

(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

(освітній ступінь, освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему:

Обґрунтування можливості одержання

НИЗЬКОПОТЕНЦІАЛЬНОЇ ТЕПЛОТИ ШЛЯХОМ

удосконалення сонячних колекторів

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи ЕММ-61

спеціальності	141 "Електроенергетика,
---------------	-------------------------

електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва спеціальності, напрямку підготовки)

Майборода М.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Козак К.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Габрусєва І.Ю.

(підпис)

(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

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.

«__» _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Майбороді Мирославу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування можливості одержання
низькопотенціальної теплоти шляхом
удосконалення сонячних колекторів

Керівник роботи Козак Катерина Миколаївна, к.т.н., доцент

(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 10 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали науково-практичних конференцій, семінарів, періодичних
видань, теоретичні та методичні розробки вчених, статистичні дані, підручники, довідники,
монографії, матеріали науково-дослідницької та переддипломної практик, ресурси мережі
Інтернет, особисті спостереження автора.

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
Спеціальна частина	к.т.н., доц. Козак К.М.		
Обґрунтування економічної ефективності	д.е.н., проф. Малиута Л.Я.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Гурик О.Я.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		
Екологія	к.т.н., доц. Лясота О.М.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Коваль В.П.		

7. Дата видачі завдання

2 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд за напрямком дипломної роботи магістра	05.09.19 – 30.09.19	
2	Підготовка основної частини пояснювальної записки дипломної роботи	01.10.19 – 31.10.19	
3	Підготовка розділу «Спеціальна частина»	01.11.19 – 05.11.19	
4	Підготовка розділу «Обґрунтування економічної ефективності»	06.11.19 – 10.11.19	
5	Підготовка розділу «Охорона праці»	11.11.19 – 15.11.19	
6	Підготовка розділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»		
7	Підготовка розділу «Екологія»	16.11.19 – 20.11.19	
8	Складання переліку використаних літературних джерел	21.11.19 – 25.11.19	
9	Підготовка вступу, висновків, змісту, реферату	26.11.19 – 30.11.19	
10	Підготовка, оформлення та друк графічного матеріалу дипломної роботи (креслень формату А1, слайдів)	01.12.19 – 05.12.19	
11	Отримання відгуку та рецензії на дипломну роботу, підготовка доповіді на захист	06.12.19 – 10.12.19	

Студент

(підпис)

Майборода М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Козак К.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дана дипломна робота магістра містить у собі: 92 сторінки, 23 ілюстрації, 3 таблиці, 10 використаних першоджерел, 19 листів креслень (слайдів).

Об'єкт дослідження – сонячні колектори.

Предмет дослідження – процес отримання низькопотенціальної теплоти сонячними колекторами.

Метою роботи є обґрунтування та підтвердження можливості одержання низькопотенціальної теплоти шляхом удосконалення сонячних колекторів.

Методи досліджень: теоретичний аналіз; експериментальні, лабораторні та натурні дослідження систем сонячного теплопостачання; математичні методи оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна роботи: обґрунтовано можливість застосування сонячних колекторів для систем теплопостачання, що дало можливість знизити собівартість системи сонячного теплопостачання.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалена методика та розроблений алгоритм розрахунку дає змогу встановити основні параметри систем теплопостачання із використанням сонячних колекторів.

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, сонячний колектор, низькопотенціальна теплота.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розробив	Майборода М.О.						
Перевірив	Козак К.М.						
Консульт.	Козак К.М.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	10
1.1. Класифікація систем теплопостачання	10
1.2. Обладнання установок сонячного теплопостачання	11
1.3. Методи розрахунку сонячної енергії та досліджень сонячних колекторів	20
Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	27
2.1. Загальні відомості про системи сонячного опалювання та теплопостачання	27
2.2. Низькопотенціальна панельно-промениста система опалювання	28
2.3. Низькопотенціальна система теплопостачання з теплонасосною установкою	31
2.4. Методи розрахунку та проектування установок сонячного теплопостачання	34
2.5. Архітектурно-конструктивні особливості реалізації проектів	38
2.6. Типові проекти систем сонячного теплопостачання	42
2.7. Розрахунок теплообмінників і баків-акумуляторів	48
2.8. Досвід проектування, виготовлення та монтажу систем сонячного теплопостачання	54
Висновки до розділу 2	59

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Майборода М.О.			ЗМІСТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Козак К.М.						
Консульт.		Козак К.М.						
Н. контр.		Коваль В.П.				ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61		
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.						

РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	60
3.1. Методика розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання.....	60
3.2. Алгоритм розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання.....	65
Висновки до розділу 3	65
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	66
4.1. Оцінка економічного ефекту від використання геліосистем для теплопостачання будівель	66
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	74
5.1. Аналіз факторів ризику при експлуатації сонячних колекторів	74
5.2. Допомога при сонячному та тепловому ударі	78
РОЗДІЛ 6. БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	81
6.1. Проблеми забезпечення безпеки життєдіяльності	81
6.2. Надзвичайні ситуації природного характеру	83
РОЗДІЛ 7. ЕКОЛОГІЯ	86
7.1. Актуальність охорони навколишнього середовища.....	86
7.2. Екологічні аспекти нетрадиційної енергетики	87
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВСК	–	вакуумний сонячний колектор
ГВП	–	гаряче водопостачання
ГП	–	геліопанель
ККД	–	коефіцієнт корисної дії
ПСК	–	плоский сонячний колектор
САПР	–	система автоматизованого проектування
СБА	–	секційний бак-акумулятор
СГВ	–	система гарячого водопостачання
СК	–	сонячний колектор
СО	–	система опалення
ССТ	–	система сонячного теплопостачання
ТБ	–	тепловий бар'єр
ТГУ	–	теплогенеруюча установка
ТЕН	–	тепловий електронагрівач
УСГВ	–	установка сонячного гарячого водопостачання
УФВ	–	ультрафіолетове випромінювання

					<i>ДРМ 316.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Майборода М.О.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Козак К.М.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Козак К.М.</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		

ВСТУП

Актуальність теми. Важливим напрямом економії паливно-енергетичних ресурсів є використання в енергопостачанні, зокрема в тепло- і холодопостачанні, поновлюваних джерел енергії. До поновлюваних джерел енергії відносять: тепло Землі, енергію Сонця, енергію вітру, тепло, що виділяється при спалюванні біомаси, енергію Світового океану (хвиль, приливів і відливів) та ін.

За оцінками вчених річне надходження сонячної енергії на Землю в 50 тис. разів перевищує енергоспоживання людством. Це джерело практично невичерпне, а методи перетворення сонячної енергії засновані на екологічно чистих процесах. Сонячна енергія в даний час вже використовується для опалювання та охолодження будівель, теплової обробки залізобетонних конструкцій, сушки фруктів та овочів, підігріву води, живлення рефрижераторів, виробництва електричної енергії в космосі та на землі.

До районів з найбільш сприятливими умовами для сонячного теплопостачання належать південні області України, де тривалість сонячного часу складає 2200...3000 год. на рік, а сонячна радіація – 1200...1700 кВтгод на 1 м² горизонтальної поверхні.

Перші розробки в області сонячного теплопостачання відносяться в нашій країні до початку тридцятих років. Протягом останніх 15 років знов спостерігається активність в наукових дослідженнях, конструюванні та проектуванні устаткування та об'єктів з сонячним тепло- та холодопостачанням.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата								
Розробив		Майборода М.О.			ВСТУП				Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Козак К.М.										
Консульт.		Козак К.М.										
Н. контр.		Коваль В.П.										
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.										
ТНТУ, ФПТ, гр. ЕММ-61												

На державному рівні зроблені заходи по організації програмного підходу до вирішення цієї важливої народногосподарської проблеми. Зведено цілий ряд цікавих експериментальних та демонстраційних об'єктів, критично проаналізовано вітчизняний та зарубіжний досвід, налагоджено міжнародні науково-технічні зв'язки, випущено серію нормативних та рекомендаційних документів, інструкцій, книг з даної тематики. На жаль, різного роду економічні, виробничо-технічні та організаційні причини не дозволили добитися бажаних масштабів впровадження сонячної теплоенергії.

У даний час в світі працює близько 1,5 млн. геліоустановок, велика частина яких призначена для забезпечення потреб теплопостачання та гарячого водопостачання. Об'єм виробництва та монтажу геліоколекторів тільки в США складає 1,6 млн. м² в рік.

