0], d[-1]) for d in content_list],
[header_names[-1]], cover_type_title)

self.__calc_controls_widget.layout().removeWidget(self. _____ newCalcWidget)
self.__newCalcWidget.deleteLater()
self.__calc_controls_widget.layout().removeWidget(self. _____ areaWidget)
self.__areaWidget.deleteLater()
self.__calc_controls_widget.layout().removeWidget(self. _____ add_tableButton)
self.__add_tableButton.deleteLater()

self. new_calcButton.show()
# class NewCalcWidget(QtGui.QWidget):

calcCompletedEvent = QtCore.pyqtSignal([bool], name='calcCompletedEvent')
# -----
def isCalcSuccessfully(self): return
    self. _____ isCalcSuccessfully
# -----
def activeCoverType(self):
    return self. __selected_cover_type
# -----
def cover_typeChanged(self, event):
    self.__selected_cover_type = self.sender().itemData(self.sender().\
currentIndex()).toString()

if self.__selected_cover_type == 'opaque':
    self.__prime_alphaGChNumEdit.setEnabled(False)
if self.__selected_cover_type == 'transparent':
    self.__prime_alphaGChNumEdit.setEnabled(True)

self.calculation()
# -----
def __init__(self, parent):

    super(NewCalcWidget, self).__init__(parent=parent)

    self.__isCalcSuccessfully = False main_flt =

    QtGui.QFormLayout(self) self. hourGChNumEdit =

    GChNumEdit()
    main_flt.addRow(и'4ас розрахунку, год:', self. _____ hourGChNumEdit)

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

```

self.__cover_typeComboBox = QtGui.QComboBox()
self.__cover_typeComboBox.addItem('прозорим')
self.__cover_typeComboBox.addItem('непрозорим')

self.__cover_typeComboBox.currentIndexChanged[int].connect(self.cover_typeChanged)
main_flt.addRow('Наявність світлопрозорого захищення:', self.
    __cover_typeComboBox)

self.__tauGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__tauGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Коефіцієнт пропускання сонячного випромінювання \ прозорим
покриттям, <font size="+2"> $\tau$ </font>:', self.
    __tauGChNumEdit)
self.__prime_alphaGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__prime_alphaGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання \
теплопоглиначем, <font size="+2"> $\alpha_p$ </font>:', self.
    __prime_alphaGChNumEdit)

self.__Q_hor_earthGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__Q_hor_earthGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Кількість сонячної енергії, яка поступає на \ горизонтальну
поверхню на землі за місяць, <font size="+2"> $Q$ </font>, \ МДж/м²</font>:', self.
    __Q_hor_earthGChNumEdit)

self.__phiGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__phiGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Широта місцевості, <font size="+2"> $\phi$ </font>, \ ° пн.ш.:', self.
    __phiGChNumEdit)

self.__monthGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__monthGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Розрахунковий місяць:', self.
    __monthGChNumEdit)

self.__E_rGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__E_rGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Кількість розсіяного сонячного випромінювання, \ яка поступає на
горизонтальну поверхню, <font size="+2"> $E_r$ </font>, \ МДж/м²</font>:', self.
    __E_rGChNumEdit)

self.__t_inGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__t_inGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Температура теплоносія на вході в геліопокрівлю, \
<font size="+2"> $t_{in}$ </font>, \ °C:', self.
    __t_inGChNumEdit)

self.__t_zGChNumEdit = GChNumEdit()
self.__t_zGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow('Температура зовнішнього повітря, \

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

```

<font size="+2">t<sub>3</sub></font>, &deg;C:', self, t zGChNumEdit)

self. _ E_GChNumEdit = GChNumEdit()
self. _ E_GChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow(u'Сумарна кількість сонячної енергії, яка поступає \ на горизонтальну
поверхню геліопокрівлі за годину, <font size="+2">E</font>, \ Bт&frasl;M<sup>2</sup>:', self.
E GChNumEdit)

self. _ alphaGChNumEdit = GChNumEdit()
self. _ alphaGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow(u'Кут падіння теплового потоку по горизонталі, \
<font size="M+2M">&alpha;</font>, &deg;:', self. _ alphaGChNumEdit)

self. _ betaGChNumEdit = GChNumEdit()
self. _ betaGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow(u'Кут падіння теплового потоку по вертикалі, \
<font size="+2">&beta;</font>, &deg;:', self. _ betaGChNumEdit)

self. _ F_GChNumEdit = GChNumEdit()
self. _ F_GChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow(u'Площа поверхні геліопокрівлі, <font size="+2">F</font>, \
M<sup>2</sup>:', self. _ F_GChNumEdit)

self. _ K_gGChNumEdit = GChNumEdit()
self. _ K_gGChNumEdit.valueChanged[float].connect(self.calculation)
main_flt.addRow(u'Загальний коефіцієнт тепловтрат геліопокрівлі, \
<font size="M+2M">K<sub>г</sub></font>, Bт&frasl;(M<sup>2</sup>&sdot;K):', self.
_ K_gGChNumEdit)

main_flt.addRow(HStaticLine(self))

self. _ eta_roofGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f")
main_flt.addRow(u'Оптичний ККД геліопокрівлі з прозорим покриттям, \
<font size="+2">&eta;<sub>о</sub></font>:', self. _ eta_roofGChNumLabel)

self. _ K_jGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f")
main_flt.addRow(u'Коефіцієнт яскравості, <font size="M+2M">K<sub>я</sub></font>:', self.
_ K_jGChNumLabel)

self. _ mGChNumLabel = GChNumLabel("%d")
main_flt.addRow(u'Порядковий номер дня в році станом на 15 число \ кожного
місяця, <font size="+2">m</font>:', self. _ mGChNumLabel)

self. _ deltaGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f")
main_flt.addRow(u'Схилення Сонця в середній день місяця, \
<font size="+2">&delta;</font>, &deg;:', self. _ deltaGChNumLabel)

self. _ gammaGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f")

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піппис	Лат		

```

main_ft.addRow(u'Кут нахилу геліопокрівлі, <font size="+2">&gamma;</font>, \ &deg;:', self.
_____ gammaGChNumLabel)

self.__ omega_zGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Часовий кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної \ поверхні,
<font size="+2">&omega;<sub>з</sub></font>, &deg;:', self. _____ omega_zGChNumLabel)
self. R pGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого \ сонячного
випромінювання з горизонтальної на похилу поверхню, \
<font size-^^R^ub^^subx/font^', self. R pGChNumLabel)

self. R GChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Відношення середньомісячної денної кількості сонячної \ радіації, яка
надходить на горизонтальну та похилу поверхню, \
<font size="+2">R</font>:', self. R GChNumLabel)

self.__ P_GChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Параметр, <font size="+2">P</font>:', self. _____ P_GChNumLabel)

self.__ E_gGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Кількість сонячної енергії, яка поступає \ на 1
M<sup>2</sup> площі геліопокрівлі за годину, <font size-
^^E^ub^^subx/font^ \
Bt&frac;M<sup>2</sup>:', self. E_gGChNumLabel)

self.__ K_efGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Коефіцієнт ефективності геліопокрівлі, \
<font size="+2">K<sub>еф</sub></font>:', self. _____ K_efGChNumLabel)

self.__ qGChNumLabel = GChNumLabel("%.2f)
main_ft.addRow(u'Питома теплопродуктивність геліопокрівлі, \
<font size="+2">q<sub>і</sub></font>, Bt&frac;M<sup>2</sup>:', self.
_____ qGChNumLabel)

self.__ Q_gGChNumLabel = GChNumLabel("%d')
main_ft.addRow(u'Теплова потужність геліопокрівлі, \
<font size="+2">Q<sub>і</sub></font>, Bt:', self. _____ Q_gGChNumLabel)

self.__ cover_typeComboBox.setCurrentIndex( 1)
# -----
def values(self):
data = [self. __ hourGChNumEdit.value(), self. _____ tauGChNumEdit.value(),
self. __ eta_roofGChNumLabel.value(), self. _____ Q_hor_earthGChNumEdit.value(),
self. __ phiGChNumEdit.value(), self. _____ mGChNumLabel.value(),
self. __ deltaGChNumLabel.value(), self. _____ E_rGChNumEdit.value(),
self. __ K_jGChNumLabel.value(), self. _____ gammaGChNumLabel.value(),
self. __ omega_zGChNumLabel.value(), self. __ R_pGChNumLabel.value(),

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піліпис	Лат		

```

self.__R_GChNumLabel.value(), self.__t_inGChNumEdit.value(),
self, t zGChNumEdit.value(), self. _____ P_GChNumLabel.value(),
self.__E_GChNumEdit.value(), self.__E_gGChNumLabel.value(),
self.__alphaGChNumEdit.value(), self. _____ betaGChNumEdit.value(),
self.__K_efGChNumLabel.value(), self. _____ qGChNumLabel.value(),
self.__K_gGChNumEdit.value(), self. _____ F_GChNumEdit.value(),
self.__Q_gGChNumLabel.value()]

```

```

if self.__selected_cover_type == 'transparent':
    data.insert(2, self. _____ prime_alphaGChNumEdit.value())

```

```

return data

```

```

# -----

```

```

def calculation(self):

```

```

    иГ"Розрахунок значень
    М1

```

```

    try:

```

```

        #cover_type = self. _____ cover_typeComboBox.itemData(
        # self. _____ cover_typeComboBox.currentIndex()).toString()
        #self. _____ calc_hour = self. _____ hourGChNumEdit.value()
        tau = self. _____ tauGChNumEdit.value()
        if self.__selected_cover_type == 'opaque':
            eta_o = tau
        elif self.__selected_cover_type == 'transparent':
            prime_alpha = self. _____ prime_alphaGChNumEdit.value()
            eta_o = tau * prime_alpha

```

```

        self. _ eta_roofGChNumLab el.setNum(eta_o)

```

```

        Q_hor_earth = self. _____ Q_hor_earthGChNumEdit.value()
        K_j = Q_hor_earth / 1353
        self. _ KjGChNumLabel.setNum(Kj)
        phi = self. _____ phiGChNumEdit.value()
        rad = 180 / math.pi

```

```

        m_values = (15, 46, 74, 105, 135, 166, 196, 227, 258, 288, 319, 349)
        delta_x = lambda m_x: 23.5*math.sin((284+m_x)/365*360/rad)
        delta_m = sum([delta_x(m_x) for m_x in m_values[2:10]]) / 8

```

```

        month = int(self. _____ monthGChNumEdit.value())
        m = m_values[month-1]
        self. _ mGChNumLabel.setNum(m)

```

```

        delta = delta_x(m)
        self. _ deltaGChNumLabel.setNum(delta)

```

```

        gamma = phi - delta_m

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Пілпис	Лат		

```

self. _ gammaGChNumLabel.setNum(gamma)

omega_z_1 = rad * math.acos(-math.tan(phi/rad)*math.tan(delta/rad))
omega_z_2 = rad * math.acos(-math.tan((phi-gamma)/rad)*\
    math.tan(delta/rad))
omega_z = min(omega_z_1, omega_z_2)
self. _ omega_zGChNumLabel.setNum(omega_z)

R_p = (math.cos((phi-gamma)/rad)*math.cos(delta/rad)*\
    math.sin(omega_z/rad) + omega_z/rad*\ math.sin((phi-
gamma)/rad)*math.sin(delta/rad)) /\
    (math.cos(phi/rad)*math.cos(delta/rad)*math.sin( omega_z/rad) +
omega_z/rad*math.sin( phi/ rad) *math.sin(delta/rad)) self. R
pGChNumLabel.setNum(R_p)

E_r = self. __ E_rGChNumEdit.value()
rho = 0.2 if 3 < month < 11 else 0.7

R = (1-E_r/Q_hor_earth)*R_p + E_r/Q_hor_earth*\
    (1+math.cos(gamma/rad))/2 + rho*(1+math.cos(
gamma/rad))/2
self. R GChNumLabel.setNum(R)

t_in = self. __ t_inGChNumEdit.value() t_z
= self. __ t_zGChNumEdit.value()

P = (t_in - t_z) / K_j
self. _ P_GChNumLabel.setNum(P)

E = self. E GChNumEdit.value()
E_g = R * E
self. _ E_gGChNumLabel.setNum(E_g)

alpha = self. __ alphaGChNumEdit.value()
beta = self. __ betaGChNumEdit.value()

#print E_g, beta, alpha

if self. __ selected_cover_type == 'opaque':
    K_ef = (0.3588-0.0001*E_g) + (-0.0007+8.5*10**(-6)*E_g)*\ beta +
        (0.0003+1.1667*10**(-6)*E_g)*alpha + \ (3.75*10**(-5)-
        4.1667*10**(-8)*E_g)*beta*\ alpha
elif self. __ selected_cover_type == 'transparent':
    K_ef = (0.4413-0.0002*E_g) + (-0.0006+7.1667*10**(-6)*E_g)*\ beta + (-
        0.0016+7*10**(-6)*E_g)*alpha + \ (4.0001*10**(-5)-7.7778*10**(-
        8)*E_g)*beta*\

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піліпис	Лат		

```

        if K_ef > 1.0: K_ef = 1.0
        self. __K_efGChNumLab el.setNum(K_ef)

        a = 10.7*10**(-3); b = 29.3*10**(-6) q g =
        E_g*eta_o*(1-a*P + b*P**2)*K_ef self.
        _____qGChNumLabel.setNum(q_g)

        K_g = self. _____ K_gGChNumEdit.value()
        F = self. _____ F GChNumEdit.value()
        Q_g = F*(E_g*eta_o - K_g*(t_in-t_z)) self.
        _____Q_gGChNumLabel.setNum(Q_g)

        self.calcCompletedEvent[bool] .emit(True)
        self. __isCalcSuccessfully = True

    except Exception as err:
        self.calcCompletedEvent[bool].emit(False) self.
        _____isCalcSuccessfully = False

        for numLabel in self.children():
            if isinstance(numLabel, GChNumLabel): numLabel.error() # print
            err #self.incorect()

# class CalcTableModel(QQtCore.QAbstractTableModel):
# -----
def __init__(self, data, header, parent=None, *args):
    super(CalcTableModel, self). __init__(parent, *args)
    self. _ data = data
    self. _ header = header
# -----
def headerColumnNames(self):
    return self. _ header
#-----
def rowCount(self, parent):
    return len(self. _ data)
# -----
def columnCount(self, parent):
    return len(self. _ data[0])
# -----
def data(self, index, role): if not
index.isValid(): return
QtCore.QVariant()
# elif role == QtCore.Qt.BackgroundColor:
#     if index.column() % 2 == 0:
#         return QtGui.QBrush(QtGui.QColor(255, 255, 255))
#     else:
#         return QtGui.QBrush(QtGui.QColor(255, 255, 225))

```

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

elif role == QtCore.Qt.ForegroundRole:
    return QtGui.QColor(ChMC.colors.get_col or_(index.column()))

elif role == QtCore.Qt.TextAlignmentRole:
    return QtCore.Qt.AlignCenter elif role !=
QtCore.Qt.DisplayRole: return
QtCore.QVariant()

return QtCore.QVariant(self.____data[index.row()][index.column()])
# -----
def headerData(self, index, orientation, role):
    if orientation == QtCore.Qt.Horizontal and role == QtCore.Qt.DisplayRole:
        return QtCore.QVariant(self.____header[index])
    if orientation == QtCore.Qt.Vertical and role == QtCore.Qt.DisplayRole: return
        QtCore.QVariant(index+1)

# print column.data(QtCore.Qt.UserRole).isValid()

if role == QtCore.Qt.ForegroundRole and orientation == QtCore.Qt.Horizontal: return
    QtGui.QColor(ChMC.colors.get_col or_(index))
    #for n in xrange(SENSORS_MAX_COUNT):
    #    if column == n + 3:
    #        pass#return QtGui.QColor(*M_COLORS[n])
    return QtCore.QVariant()
# if __name__ == '__main__':
app = QtGui.QApplication(sys.argv)
translator = QtCore.QTranslator() for
pth in pyqt_path:
    if sys.exec_prefix in pth and 'site-packages' in pth:
        # Завантаження українського перекладу для стандартних системних
        # назв Qt.
        translator.load(u'qt_uk'#, os.path.join(pth, u'translations')) break
app.installTranslator(translator)
app.setWindowIcon(QtGui.QIcon(u'refresh-icon2.png'))
main_window = SolarRoof() main_window.show()
sys.exit(app.exec_())

```

3.3. Висновки до розділу 3

На основі теоретичних та експериментальних досліджень із застосуванням відомих методів розрахунку систем сонячного теплопостачання створено методику та алгоритм розрахунку системи сонячного

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док.м.	Піліпис	Лат		

теплопостачання із геліопанелями, а також побудовано залежність, що дозволяє знайти кількість отриманої теплової енергії при різних варіантах застосування сучасних матеріалів у запропонованій конструкції теплогеліопанелі.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док.м.	Піліпис	Лат		

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Техніко-економічний аналіз ефективності застосування геліо-покрівлі

Техніко – економічний аналіз необхідний для визначення техніко-економічної ефективності приладів на стадії їх проектування.

Техніко-економічна ефективність приладів – це їх об’єктивна оцінка і аналіз з метою встановлення мінімальних вимог, необхідних для розробки і виготовлення нормально функціонуючих пристроїв при найменших сумарних затратах і при покращенні (без погіршення) основних параметрів цих приладів.

Ефект від впровадження нової техніки не можна визначити тільки економічними показниками. Навіть коли ефект від покращення деяких технічних параметрів може бути виражений економічними показниками (собівартістю, експлуатаційними витратами), не можна обмежуватись визначенням тільки останніх, тому що виконання ряду технічних показників настільки важливо (особливо для приладів і пристроїв), що це може бути досягнуто за рахунок погіршення економічних показників. При визначенні економічного ефекту (економічних показників) важливо визначити його джерело, тобто той технічний параметр, який обумовлює цей ефект. Якщо змінився такий показник, як економія на витратах виробництва, то важливо знати, зміною якого технічного параметру це викликано.

Для характеристики ефекту, одержаного від впровадження нової конструкції, використовуємо термін економічної ефективності, або впровадження цього виду техніки не можна визначити тільки економічними

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

показниками.

Для пристроїв, що є засобами праці, покращення технічних параметрів визначається з економічних міркувань, якщо виключити вимоги до тих експлуатаційних параметрів, завдяки яким забезпечується безпека праці або покращення умов роботи.

Покращення якого-небудь технічного параметра, що супроводжується збільшенням затрат виробництва, є доцільним, якщо витрати на експлуатацію, що визначається цим параметром, зменшуються так, що сумарна економія стає більшою нуля.

Послідовність розрахунку впровадження автоматичної системи електропостачання:

1. Розрахунок капітальних вкладень (інвестицій).
2. Розрахунок експлуатаційних витрат.
3. Розрахунок економічної ефективності проекту.

Сьогодні з кожним роком зменшуються запаси корисних копалин, зростає їх вартість, що призводить до паливного дефіциту. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання відновлювальних джерел енергії, особливо нетрадиційних. До них можна віднести сонячну енергію, енергію біомаси, гідротермальну, припливну та інші джерела низькопотенційного тепла. Використання відновлювальних джерел тепла призводить до економії традиційних дорогих джерел енергії і покращує екологічний стан навколишнього середовища. Як відомо потенціальні можливості сонячної енергетики є надзвичайно великими. Використання близько 2% кількості енергії Сонця могло б забезпечити всі сьогоdnішні потреби світової енергетики. Один із ефективних і широко розповсюджених в світі способів виробництва енергії - це перетворення сонячного випромінювання в теплоту'.

За підрахунками фахівців, на території України річні потенційні енергетичні ресурси Сонця для забезпечення гарячого водопостачання й опалення можуть складати до 28 кВт·год/ м² теплової енергії. Реалізація такого

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

потенціалу могла б заощадити 3,4 млн т умовного палива на рік. В середньому на територію України за рік поступає приблизно 1200 кВт·год сонячної енергії, що приблизно відповідає енергоемності 120 м³ природного газу.

Ціни на енергоносії постійно зростають, тому дуже вигідним є використання геліоустановок для гарячого водопостачання житлових та громадських будівель. На сьогоднішній день актуальним є зменшення вартості сонячних колекторів, спрощення їх конструкції та зниження терміну окупності системи сонячного теплопостачання. Тому було запропоновано використовувати геліопокрівлю, особливістю якої є те, що її теплопоглинач виконаний з покрівельного матеріалу будівлі. Важливим є провести оцінку економічного ефекту від використання геліопокрівлі.

4.2. Розрахунок економічного ефекту від використання геліопокрівлі

Для оцінки економічного ефекту від використання геліопокрівлі було обрано механічну систему сонячного теплопостачання з геліопокрівлею в якій трубки контуру циркуляції розташовані над поглиначем сонячної енергії. Геліопокрівля дозволяє ефективно використовувати тепло покрівельного матеріалу будівлі. Верхнє розташування трубок для теплоносія забезпечує підвищення ефективності геліосистеми за рахунок збільшення площі поглинання сонячної енергії.