Розширення масштабів використання енергії Сонця для теплопостачання стримується в основному із-за порівняно високих питомих капіталовкладень в спорудження геліосистем в порівнянні з системами, що працюють від традиційних джерел енергії. У зв'язку з цим у ряді розвинених капіталістичних країн розроблені спеціальні програми, що стимулюють застосування сонячних колекторів в приватному, комерційному та муніципальному секторах.

Необхідно, відзначити, що головна мета, яка повинна ставитися при розробці, спорудженні та функціонуванні низькопотенціальних систем теплопостачання — досягнення максимального народногосподарського ефекту при забезпеченні необхідної якості (в першу чергу теплового комфорту в опалювальних будівлях та спорудах) та надійності постачання теплом споживачів.

Метою роботи є обґрунтування та підтвердження можливості одержання низькопотенціальної теплоти шляхом удосконалення сонячних колекторів.

Завдання досліджень:

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- провести аналіз існуючих досліджень та методів розрахунку систем сонячного теплопостачання із сонячними колекторами;
- обґрунтувати доцільність застосування сонячних колекторів для покращення мікроклімату в приміщенні;
- виконати дослідження сонячних колекторів різних конструкцій для визначення найефективнішої;
- розробити інженерну методику для розрахунку основних конструктивних параметрів сонячних колекторів;
- виконати економічне обґрунтування доцільності використання сонячних колекторів.

Об’єкт дослідження – сонячні колектори.

Предмет дослідження – процес отримання низькопотенціальної теплоти сонячними колекторами.

Методи досліджень: теоретичний аналіз; експериментальні, лабораторні та натурні дослідження систем сонячного теплопостачання; математичні методи оброблення експериментальних даних.

Наукова новизна роботи: обґрунтовано можливість застосування сонячних колекторів для систем теплопостачання, що дало можливість знизити собівартість системи сонячного теплопостачання.

Практичне значення одержаних результатів. Удосконалена методика та розроблений алгоритм розрахунку дає змогу встановити основні параметри систем теплопостачання із використанням сонячних колекторів.

Особистий внесок здобувача полягає у аналізі переваг використання сонячних установок та доцільності використання сонячного енергетичного потенціалу на території України для одержання низькопотенціальної теплоти.

Публікації. Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Класифікація систем теплопостачання

Перетворення сонячного випромінювання в енергію пов'язане із значними витратами, і чим вище ексергетичний потенціал отримуваної енергії, тим більша її вартість. Тому в даний час практичне використання сонячної енергії йде в основному у напрямі отримання низькопотенціального тепла, яке може бути застосоване для теплопостачання будівель та деяких технологічних процесів (термообробка збірного залізобетону, сушка кормів і фруктів, пастеризації соків і т.п.) [1].

Основу класифікації систем, що використовують сонячну енергію для вироблення тепла, складають наступні ознаки:

- призначення – системи гарячого водопостачання, опалювання, комбіновані системи теплопостачання (опалювання та гаряче водопостачання);
- час роботи протягом року – сезонні та цілорічні;
- ступінь обхвату споживачів – індивідуальні, групові, централізовані;
- час акумуляції енергії – без акумулятора, з короткостроковою акумуляцією (1-2 доб.), з довгостроковою (сезонною) акумуляцією;
- характер руху теплоносія в процесі нагріву – без циркуляції, з природною або примусовою циркуляцією;
- число контурів – одно-, двох- та багатоконтурні;
- режим відбору тепла – з постійною або змінною температурою теплоносія;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД		
Розробив		Майборода М.О.					
Перевірив		Козак К.М.					
Консульт.		Козак К.М.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61		

– наявність дублюючого джерела енергії – з дублером, без дублера (автономні).

До специфічного устаткування систем сонячного теплопостачання відносяться сонячні колектори і акумулятори сонячної енергії.

1.2. Обладнання установок сонячного теплопостачання

Сонячний колектор (геліоколектор) – основний елемент будь-якої установки, в якому сонячне випромінювання перетвориться в теплову енергію. Це може здійснюватися або в спеціальних пристроях, або безпосередньо конструкціями будівлі. У останньому випадку сонячна установка називається пасивною [2].