Сонячне проміння попадає на поглинач сонячної енергії та трубки для теплоносія. При цьому відбувається їх нагрівання. За рахунок різниці температур, та відповідно різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків створюється циркуляція теплоносія. Нагрітий теплоносій через подаючий трубопровід подається у бак- акумулятор гарячої води. Нагріта вода через патрубков подається споживачу. Охолоджений теплоносій по зворотньому трубопроводу повертається у геліопокрівлю. і нагрівається. Спуск води з бака-акумулятора відбувається через патрубков. Випуск повітря - через пові-

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Піліпис	Лат		

тровнпускний клапан. Теплоізоляційний шар забезпечує зменшення тепловтрат. Розміщення шару променевідбиваючого матеріалу під теплополиначем дає можливість збільшити ефективність використання сонячного випромінювання, частина якого пройшла повз теплопоглинач. Шар променевідбиваючого матеріалу відбиває сонячне випромінювання назад на теплопоглинач. в результаті чого теплопоглиначем поглинається практично все сонячне випромінювання яке потрапляє на геліопокрівлю.

В холодний період року, коли енергії Сонця не вистачає для повного нагрівання води на систему теплопостачання доцільним є встановлення додаткового джерела тепла, наприклад газового котла чи теплового насосу, які догрівають воду до заданої температури. Використання таких комбінованих систем є конкурентним порівняно з традиційними системами теплопостачання.

Для економічного порівняння геліопокрівлі із звичайним сонячним колектором було обрано двохповерховий житловий будинок, розташований у м. Львові.

Характеристика будинку:

- *житлова площа будинку: 120 м ,*
- *кількість людей, які проживають у будинку: 4 особи:*
- *навантаження на систему гарячого водопостачання: 0,78 кВт.*

На 1-му поверсі рис4.1 розташована - кухня, вітальня, ванна. В кухні розташований ємнісний водонагрівач, та геліонасосний вузол. Для нагрівання та акумуляції води на першому поверсі розміщено ємнісний водонагрівач Vitocell 100-U з об'ємом 300 л, який виконує функції теплообмінника і подає гарячу воду до споживачів. Допоміжний елемент системи - циркуляційний насос Wilo Staitos-Z 40 1-12 який забезпечує циркуляцію системи з урахуванням загальної витрати і втрат тиску в системі.

Енергія Сонця інтенсивно поглинається покрівельним матеріалом будівлі рис.4,2 та трубками контуру циркуляції, які передають тепло солярному розчину. Останній за допомогою циркуляційного насоса подається в ємнісний

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

водонагрівач і через спіральний теплообмінник нагріває холодну воду до необхідної температури, яка задається блоком керування системою.

Якщо температура води в ємності досягає заданого значення, то насос солярної станції виключається і циркуляція припиняється, щоб не допустити перегрівання ємнісного водонагрівача.

Якщо поглинутої енергії Сонця не вистачає для повного нагрівання води (похмурі дні), то використовується накопичена в ємності водонагрівача тепла вода. У холодну пору року, коли енергії Сонця постійно не вистачає для повного нагрівання водії, то блок керування системою підключає газовий котел, який догріває воду до заданої температури.

Для економічного порівняння геліопокрівлі та звичайного сонячного коелктора встановлено два варіанти системи гарячого водопостачання:

- I варіант - система гарячого водопостачання з використання сонячних колекторів фірми Viessmann: «Vitosol 100F»:

- II варіант - система гарячого водопостачання з використання геліопокрівлі.

Для забезпечення потреб гарячого водопостачання необхідно встановити 6 м² сонячних колекторів фірми Viessmann: «Vitosol 100F» або 9 м² геліопокрівлі.

Кошторисна вартість встановлення системи гарячого водопостачання з використання сонячних колекторів фірми Viessmann: «Vitosol 100F» становить 44,54 тис. грн., а вартість системи гарячого водопостачання з використання геліопокрівлі – 21,13 тис. грн.

Порівняння варіантів здійснюється по приведених річних витратах. Найкращим з них є той варіант, в якому приведені річні витрати є мінімальними.

Приведені річні витрати визначались за формулою:

$$П = C + E_n \cdot K, \quad (4.1)$$

де Π - річні приведені витрати, тис. грн рік: C - експлуатаційні річні

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док.ум.	Підпис	Лат		

витрати, тис. грн рік: E_n - нормативний коефіцієнт: $E_n = 0,12$; K - капітальні вкладення або кошторисна вартість, тис. грн.

Річні експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$C = A + P + I + Z, \quad (4.2)$$

де A - амортизаційні відрахування, тис. грн/рік; P - затрати на поточний ремонт, тис. грн/рік; Z - заробітна плата обслуговуючого персоналу, тис. грн/рік; I - інші витрати, тис. грн/рік.

Відрахування на амортизацію (H), капітальний ремонт ($A_{кр}$) і повне відновлення ($A_{пв}$) усереднено приймаються в розмірі 8% від кошторисної вартості для внутрішнього водопостачання, грн/рік:

$$A_{I,II} = 0,08 \cdot B_{пв}, \quad (4.3)$$

Витрати на поточний ремонт залежать від змінності роботи систем, агресивності середовища, в якому вони працюють, грн/рік:

$$P_{I,II} = 0,03 \cdot B_{пв}, \quad (4.4)$$

Визначення витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуються за формулою:

$$Z_{I,II} = C_{роб} \cdot C_{год} \cdot G, \quad (4.5)$$

$C_{роб}$ - середня кількість робітників, які обслуговують систему гарячого водопостачання; $C_{год}$ - середньогодинна заробітна плата одного робітника з нарахуваннями 13,6 грн/год; G - кількість годин, які працює робітник в місяць:

Величина інших витрат приймається в розмірі 30% суми амортизаційних відрахувань, витрат на поточний ремонт і заробітну плату обслуговуючого персоналу.

$$I = 0,3 \cdot (A + P + Z), \quad (4.6)$$

При порівнянні з допомогою приведених затрат вибирається варіант з меншим їх значенням:

$$\Pi_i = C_i + E_n \cdot K_i \Rightarrow \min., \quad (4.7)$$

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док-м.	Підпис	Лат		

Отримані результати показано у таблиці.

Таблиця 4.1.

Економічне порівняння звичайного сонячного колектора та геліопокрівлі

Показник	Система гарячого водопостачання з використанням	
	сонячних колекторів Viessmair: «Vitosol 100F»	Геліопокрівля
Відрахування на амортизацію. капітальний ремонт і повне відновлення, тис. грн рік	3,56	1,69
Витрати на поточний ремонт, тис. грн рік	1,34	0,63
Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, тис. грн рік	3,22	5,22
Інші витрати, тис. грн рік	3,04	2,26
Експлуатаційні витрати, тис. грн рік	13,16	9,80
Приведені річні витрати, тис. грн рік	18,51	12,34
Термін окупності, років	11,3	5,9

4.3. Висновки до розділу 4

Приведені затрати системи сонячного теплопостачання з використанням геліопокрівлі становлять 12,34 тис. грн. що є на 33% меншими, ніж витрати на систему гарячого водопостачання з використанням сучасних сонячних колекторів. Ці дані свідчать про високу ефективність геліопокрівлі та можливість її широкого застосування у системах сонячного теплопостачання.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці та техніка безпеки при будівництві та експлуатації систем опалення

5.1.1. Охорона праці та техніка безпеки при монтажі систем опалення

До початку монтажних робіт встановлюється готовність об'єкта до монтажу трубопроводів, приладів та обладнання. Приймання об'єкту до монтажу систем опалення оформляється актом встановленої форми, яку підписує представник генпідрядника, який виконує будівельні роботи з однієї сторони (майстер), і представник організації, який виконує спеціалізовані роботи з іншої сторони (прораб, інженер групи підготовки виробництва).

Об'єкт можна вважати готовим до монтажу систем опалення якщо в ньому виконані наступні роботи:

- змонтоване міжповерхову перекриття і сходові марші;
- пробиті отвори в стінах та перекриттях, підготовлені канали для прокладання трубопроводів;
- оштукатурені ніші та ділянки стін в місцях встановлення опалювальних приладів і прокладання трубопроводів;
- встановлені віконні коробки та підвіконні дошки;
- підведені електросилові лінії для підключення механізмів та електроінструментів;
- засклені віконні пройми та утеплені приміщення при виконанні робіт осінньо-зимовий період.

Крім того, до початку монтажних робіт систем опалення необхідно виді-

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лити місце для складування матеріалів, сантехнічних заготовок і обладнання. Роботи по монтажу систем опалення повинні виконуватись в такій послідовності:

1. ознайомлення з проектною та технічною документацією;
2. розмітка місць прокладання трубопроводів;
3. комплектування матеріалів, трубозаготовок і виробів;
4. прокладання магістральних трубопроводів;
5. установка повітрозбірників;
6. встановлення опалювальних приладів;
7. прокладання стояків та підводок до опалювальних приладів, приєднання стояків до магістральних трубопроводів;
8. гідравлічне випробування трубопроводів;
9. перевірка на прогрів опалювальних приладів з регулюванням;
10. здача змонтованої системи замовнику.

При прокладанні та розмітці трубопроводів систем опалення не допускається відхилення по вертикалі більш ніж на 2 мм на 1 м довжини трубопроводу.

Нахил магістральних трубопроводів визначається проектом, але повинен бути не менше ніж 0,002 м в сторону руху води.

Врізка в опалювальні прилади виконується по напрямку руху теплоносія, який складає 5 - 10 мм на всю довжину. Якщо довжина врізки не перевищує 500 мм, то її можна монтувати горизонтально.

У двотрубних системах водяного опалення стояки гарячої води розташовують праворуч, а зворотної – ліворуч.

За індустріальною технологією монтажу нагрівальні прилади доцільно встановлювати одночасно з монтажем стояків та підводів.

Радіатори слід встановлювати на відстані, не меншій за 25 мм від поверхні штукатурки, 60 мм – від підлоги, 50 мм – від підвіконної дошки, відстань від підлоги повинна бути не меншою за 100 мм.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ локум.	Піліпис	Лат		

Нагрівальні прилади встановлюють на кронштейнах або підставках.

Кількість кронштейнів, що необхідна для встановлення радіаторів визначається з розрахунку один кронштейн на 1 м² поверхні приладу, але не менше 2-х кронштейнів на радіатор.

Радіатори монтують в такій послідовності: розмічують місця встановлення поверхні стояків та кронштейнів за допомогою розмічувального шаблону; висвердлюють або пробивають отвори; встановлюють кронштейни і заробляють їх цементним розчином. Навідують на кронштейни радіатори і вивіряють їх за допомогою рівня.

Роботи з монтажу систем опалення повинні виконуватись відповідно до проекту виконання робіт і бути погодженими з будівельними та іншими спеціальними правилами.

До виконання газозварювальних робіт допускаються особи не молодші за 18 років. Якщо газозварювальник має перерву в роботі більшу від 3 місяців, або перейшов з іншого підприємства, він повинен пройти повторну перевірку знань. Газозварювальник має право працювати тільки на закріпленому за ним газогенераторі.