Будь-яка будівля, що має світлові отвори, може розглядатися як пасивна система використання сонячної енергії для опалювання. Сонячне випромінювання, проникаючи через отвори, поглинається внутрішніми захищаючими конструкціями та, перетворюючись в тепло, акумулюється в них і передається повітрю в приміщенні. Знижуючи в цей час тепловіддачу опалювальних систем, можна отримати значну економію палива без особливих витрат. На практиці це реалізується у вигляді пофасадного автоматичного регулювання теплопередачі систем опалювання.

Всі сонячні колектори мають загальну деталь – поверхневий або об'ємний поглинач тепла, яке може відводитися з колектора або акумулюватися в нім. Колектори першого типу називають проточними, другого типу – з тепловим акумулятором [3].

По вигляду теплоносія колектори діляться на рідинні та повітряні; по температурі – низькотемпературні (до 100 °C), середньотемпературні (до 200 °C) і високотемпературні (до 3500 °C). Температура нагріву теплоносія прямо пропорційна інтенсивності падаючої на накопичувач сонячної енергії та обернено пропорційна тепловим втратам в навколишнє середовище.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Втрати можна зменшити, використовуючи світлопрозорі покриття і теплову ізоляцію для поглинача у вакуумовані скляні трубки. Проте і при таких конструкціях не вдається нагрівати теплоносії до температури більше 120 ... 150 °С.

Для збільшення інтенсивності сонячної енергії, що поступає, застосовують концентратори різних типів. Сонячні колектори, що працюють без концентраторів, часто називають плоскими. Нижче розглянуто основні конструкції таких колекторів.

Низькотемпературний рідинний колектор з акумуляцією тепла простої конструкції є плоскою ванною, заповненою водою і закритою склом. Літом в ясну погоду він забезпечує нагрівання 50–100 л/м² води до температури 40–60 °С. Низькотемпературні проточні колектори мають поверхневий поглинач і конструктивно можуть бути виконані як з відкритим потоком теплоносія, так і з панеллю або трубами, всередині яких проходить теплоносій [4].

Однією з перших конструкцій колекторів відкритого типу (з відкритим потоком теплоносія) є колектор "Солярис" Томасона (рис. 1.1). У цьому колекторі вода, що подається по трубопроводу з отворами, стікає по поверхні хвилястого листа з алюмінію або оцинкованої сталі в збірний жолоб. Колектор захищений склом. Вся конструкція спирається на крокви південного схилу крівлі.

Вертикальний колектор відкритого типу (рис. 1.2) складається з горизонтально розташованих лотків. Система таких лотків, укріплених на вертикальних ребрах, встановлена із зовнішнього боку утепленої стіни. Із зовнішнього боку система лотків закрита склом. Зовнішні стінки лотків зачорнені, а самі лотки заповнені водою. Подачу води здійснюють через верхній лоток, відбір - через нижній водозбірний лоток [5].

Загальний недолік колекторів відкритого типу – високі тепловтрати внаслідок тепломасообміну між теплоносієм та світлопрозорим склінням. Проте у них є і істотна перевага – вони не схильні до замерзання. Виконують

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

такі панелі з металу, пластмас або ламінуючих тканин (рис. 1.3, а–в). Трохи поступаються панельним поглиначі з ряду паралельних труб або труб з плавниковими ребрами (рис. 1.3, г). Великого поширення набули поглиначі з листа, що знаходяться в тепловому контакті з трубами (рис. 1.3, б, е, ж). Для таких конструкцій поглиначів особливо важливе значення має теплопровідність з'єднань. Так, для надійно припаяних труб вона складає 1,5–1,7 кВт/(м²·град), а для погано закріплених – 6–10 Вт/(м²·град).