Газові балони необхідно зберігати в металевих шафах і оберігати від механічних пошкоджень та ударів, тому що може виникнути вибух.

Перед початком газового зварювання необхідно перевірити на міцність та герметичність приєднання газових рукавів до пальника та редуктора, наявність води в гідро затворі до рівня пробки, а також щільність приєднання шланга до затвору, справність пальника та редуктора.

Електрозварювальні апарати повинні бути занулені або заземлені, а в не робочий час знеструмлені. Апарати необхідно постійно перевіряти на відсутність замикання на корпус, цілісність заземлювального проводу, справність ізоляції живильних проводів, відсутність оголених струмопровідних частин; відсутність замикання між ободками високої та низької напруг.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

5.1.2. Правила безпеки при експлуатації систем опалення

Підтримування нормованих температур у приміщеннях багато в чому залежить від якості виконання та організації експлуатації систем опалення.

Для забезпечення надійності і довговічності роботи систем опалення необхідні:

- систематичний огляд з метою виявлення несправностей і своєчасного їх усунення;
- технічне обслуговування;
- планово-попереджувальний та капітальний ремонт;
- резервування основного устаткування (котлів, насосів тощо);
- безперебійне забезпечення систем теплоносієм, водою, електроенергією;
- створення необхідних запасів палива (при теплопостачанні від місцевих котелень), інструменту, окремих вузлів тощо.

Важливим показником якісної експлуатації системи є її економічна ефективність, що полягає у зменшенні експлуатаційних витрат на опалення при забезпеченні необхідних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях.

Ці витрати складаються з витрат на приготування тепла, транспортування теплоносія, амортизацію, утримування експлуатаційного персоналу.

З метою економії тепла необхідно регулювати відпуск тепла споживачам відповідно до температурного графіка, з урахуванням зовнішніх та внутрішніх чинників (вітру, сонячної радіації тощо), необхідно застосовувати автоматичне регулювання роботи устаткування і системи, запобігати втраті тепла через щілини у будівельних конструкціях.

Експлуатаційні заходи можна поділити на: організаційні – розробку структури служби експлуатації, планування, матеріального постачання, підготовку і розставлення кадрів, техніки безпеки та ін.; технічні – виконання технічних операцій щодо експлуатації систем. До експлуатаційних заходів відносяться також підтримка необхідних режимів роботи систем у залежності

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

від впливу зовнішніх і внутрішніх чинників, технічних можливостей устаткування.

Основні організаційні питання:

- а) укомплектування служби експлуатації систем;
- б) встановлення обов'язків обслуговуючого персоналу, відповідальних осіб за технічний стан устаткування і систем;
- в) розробка, затвердження і ведення експлуатаційно-технічної документації;
- г) планування планово-попереджувальних і капітальних ремонтів та ін.;
- д) укладання експлуатаційних кошторисів;
- е) забезпечення паливом, запасними частинами;
- є) підготовка спеціалістів та підвищення їх кваліфікації;
- ж) організація контролю за правильною експлуатацією та технічним станом систем;
- з) дотримання техніки безпеки і контроль за її виконанням.

Організація експлуатації систем опалення житлових будівель здійснюється начальником житлово-експлуатаційної контори. Безпосереднє керівництво експлуатацією ведуть техніки-наглядачі будівель; заходів щодо обслуговування і поточного ремонту систем уживають робітничі.

У цивільних будівлях експлуатацію систем опалення здійснює служба експлуатації у складі інженера (техніка) по зазначених санітарно-технічних системах і слюсарів-сантехників. На промислових підприємствах ця служба підпорядковується головному енергетику (головному механіку) підприємства.

При централізованому теплопостачанні від районної котельні або ТЕЦ експлуатація зовнішніх мереж здійснюється підприємством теплових мереж (тепломережами). На сфери обслуговування системи розподілені вхідними засувками в центральному (головному) тепловій пункті місці приєднання теплових вводів для однієї або декількох будівель.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док.м.	Піппис	Лат		

Для обліку технічного контролю за станом опалювальної системи необхідна така документація:

- а) паспорт системи;
- б) журнал обліку роботи системи (у котельні змінний або вахтовий журнал);
- в) оперативний журнал;
- г) журнал заявок на усунення дефектів;
- д) інструкції з експлуатації, затверджені адміністрацією.

Паспорт є технічною характеристикою системи. Він складається монтажною або пуско-налагоджуваною організацією за даними пускових випробувань.

До нього заносять технічні характеристики системи і комплектувального устаткування згідно з проектом і фактичними показниками. До паспорта систем повинні додаватися паспорти основного промислового устаткування. У процесі експлуатації, а також після капітального ремонту в паспорті фіксуються здійснені зміни.

Журнал обліку роботи системи заповнюється щодня. До нього через визначений час заносяться показання контрольно-вимірювальних приладів (манометрів, термометрів тощо), вказується час вмикання і вимикання насосів та іншого опалювального устаткування.

Оперативний журнал ведеться для реєстрації виявлених несправностей та відміток про їх усунення. Тут відзначаються усі випадки припинення роботи системи, причини, що їх викликали, а також час поновлення роботи систем і устаткування.

У журналі заявок на усунення дефектів реєструються заявки мешканців та інших зацікавлених осіб, вказують дати усунення дефектів.

Інструкцію з експлуатації розробляють для обслуговуючого та відповідального за роботу систем персоналу. Вона затверджується керівництвом ЖЕК, підприємства або установи.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Інструкція для персоналу місцевих котелень ґрунтується на "Типовій інструкції для персоналу котелень із водоґрійними і паровими котлами тиском не більше 0,17 МПа", затвердженій Держміськтехнадзором, і враховує особливості даної котельні. Інструкція визнає порядок допуску персоналу до роботи, прийому та передачі зміни, підготовки котла до роботи, спостережень за роботою котла, звичайної та аварійної зупинки котла, експлуатації устаткування котельні. У ній подані графіки температур води в гарячій та оборотній магістралях у залежності від зовнішньої температури, вказані найчастіші несправності та способи їх усунення, подаються рекомендації на випадок стихійних лих.

Журнали та інструкції повинні знаходитися на робочому місці (у котельні, тепловому пункті, слюсарній майстерні). У котельні й тепловому пункті один примірник інструкції видається персоналу під розписку.

На робочих місцях вивішують теплову схему котельні, аксонометричні схеми опалення і тепlopункту, а також інших споживачів тепла з указівкою основних теплових навантажень та тисків теплоносія.

Для зручності експлуатації кожному агрегату або установці присвоюється скорочене позначення і порядковий номер, наприклад насос н-6, система п-2 тощо. Трубопроводи фарбують строго визначеними кольорами: наприклад, подавальний трубопровід – червоним кольором, оборотний – зеленим.

За організацію заходів з техніки безпеки при експлуатації систем опалення відповідає керівник підприємства, а безпосереднє керівництво здійснює інженер з техніки безпеки, який несе також відповідальність за виконання правил техніки безпеки або інша особа, призначена наказом.

Відповідальні за техніку безпеки зобов'язані розробляти і вживати необхідних заходів з техніки безпеки, навчати персонал, періодично перевіряти його знання правил безпечного ведення експлуатації, фіксувати в "Журналі інструктажу з техніки безпеки" результати перевірки.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Інструкція з техніки безпеки повинна знаходитися на робочому місці. Вона регламентує організаційні міри (відповідальність, порядок допуску до роботи, обов'язки обслуговуючого персоналу, контроль тощо) і основні правила техніки безпеки при виконанні експлуатаційних робіт.

Необхідно знати, що до експлуатації допускають лише технічно справні, цілком укомплектовані й перевірені системи. Ремонт трубопроводів дозволяється лише після зняття тиску.

Експлуатація та технічне обслуговування здійснюються з дотриманням вимог техніки безпеки при роботі з електроустаткуванням. Персонал, який обслуговує системи опалення, повинен бути ознайомленим з прийомами і методами надання першої допомоги при опіках, отруєнні та враженні електричним струмом.

5.2. Аналіз факторів ризику при експлуатації систем сонячного теплопостачання

Основним фактором, який має безпосередній вплив на організм людини при експлуатації та обслуговуванні систем сонячного постачання, є ультрафіолетове випромінювання.

Ультрафіолетовим випромінюванням (УФВ) називають електромагнітні випромінювання в оптичній ділянці з довжиною хвилі в діапазоні 200-380 нм.

За способом генерації воно належить до теплового випромінювання, але за своєю дією подібне до іонізуючого випромінювання. Природним джерелом УФВ є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери, газорозрядні джерела світла. Генерація ультрафіолетового випромінювання починається при температурі тіла понад 1200 °С, а його інтенсивність зростає з підвищенням температури. Енергетичною характеристикою УФВ є густина потоку потужності, яка вимірюється у Вт/м².

Інтенсивність випромінювання та його електричний спектральний склад

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

залежить від температури поверхні, що є джерелом УФВ, наявності пилу та загазованості повітря. Вплив УФВ на людину кількісно оцінюється за еритемною дією, тобто в почервонінні шкіри, яке в подальшому (як правило, через 48 годин) призводить до її пігментації (засмаги).

УФВ має незначну проникаючу здатність. Воно затримується верхніми шарами шкіри людини. Ультрафіолетове випромінювання необхідне для нормальної життєдіяльності людини. За тривалої відсутності УФВ в організмі людини розвиваються негативне явище, яке отримало назву «світлового голодування».

У той же час тривала дія значних доз УФВ може призвести до враження очей та шкіри. Враження очей гостро проявляються у вигляді фото- або електрофтальмії. Тривала дія УФВ довжиною хвилі 200-280 нм може призвести до утворення ракових клітин. УФВ впливає на центральну нервову систему, викликає головний біль, підвищення температури, нервові збудження, зміни у шкірі та крові.

Випромінювання ділянки 315-380 нм має слабку біологічну дію, переважно флуоресценцію. Випромінювання в ділянці 200-280 нм руйнує біологічні клітини, викликає коагуляцію білків. Короткохвильове випромінювання змінює освітлення робочих місць, іонізує повітря. Природне короткохвильове ультрафіолетове випромінювання (виходить від сонця) не потрапляє на Землю, а поглинається озоновим шаром. Для УФВ, в залежності від ділянки випромінювання, встановлена допустима густина потоку енергії у Вт/м², яка наведена у табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Допустима густина потоку енергії

Ділянка випромінювання	Довжина хвилі, нм	Допустима густина потоку енергії, Вт/м ²
A	380...315	10
B	315...280	0,05
C	280...200	0,001

До заходів захисту від УФВ належать конструкторські та технологічні

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

рішення, які або усувають генерацію УФВ, або знижують його рівень. Застосовується екранування джерел УФВ. Екрани можуть бути хімічними (хімічні речовини, які містять інгредієнти, що поглинають УФВ) і фізичними (перепони, віддзеркалюючі або поглинаючі промені). Ефективним засобом захисту від дії УФВ є одяг, виготовлений із спеціальних тканин, що затримують УФВ (наприклад, із попліну, бавовни). Для захисту очей використовують окуляри із захисним склом. Руки захищають рукавицями.

5.3. Заходи для забезпечення електробезпеки

Експлуатація обладнання неминуче пов'язана з використанням електричної енергії. Електробезпека – це система організаційних, технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, спричиняє термічну, електролітичну і біологічну дію, викликає місцеві і загальні електротравми. Дія електричного струму на організм людини супроводжується зовнішнім ураженням тканин та органів у вигляді механічних ушкоджень, електричних знаків електрометалізації шкіри, опіків.

Термічна дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, ураженні внаслідок високої температури кровоносних судин, нервових клітин, серця, мозку, що призводить до серйозних функціональних розладів.

На підприємствах теплопостачання споживачами електроенергії є: електроприводи, освітлювальні прилади, електрощит. Все це обладнання може стати небезпечним при виникненні короткого замикання, пробою ізоляції, оголення проводів, попадання струму на струмоведучі частини обладнання. Для уникнення небезпечної дії електричного струму на персонал котелень проводяться заходи з метою уникнення ураження працівників струмом.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Для забезпечення роботи електрообладнання використовується напруга 380 та 220 В, яка є смертельно небезпечна для людини. Вражаюча дія електричного струму при цій напрузі залежить від наступних факторів: величини і тривалості протікання струму через тіло людини, роду і частоти струму, індивідуальних властивостей людини. Людина починає відчувати струм величиною 0,6 – 1,5 мА. Струм 10-15 мА (при $f = 50$ Гц) викликає судомі м'язів, які людина не може подолати сама. Цей струм називається пороговим невідпускаючим. При 100 мА і тривалості дії більше 0,5 с струм може спричинити зупинку або фібриляцію серця. Опір тіла людини різко падає в залежності від часу дії струму. Найбільш небезпечним є змінний струм з частотою 20 – 100 Гц. Постійний струм людина відчуває при 6-7 мА, пороговий невідпускаючий струм складає 50-70 мА, а фібриляційний – 300 мА.

Заходи по захисту, які застосовують на підприємствах теплопостачання, поділяють на заходи, які забезпечують безпеку при нормальному режимі роботи електроустановок, і заходи, які забезпечують безпеку при аварійних режимах. При нормальному режимі роботи безпека в електроустановках забезпечується наступними заходами:

- ізоляцією струмоведучих частин;
- виконання електричних мереж, ізольованих від землі;
- компенсацією ємнісної складової струму замикання на землю;
- недоступністю струмоведучих частин.

Захисне заземлення – це спеціальне електричне з'єднання з землею металічних не струмопровідних частин обладнання, які можуть опинитися під напругою. Заземлюючий пристрій складається з заземлювача і заземлюючого провідника, який з'єднує заземлюванні частини з заземлювачем. В якості заземлювачів використовують металічні конструкції і арматуру залізобетонних конструкцій, які мають сполучення з землею.

Захисне відключення – це швидкодіючий захист, який забезпечує автоматичне відключення електроустановки при виникненні в ній небезпеки

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

ураження людини електричним струмом. Установка автоматичного відключення, яка застосовується на котельнях повинна відповідати наступним вимоги: висока чутливість, малий час відключення, селективність роботи, самоконтроль і надійність.

5.4. Заходи для запобігання виникнення пожежі

Як уже зазначалось, вибухопожежна безпека об'єкта забезпечується системами:

- попередження вибухів і пожеж;
- протипожежного та противибухового захисту;
- організаційно-технічних заходів.

Система попередження вибухів і пожеж має за мету не допустити виникнення вибухів і пожеж.

Заходи і засоби попередження утворення горючого середовища в кожному конкретному випадку визначаються реальними умовами, що розглядаються, вибухопожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що використовуються у технологічному циклі.

Попередження утворення горючого середовища може забезпечуватись загальними заходами або їх комбінаціями, що наведені в ГОСТ 12.1.007.-91.

Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, що використовуються, на негорючі та важкогорючі.

Тому попередження виникнення в горючому середовищі або внесення до нього джерел запалювання є головним стратегічним пріоритетом у роботі щодо запобігання пожежам. Джерелом запалювання може бути нагріте тіло чи екзотермічний процес, які здатні нагріти деякий об'єм горючої суміші до температури, коли швидкість тепловиділення ініційованого нагрівом процесу окислення перевищує швидкість тепловідводу із зони реакції.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Піліпис	Лат		

5.5. Фактори, що впливають на протипожежну стійкість об'єкту

Важливим питанням забезпечення стійкості роботи під час надзвичайних ситуацій є стійкість до світлового випромінювання. Внаслідок дії енергії світлового імпульсу на підприємстві може виникнути складна пожежна обстановка, оскільки на зберіганні знаходиться значна кількість горючих речовин і обладнання.

Світлове випромінювання ядерного вибуху є електромагнітним випромінюванням в ультрафіолетовій, видимій і інфрачервоній областях спектру.

Джерелом світлового випромінювання є область що світиться (вогняна куля), що складається з розжарених продуктів вибуху і повітря. З цієї області випромінюється величезна кількість променистої енергії в надзвичайно короткий проміжок часу, унаслідок чого відбувається швидкий нагрів опромінюваних предметів, обвуглювання або запалювання горючих матеріалів і опік живих тканин.

На частку світлового випромінювання припадає 30...40 % всієї енергії атомного або термоядерного вибуху. На відкритій місцевості світлове випромінювання має великий радіус дії в порівнянні з ударною хвилею.

Основним параметром, що характеризує вражаючу дію світлового випромінювання, є світловий імпульс $I_{\text{св}}$. Світловий імпульс – це кількість світлової енергії, випадаючої на 1 м^2 освітлюваної поверхні, що перпендикулярна до напрямку розповсюдження випромінювання, за весь час дії вибуху (вогняної кулі).

Світловий імпульс в даній точці пропорційний потужності ядерного вибуху і обернено пропорційний квадрату відстані до центру вибуху. На світловий імпульс також впливають вид ядерного вибуху, стан (прозорість) атмосфери і інші чинники.

При наземних вибухах світловий імпульс на поверхні землі при тих же

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

відстанях буде приблизно на 40 % меншим ніж при повітряних вибухах такої ж потужності. Пояснюється це тим, що в горизонтальному напрямі випромінюється не вся поверхня сфери вогняної кулі, а лише половина сфери, хоча і більшого радіусу.

Якщо земна поверхня добре відбиває світло (сніговий покрив, асфальт, бетон і ін.), то сумарний світловий імпульс (прямий і відбитий) при повітряному вибуху може бути більше прямого в 1,6...2 рази.

В атмосфері завжди відбувається ослаблення променистої енергії через розсіювання і поглинання світла частинками пилу, диму, краплями вологи (туман, дощ, сніг). Ступінь прозорості атмосфери прийнято оцінювати коефіцієнтом K , що характеризує ступінь ослаблення світлового потоку. Вважається, що в великих промислових містах ступінь прозорості атмосфери можна характеризувати видимістю в 10...20 км; в приміських районах - 30...40 км, а в районах сільської місцевості, де ступінь забруднення повітря найменший, видимість досягає 60...80 км.

Світлове випромінювання, падаючи на об'єкт, частково поглинається, частково відбивається, а якщо об'єкт пропускає випромінювання, то частково проходить крізь нього. Скло, наприклад, пропускає більше 90 % енергії світлового випромінювання.

Ступінь ураження будь-якого матеріалу під дією світлового випромінювання при одному і тому ж світловому імпульсі залежить від коефіцієнта поглинання, фізичних властивостей (густини, теплоємності, теплопровідності), товщини матеріалу і інших чинників. Матеріали темного кольору більше поглинають світлове випромінювання, ніж світлі, а тому ушкоджуються швидше. Предмети, забарвлені чорною фарбою, поглинають близько 96 % світлового випромінювання, а білою -18 %.

Чим більша потужність ядерного вибуху, тим більший світловий імпульс потрібен для запалювання одного і того ж матеріалу. Це пояснюється тим, що при великій потужності вибуху опромінювання світлом матеріалу триває

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

довше. За цей час частина тепла втрачається за рахунок проникнення з поверхні в глибину матеріалу в результаті його теплопровідності.

Дія світлового випромінювання ядерного вибуху на будівлі і споруди об'єктів народного господарства виявляється у виникненні загорянь і пожеж, що викликають руйнування і знищення матеріальних цінностей, у ряді випадків перевершуючі по масштабах руйнування від ударної хвилі.

За оцінкою фахівців пожежної служби мінімальним розрахунковим світловим імпульсом, що викликає загоряння і пожежі, може бути імпульс в 100... 150 кДж/м², при якому відбувається запалювання горючих матеріалів (сіна, соломи, стружки, обривків газетного паперу, сухого сміття і інших легкозаймистих речовин). Тому скупчення займистого сміття поблизу будівель – реальна загроза виникнення пожежі.

На промислових підприємствах можуть утворюватися окремі або суцільні пожежі. Окрема пожежа виникає в окремій будівлі або споруді. Суцільна пожежа характеризується тим, що всі або більшість будівель і споруд підприємства, що займають значну площу, охоплені вогнем.

Середня кількість спалахів від світлового імпульсу, що припадає на одиницю площі забудови, за інших однакових умов залежить від протипожежної готовності об'єкту. При добрій протипожежній підготовці об'єкту кількість пожеж може бути значно понижена, а для деяких виробництв зведена до нуля. Ця задача може бути успішно вирішена при обліку конкретних умов і основних чинників, що впливають на виникнення і розповсюдження пожеж на об'єкті.

На виникнення і розповсюдження пожеж впливають, головним чином, такі чинники: вогнестійкість будівель і споруд; пожежна небезпека виробництва; густина забудови; метеорологічні умови і ін.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається займистістю їх елементів і межами вогнестійкості основних конструкцій (частин) будівель і споруд.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Займистість того або іншого елемента будівлі визначається займистістю будівельних матеріалів, з яких він виконаний. Всі будівельні матеріали по займистості діляться на три групи: не згораючі, важкоспалимі, згораючі.

Межа вогнестійкості будівельної конструкції – це період часу в годинах від початку дії вогню на конструкцію до утворення в ній наскрізних тріщин або до досягнення температури 200 °С на поверхні, протилежній дії вогню, або до втрати конструкцією несучої здатності (обвалення).

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Вплив систем сонячного теплопостачання на навколишнє середовище

У сучасному світі сонячна енергія широко використовується для теплопостачання, включаючи гаряче водопостачання і опалення, а також для холодопостачання, кондиціювання повітря, висушування та в інших технологічних процесах.