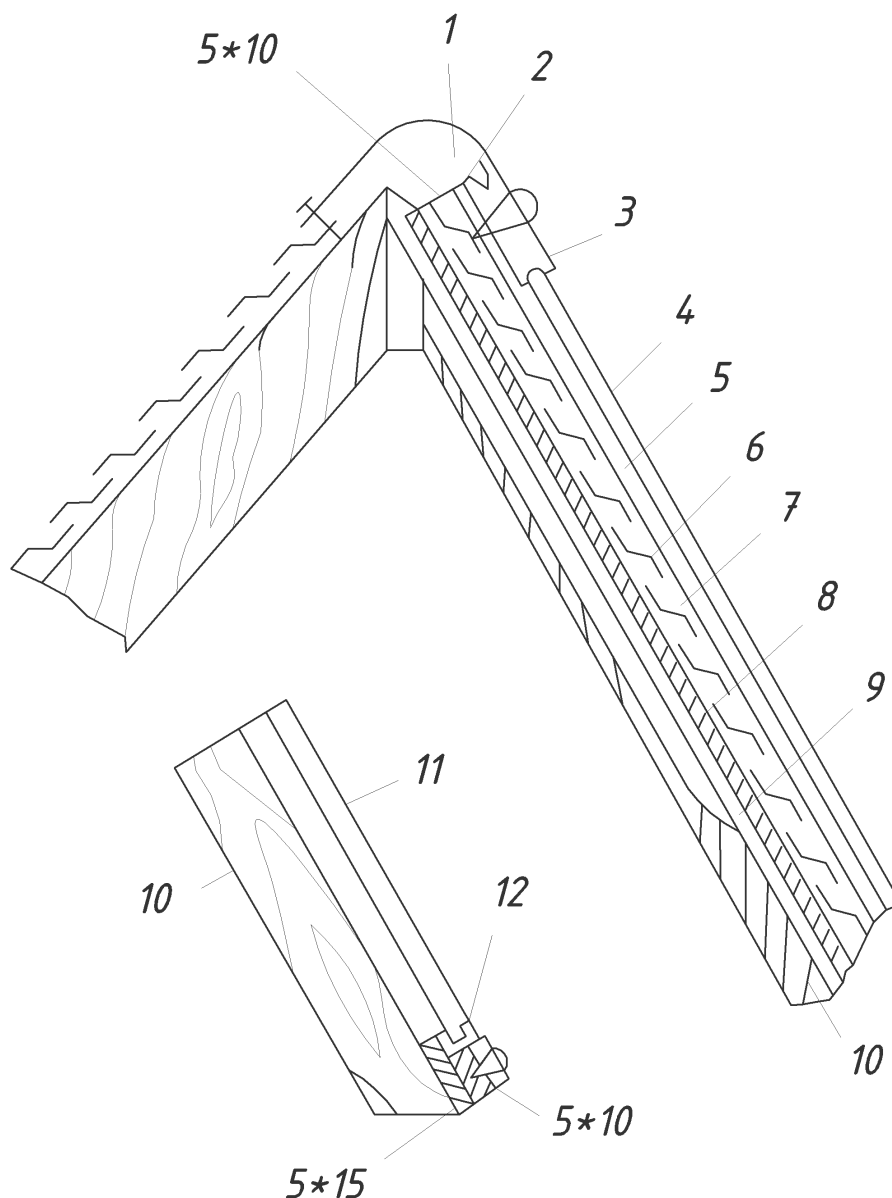


Рис. 1.1. Колектор "Солярис" Томасона

1 – алюмінієвий фартух; 2 – резинова пластина; 3 – резинова прокладка; 4 – скло;
5 – мідна труба d=12,5 мм; 6 – хвилястий алюмінієвий лист; 7 – ізоляція зі скловолкна;
8 – крівля; 9 – решітка; 10 – стропило; 11 – скло; 12 – жолоб колектора

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Кращі теплотехнічні показники мають рідинні проточні колектори з поглиначами у вигляді плоскої панелі з каналами. Можна істотно збільшити ефективність сонячного колектора, застосовуючи селективні покриття, що забезпечують високу поглинаючу здатність по відношенню до сонячного випромінювання і низьку власну випромінювальну здатність.