Системи сонячного теплопостачання класифікуються наступним чином:

- системи «активного» сонячного теплопостачання, що використовують «активні» установки на основі сонячних колекторів з циркуляцією теплоносія, в якості якого можуть застосовуватися рідина (вода, розчини солей) і газ (повітря);
- системи «пасивного» сонячного опалення, в яких різні конструкційні елементи споруд використовуються в ролі теплоприймачів сонячної енергії;
- комбіновані системи сонячного теплопостачання, в яких використані елементи «пасивного» і «активного» сонячного теплопостачання.

У сучасних низької середньотемпературних системах теплопостачання (до 100°C), що використовуються для перетворення сонячної енергії в низькопотенційне тепло для гарячого водопостачання, опалення та інших теплових процесів, основним елементом є плоский колектор, який являє собою геліоприймальний абсорбер з циркулюючим теплоносієм, конструкція плоского сонячного колектора теплоізована з тильної сторони і зашклена з лицьової сторони.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ		
Розроб.		Воронцов М.Г.					
Перевір.		Тарасенко М.Г.					
Консульт.		Зварич Н.М.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літ.		
					Лист		
					Листів		
					ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61		

Особливістю плоского колектора є те, що він вловлює як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Об'єми таких систем розраховуються в квадратних метрах сонячних колекторів.

У системах високотемпературного теплопостачання (вище 100°C) використовують високотемпературні сонячні колектори. На даний час найкращим з них вважається концентруючий сонячний колектор, що являє собою параболічний жолоб з чорною трубкою в центрі, на яку фокусується сонячне випромінювання. Такі колектори дуже ефективні у промисловості та для виробництва пару в електроенергетиці. Їх недоліком є неможливість використання розсіяної сонячної радіації.

У звичайних плоских колекторах практично неможливо отримати температуру теплоносія вище 100°C . Збільшення робочої температури теплоносія до $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$ можливо досягнути за допомогою вакуумних скляних сонячних колекторів. Як теплоносій в колекторах може використовуватися вода, розчин етиленгліколя і пропіленгліколя, силіконове масло, а також повітря.

Пасивні сонячні системи є більш простими і дешевими у порівнянні з активними, бо не потребують додаткових пристроїв поглинання, перетворення і розподілення сонячної енергії. Пасивне використання енергії Сонця для опалення будівель відбувається за рахунок планувальних, архітектурно-конструктивних рішень, коли вся будівля може розглядатися як колектор сонячної теплоти.

У пасивній системі повинна бути оптимальна орієнтація будівлі приблизно вздовж осі схід–захід, на південній стороні має бути не менше 50–70% всіх вікон, на північній – не більше 10%, житлові кімнати повинні розташовуватися з південної сторони і т. п. Крім того, передбачаються спеціальні пристрої – дахи-теплонакопичувачі, конвекційні системи тощо.

Активне використання сонячної енергії може бути здійснене за допомогою сонячного ставка. Такі ставки є добрими акумуляторами сонячної

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії. Завдяки тому, що густина сольового розчину в нижніх шарах у порівнянні з верхніми значно вища, у таких ставках практично відсутній конвекційний тепломасообмін, в результаті чого у придонній зоні ставка створюється шар води з високою температурою.

На активному використанні теплової дії сонячних променів базуються сонячні енергетичні печі, обігрівання басейнів, опріснення морської і засоленої води, отримання дистильованої води, сонячні побутові печі, висушування сільськогосподарських продуктів тощо.

6.2. Забезпечення екологічної безпеки систем сонячного теплопостачання

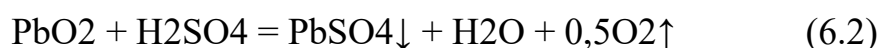
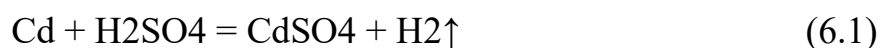
Робота сонячної системи теплопостачання не впливає на стан навколишнього природного середовища. Під час її роботи шкідливі речовини не потрапляють у довкілля, тому дане джерело електроенергії є екологічно чистим. А що стосується питання утилізації сонячних батарей, то потрібно шукати спосіб безпечної утилізації сонячних панелей, при якому отруйні речовини, такі як свинець, кадмій, галій, миш'як не будуть потрапляти у довкілля.

Тому запропоновано спосіб вилучення шкідливих речовин при утилізації сонячних батарей. Для переробки сонячних модулів пропонується реагентний спосіб, заснований на різній здатності кадмію, свинцю та їх сполук до комплексоутворення, відношення до кислот, лугів і розчинності.

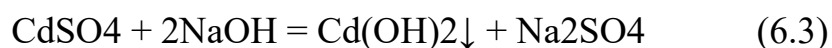
Переробка сонячних батарей є процесом з відновлення та експлуатації тих матеріалів, з яких вони виготовлені. Під час цього процесу є можливість витягувати метали, які потім вдруге включатимуться до складу нових виробів. Метою такого процесу є збереження сировини. Переробка подібних виробів сприяє збереженню навколишнього середовища для здорової життєдіяльності людини. Так як свинцево-кадмієві гальванічні елементи містять в своєму складі

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

свинець та кадмій, які можна за допомогою ресурсозберігаючої й екологічно безпечної технології повернути дані компоненти СКЕ у сферу виробництва з урахуванням їх екологічних стандартів, а також поліпшити екологію довкілля. Дану технологію переробки можна використати і для витягування свинцю і кадмію із сонячних батарей в процесі їх утилізації [5]. Для переробки сонячних модулів пропонується реагентний спосіб, заснований на різній здатності кадмію, свинцю та їх сполук до комплексоутворення, відношення до кислот, лугів і розчинності. Відпрацьовані сонячні панелі спочатку треба подрібнити і розділити різні фракції. Фракції, що містять свинець та кадмій, потрібно розчинити в 60 % сірчаній кислоті. При цьому відбудуться наступні реакції (6.1, 6.2):



Використання сірчаної кислоти з концентрацією понад 60 % недоцільне, оскільки знижується розчинність сульфату кадмію. У результаті цих процесів утворюється змішаний розчин сульфатів кадмію і свинцю тагазоподібна суміш водню і кисню (останні надалі можна використовувати для різних технічних цілей). Для розділення кадмію і свинцю розчин сульфатів цих металів фільтрують і отримують осад сульфату свинцю, в розчині залишається сульфат кадмію, який після стехіометричної обробки розчином гідроксиду натрію осідає у вигляді гідроксиду кадмію (6.3).



Осад фільтрують і отримують розчин сульфату натрію, який випаровують, кристалізують і сушать.

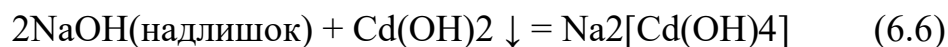
Кадмій з осаду його гідроксиду повертають у сферу виробництва ХДС (хімічних джерел струму) у вигляді металевого кадмію по реакціях (6.4, 6.5):



					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

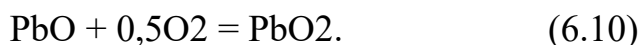
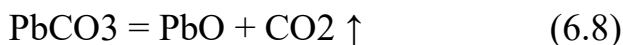
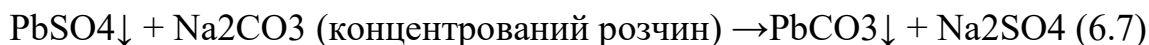


або в сферу гальванічного виробництва у вигляді електроліту $\text{Na}_2[\text{Cd}(\text{OH})_4]$ (6.6):



Альтернативним реагентом для виділення кадмію є 25 %-й водний розчин гідроксиду амонію, з яким кадмій утворює амонійний комплекс $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$, котрий використовують у гальванічному виробництві.

З осаду сульфату свинцю отримують товарні продукти – свинець у вільному вигляді або оксид свинцю (IV) по реакціях (6.7 – 6.10):



Таблиця 6.1.

Етапи і хімізм процесу переробки СБ

Стадії процесу	Результати
Розчинення кадмію і діоксиду свинцю в сірчаній кислоті	$\text{Cd} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CdSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ $\text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{PbSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + 0,5\text{O}_2\uparrow$
Розділення свинцю і кадмію фільтруванням	осад PbSO_4 , розчин CdSO_4
Отримання карбонату свинцю	$\text{PbSO}_4\downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{PbCO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
Фільтрування розчину з осадом карбонату свинцю	осад PbCO_3 , розчин Na_2SO_4
Сушка і прожарювання осаду карбонату свинцю	PbO і CO_2
Відновлення оксиду свинцю (II) воднем у вільний свинець	$\text{PbO} + \text{H}_2 = \text{Pb} + \text{H}_2\text{O}$
Осадження сульфату кадмію гідроксидом натрію	осад $\text{Cd}(\text{OH})_2$, розчин Na_2SO_4
Фільтрування розчину з осадом гідроксиду кадмію	осад $\text{Cd}(\text{OH})_2$
Сушіння і прожарення осаду гідроксиду кадмію	CdO і H_2O
Відновлення оксиду кадмію воднем	Cd і H_2O
Випаровування, кристалізація і сушка розчину сульфату натрію	натрію кристалічний Na_2SO_4 і H_2O

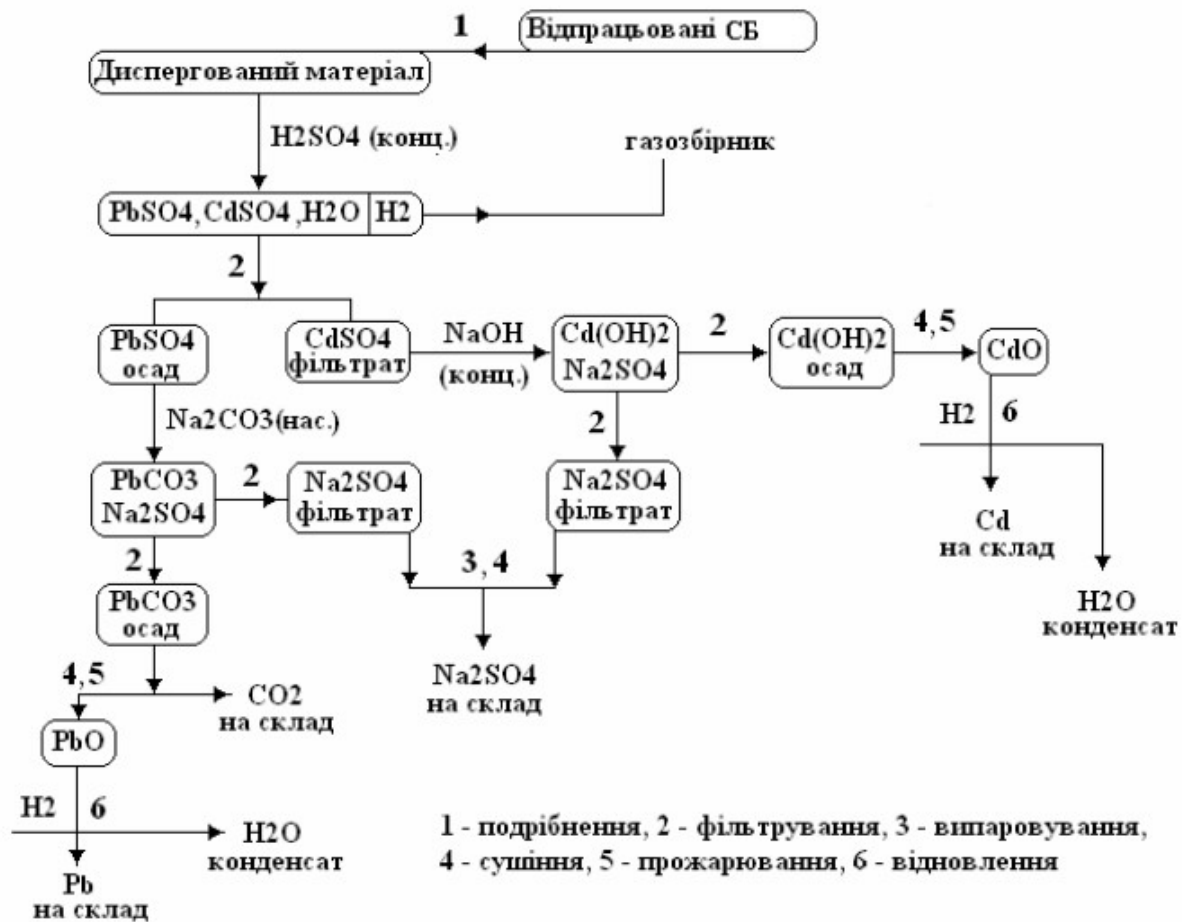


Рисунок 6.1. Блок-схема утилізації сонячних панелей

Відпрацьовані СБ з бункера 1 потрапляють на вальцову дробарку 2, а подрібнений матеріал – у бункер 3 і далі на конвейєр 4 й завантажувальний бункер 5 із дозатором. У реактор 6, обладнаний механічною мішалкою з електроприводом, потрапляє подрібнений матеріал із бункера 5 і сірчана кислота з ємності 7 через дозатор 8. Кадмій і оксид свинцю (IV) розчиняються у сірчаній кислоті з відновленням свинцю (IV) у свинець (II). Надлишок водню через каплевідбійник 9 і холодильник 10 потрапляє до газозбірника 11. Насос Н подає пульпу з реактора 6 на нутч-фільтр 12, котрий безперервно розділяє пульпу на осад і фільтрат. Осад сульфату свинцю (II) після фільтру 12 подає шнек 13 у реактор 14.

На рисунку 6.2 представлена схема хімічних перетворень СКЕ та

апаратурно-технологічну схема утилізації відпрацьованих СБ.

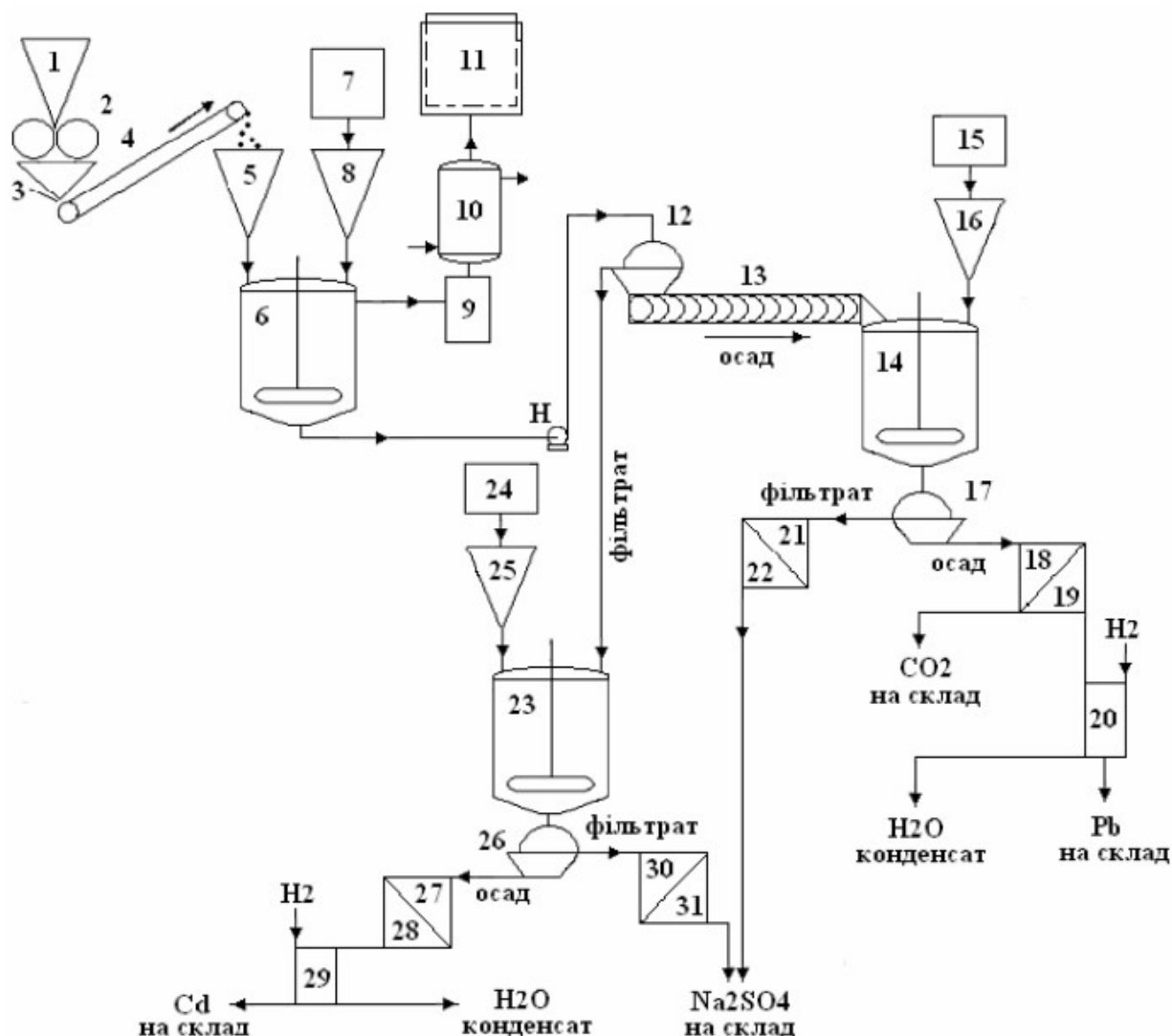


Рисунок 6.2. Апаратурно-технологічна схема переробки відпрацьованих сонячних панелей

Для перетворення сульфату свинцю (II) у карбонат свинцю (II) у реактор потрапляє насичений розчин карбонату натрію з ємності 15 через дозатор 16. Пульпа з реактора 14 потрапляє на нутч-фільтр 17, котрий її безперервно розділяє на осад і фільтрат. Осад карбонату свинцю після фільтру 17 піддається сушінню в сушарці 18 і прожарюванню у термокамері 19 з одержанням оксиду свинцю (IV) й оксиду вуглецю (IV), котрий потрапляє на склад. Оксид свинцю відновлюють у печі 20 до металевого свинцю, що потрапляє на склад, а водяна

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пара утворює конденсат. Після фільтру 17 розчин сульфату натрію упарюють у випарці 21 і сушать у сушарці 22, після чого сульфат натрію у вигляді кристалогідрату подають на склад. Фільтрат 12 (розчин сульфату кадмію) після фільтру подають у реактор 23. Для перетворення сульфату кадмію на гідроксид кадмію у реактор подають концентрований розчин гідроксиду натрію з ємності 24 через дозатор 25, а суміш осаду гідроксиду кадмію і розчину сульфату натрію, що утворилася, поступає на фільтр 26. Фільтрат (розчин сульфату натрію) після фільтру 26 подають у випарку 30 і далі на склад у вигляді кристалогідрату. Після фільтру 26 осад гідроксиду кадмію подають у сушарку 27 і термокамеру 28 для отримання сухого гідроксиду кадмію, котрий прокалюють і відновлюють у печі 29 до металевого стану і далі відправляють на склад, а водяна пара утворює конденсат. Об'єднані конденсати водяної пари використовують для приготування розчинів реагентів, котрі потрібні технологічному процесу.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проведений літературний огляд показав, що сьогодні існують багато конструкції сонячних колекторів, які також мають різні техніко-економічні показники, але найбільш ефективною є геліопанель, захисне покриття якої виконує функції гідроізоляційного шару та абсорбційного покриття, це максимально використовувати матеріали, які зазвичай найбільш вживані для покрівельних та гідроізоляційних покриттів дахів. Оскільки ці системи є елементами споруд, то їх встановлення можна передбачати як в новому будівництві, так і при реконструкції будівлі, що дозволить підвищити ефективність системи в цілому та знизити термін окупності.

2. Встановлено, що система сонячного теплопостачання дає змогу знизити вартість отримуваної теплової енергії, порівняно з традиційними джерелами теплопостачання (від тепломережі), на 40%.

3. На основі теоретичних даних із застосуванням відомих методів розрахунку систем сонячного теплопостачання створено методику та алгоритм розрахунку ССТ із геліопанелями, а також побудовано залежність, що дозволяє знайти кількість отриманої теплової енергії при різних варіантах застосування сучасних матеріалів у запропонованій конструкції теплогеліопанелі.

4. Запропоновано типоряд геліопанелей та схему системи сонячного теплопостачання із використанням геліопанелей, що дасть можливість підвищити ефективність традиційної системи теплопостачання.