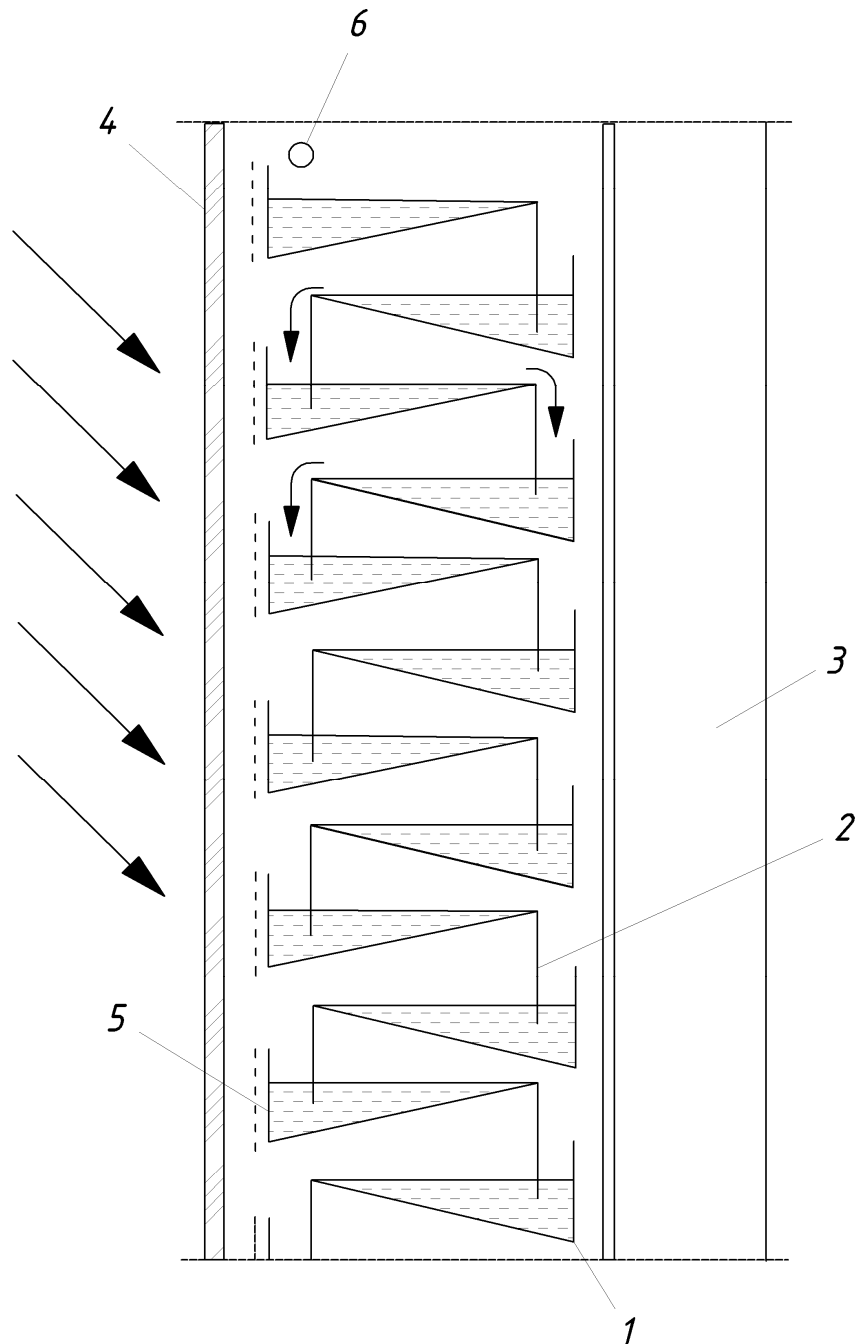


Рис. 1.2. Колектор відкритого типу

1 – лоток; 2 – фартух лотка; 3 – стіна будинку (теплоізоляція);
4 – засклення; 5 – поглинаюче покриття; 6 – патрубок для подачі води