5. Визначено, що вартість запропонованої ССТ з допомогою геліопанелей в 20 разів нижча від існуючої активної ССТ, що зараз пропонується на ринку.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Воронцов М.Г.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		Літ.	Лист
Перевір.		Тарасенко М.Г.						
Консульт.		Тарасенко М.Г.						
Н. контр.		Коваль В.П.						
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61	

6. Економічний ефект від впровадження комбінованої системи теплопостачання із геліопанелями становить 12,34 тис. грн. на рік, що є на 33% меншими, ніж витрати на систему гарячого водопостачання з використанням сучасних сонячних колекторів, а термін окупності становить 6 років. Ці дані свідчать про високу ефективність геліопокрівлі та можливість її широкого застосування у ССТ.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
2. Аккумуляирование тепловой энергии в водоносных горизонтах / [В. Штецле, С. Бретт, Д. Граббс, М. Сеппонен]; пер. с англ. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 208 с.
3. Алферов Ж. И. Земные профессии Солнца / Ж. И. Алферов, А. В. Бородин. – М. : Сов. Россия, 1981. – 88 с.
4. Альbedo и угловые характеристики отражения подстилающей поверхности и облаков : монография / [К. Я. Кондратьев, В. И. Биненко, Л. Н. Дьяченко и др.] – Ленинград : Гидрометеиздат, 1981. – 232 с.
5. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / [О. Адаменко, В. Височанський, В. Лютко, М. Михайлів]. – Івано-Франківськ : Полум'я, 2000. – 208 с.
6. Андерсон Б. Солнечная энергия (Основы строительного проектирования) / Б. Андерсон ; пер. с англ. А. Р. Анисимова. – М. : Стройиздат, 1982. – 375 с.
7. Бекман У. А. Расчет систем солнечного теплоснабжения / У. А. Бекман, С. А. Клейн, Дж. А. Даффи ; пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 80 с.
8. Белал Брахим. Сонячні системи тепло- і холодопостачання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.04.03 "Холодильна та кріогенна техніка, системи кондиціонування" / Белал Брахим – О., 2002. – 17 с.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Воронцов М.Г.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Літ.	Лист	Листів	
Перевір.		Тарасенко М.Г									
Консульт.		Тарасенко М.Г						ТНТУ, ФПТ, ЕМм - 61			
Н. контр.		Коваль В.П.									
Зав. каф.		Тарасенко М.Г									

9. Берковский Б. М. Возобновляемые источники энергии на службе человека / Б. М. Берковский, В. А. Кузьминов. – М. : Наука, 1987. – 126 с.
10. Богуславский Л. Д. Снижение расхода энергии при работе систем отопления и вентиляции / Л. Д. Богуславский. – М. : Стройиздат, 1985. – 336 с.
11. Брайерс Т. 20 конструкций с солнечными элементами / Т.Брайерс ; пер. с англ. – М. : Мир, 1988. – 197 с.
12. Бринкворт Б. Дж. Солнечная энергия для человека / Б. Дж. Бринкворт; пер. с англ. В. Н. Оглоблева. – М. : Мир, 1976. – 291 с.
13. Брокіс Д. О'М. Сонячно-воднева енергетика / Д. О'М. Брокіс, Т. Н. Везіроглу, Д. Л. Сміт ; пер. з англ. Д. В. Щур, С. Ю. Загінайченко, В. К. Пішук. – К. : В-во ІПМ НАНУ, 2006. – 168 с.
14. Возняк О. Т. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні. / О. Т. Возняк, М. Є. Янів // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010 – № 664. – С.7–10.
15. Возняк О.Т. Ефективність геліопанелей різних конструкцій / О. Т. Возняк, С. П. Шаповал, М. Є. Касинець // Матеріали ІІ міжнародна конференція "Науково-технічне та організаційно-економічне сприяння реформам у будівництві та житлово-комунальному господарстві", 12-13 квітня 2012р. – Макіївка: Вид-во ДонНАБА, 2012. – С. 29-31.
16. Возняк О. Т. Ефективність використання теплових сонячних панелей в Україні / О. Т. Возняк, М. Є. Касинець, С. П. Шаповал // Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2011. – №712 –С. 166-169.
17. Возняк О.Т. Комбінована система теплопостачання будівель з використанням “стіни тромба” / О.Т. Возняк, М.Є. Янів // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2011 – № 697. – С.63–67.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. Возняк О.Т. Підвищення ефективності роботи пасивної геліосистеми типу “стіна Тромба” // О. Т. Возняк, М. Є. Янів // Міжнародна науково-технічна конференція GAC. – 25-27 листопада 2010. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010. – С. 122-123.

19. Воробьев Г. М. Материалоемкость преобразователей возобновляемой энергии : учеб. пособ. / Г. М. Воробьев, Г. Ф. Курочкин. – Днепропетровск : ДГУ, 1988. – 84 с.

20. Гершкович В. Ф. Тепловая pompa у багатоповерховому житловому будинку. Це на перспективу чи вже сьогодні? / В. Ф. Гершкович // Ринок інсталяцій. – 2009. – № 1. – С. 32-33.

21. Голицын М. В. Альтернативные энергоносители / М. В. Голицын, А. М. Голицын, Н. М. Пронина. – М. : Наука, 2004. – 159 с.

22. Давлетов А. Влияние тепловых аккумуляторов солнечной энергии на мощность солнечных установок теплоснабжения / А. Давлетов, А. А. Петрова, А. С. Соколов // Пути использования солнечной энергии : тезисы докладов, 17-19 февраля 1981г. – Черноголовка : Редакционно-издательский отдел ИХФ АН СССР, 1981. – С. 185-186.

23. Даковські М. Про енергетику для споживачів та скептиків / М. Даковські, С. Вянцковські. – Львів : ЕКОінформ, 2007. – 212 с.

24. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Даффи, У. А. Бекман ; пер. с англ. под. ред Ю. Н. Малевского. – М. : Мир, 1977. – 420 с.

25. Дверняков В. С. Сонце – енергія та життя / В. С. Дверняков. – К. : Наук. думка, 1991. – 176 с.

26. Денисова А. Є. Геліосистеми теплохолодопостачання для енергозберігаючих технологій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.04 "Промислова теплоенергетика" / А. Є. Денисова– О., 1997. – 16 с.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

27. Денк С. О. Возобновляемые источники энергии : на берегу энергетического океана / С. О. Денк. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 288 с.

28. Джамаль Камаль Хусейн. Комбіновані системи тригенерації з використанням сонячної енергії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.06 "Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика" / Джамаль Камаль Хусейн. – О., 2008. – 20 с.

29. Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Колектори сонячні плоскі. Методи випробування : ДСТУ 4034 – 2001. – К.: Держстандарт України, 2001. – 27 с.

30. Енергоощадна технологія електротеплоаккумуляційного обігріву в житлово-комунальному та аграрно-промисловому комплексах України / [Д. Й. Розинський, В. Д. Іоргачов, С. Я. Меженний, М. М. Меркулов] ; під. ред. Розинського Д. Й. – К. : Видавництво Купріянова О. О., 2007. – 272 с.

31. Енциклопедія термометрії / [Я. Т. Луцик, Л. К. Буняк, Ю. К. Рудавський, Б. І. Стадник]. – Львів : Видавництво НУ "Львівська політехніка", 2003. – 428 с.

32. Жданов Ю. А. Расчет солнечных систем горячего водоснабжения с суточным циклом аккумулирования тепла / Ю. А. Жданов // Гелиотехника. – 1989. – № 2. – С. 43-47.

33. Жолонко М. М. Практична енергоекологія. Частина 1 : альтернативні джерела енергії / М. М. Жолонко. – Черкаси : Вид. від. ЧНУ ім. Б.Хмельницького, 2008. – 84 с.

34. Зайцев О. Н. Проектирование систем водяного отопления : пособие для проектировщиков, инженеров и студентов технических ВУЗов / О. Н. Зайцев, А. П. Любарец. – Вена - Киев - Одесса, 2008. – 200 с.

35. Закалик Л. Технології для енергоощадного будинку / Л. Закалик // Ринок інсталяцій. – 2010. – № 1-2. – С. 59-63.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

36. Заседателей И. Б. Прогнозирование радиационного режима местности применительно к гелиополигонам сборного железобетона / И. Б. Заседателей, С. А. Шифрин, П. В. Мазмания // Гелиотехника. – 1988. – № 6. – С. 60-63.

37. Захидов Р. А. Зеркальные системы концентрации лучистой энергии / Р. А. Захидов. – Ташкент : Фан, 1986. – 176 с.

38. Захидов Р. А. Теория и расчет гелиотехнических концентрирующих систем / Р. А. Захидов, Г. Я. Умаров, А. А. Вайнер. – Ташкент : Фан, 1977. – 144 с.

39. Зоколей С. Солнечная энергия и строительство / С. Зоколей ; пер. с англ. – М. : Стройиздат, 1979. – 208 с.

40. Золотко К. Є. Розробка методик розрахунку та вибір раціональних параметрів систем теплопостачання з плоскими сонячними колекторами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.14.04 "Промислова теплоенергетика" / К. Є. Золотко. – Дніпропетровськ, 1998. – 19 с.

41. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М. : Энергия, 1981. – 416 с.

42. Исманжанов А. Аппарат искусственной погоды / А. Исманжанов, М. Джураев // Гелиотехника. – 1991. – № 1. – С. 84-85.

43. Использование низкопотенциальных солнечных установок / [Г. Я. Умаров, Р. Т. Раббимов, Р. Р. Авезов, М. У. Установ]. – Ташкент : Фан, 1976. – 97 с.

44. Итоги науки и техники : серия гелиоэнергетика. Т 1. / [Р. Б. Ахмедов, И. В. Баум, В. А. Пожарнов, В. М. Чаховский]. – М. : ВИНТИ, 1986. – 120 с.

45. Касинець М. Є. Використання сонячної енергії в комбінованих системах теплопостачання / М. Є. Касинець, С. П. Шаповал, О. Т. Возняк // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і студентів "Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні", 26-28 квітня 2011р. – К: КНУБА, 2011. – С.182-183.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

46. Касинець М. Є. Дослідження ефективності геліопанелей / М. Є. Касинець // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2012 – № 742. – С.99–105.

47. Касинець М. Є. Економічна ефективність підготовки води геліопанелями // М. Є. Касинець, О. Т. Возняк // Одинадцята науково-практична конференція “Ресурси природних вод Карпатського регіону”, 23-24 травня 2012р. – Львів, 2012. – С. 121-124.

48. Касинець М. Є. Ефективність роботи геліопанелей різних конструкцій / М. Є. Касинець // Вісник НУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". - Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2012 – № 737. – С.139–143.

49. Касинець М.Є. Натурні дослідження системи сонячного теплопостачання із геліопанелями / М.Є. Касинець // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2012. – Вип. 22. 7. – С. 79-84.

50. Касинець М. Є. Підвищення ефективності використання сонячних панелей // М. Є. Касинець, С. П. Шаповал, О. Т. Возняк // Міжнародна науково-технічна конференція GAC. – 24-26 листопада 2011. –Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2011. – С. 144-145.

51. Киссин М.И. Расчет нагревательных панелей при лучистом отоплении. В сб. ЦНИИПС: Вопросы отопления и вентиляции. - М.: Стройиздат, 1951, В I, с. 5-13.

52. Климатологический справочник СССР. Вып. 10. Украинская ССР и Молдавская ССР. Ч. 6 / Облачность и солнечное сияние. – Л. : Гидрометиздат, 1963. – 944 с.

53. Козлов Я. М. Оптимізація розташування сонячних колекторів в геліосистемах / Я. М. Козлов, М. П. Сухий, К. М. Сухий // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2010. – № 2/10 (44). – С. 58-64.

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДРМ 304. 18. 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		