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

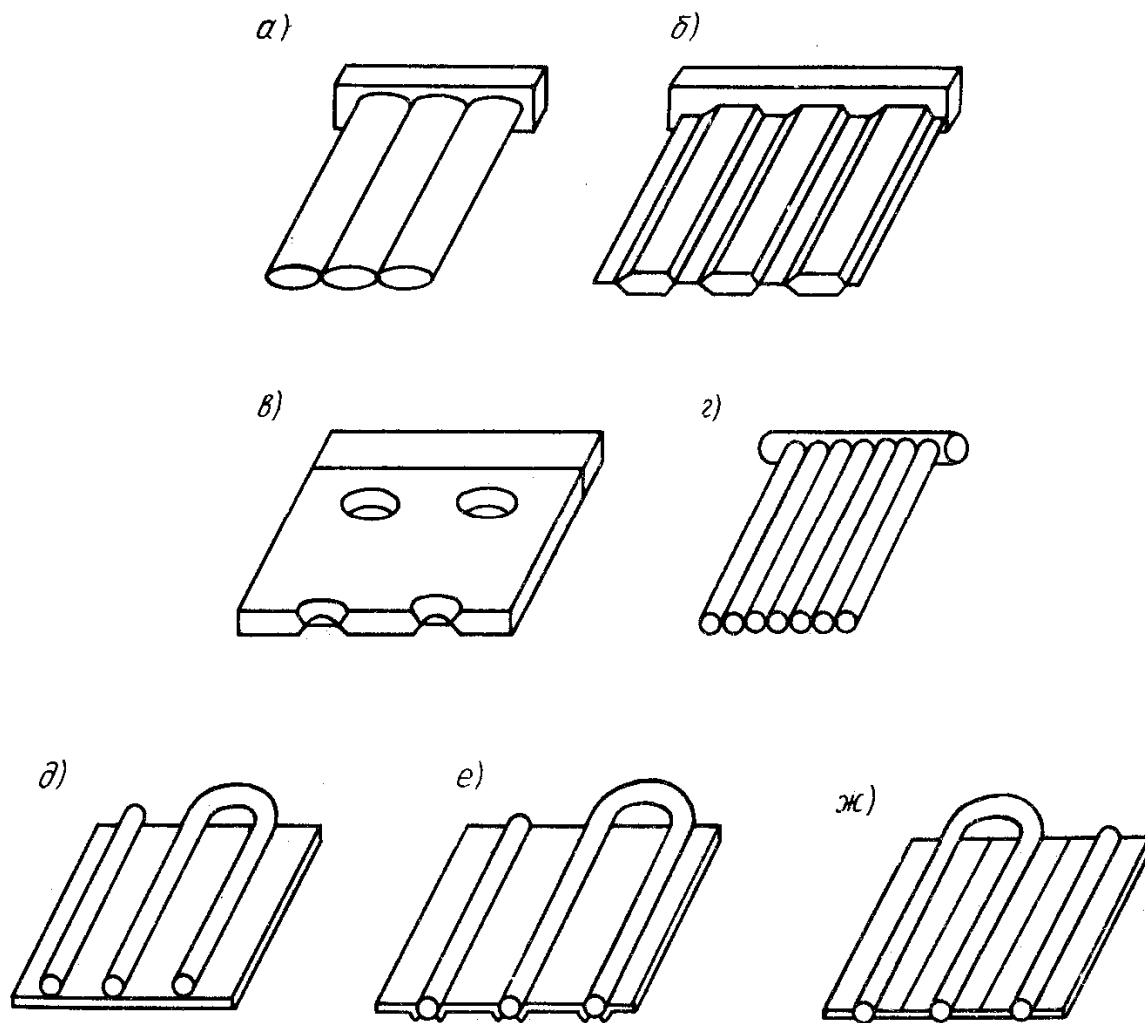


Рис. 1.3. Типи поглиначів проточних колекторів

а – панельний з пластмаси; б – штампозварний панельний з каналами;
в – штампозварний панельний; г – трубчастий; д – листотрубний;
е – трубчастий з поглинаючими вставками; ж – трубчастий з подовжніми ребрами

Таке можливе завдяки тому, що поглинання і випромінювання відбуваються в далеких один від одного областях спектру – поглинання в короткохвильовій (ультрафіолетовій, видимій та високотемпературній інфрачервоній) зоні, а випромінювання – в довгохвильовій (низькотемпературній інфрачервоній) зоні.

Наносячи на поглинаючу поверхню ряд тонких шарів діелектрика, металів або їх оксидів, можна забезпечити високий коефіцієнт поглинання сонячної радіації α при низькому ступені чорноти покриття ε . Особливо ефективно застосування селективних покриттів у вакуумованих колекторах, в

яких забезпечується надійна ізоляція від вологи і, отже, довговічність селективних покриттів. Розроблені технологічні процеси, що дозволяють виготовляти фольгу або плівку з селективними властивостями, яку потім приклеюють на поверхню колектора. Вплив селективності на ефективність колектора помітно при відношенні $\alpha/\varepsilon = 7...20$. Найбільшого поширення набули покриття типу "чорний нікель" і "чорний хром", що наносяться електрохімічним способом, у яких відношення $\alpha/\varepsilon = 9...12$.

Подальше підвищення ефективності колектора досягається за інших рівних умов в результаті застосування селективних покриттів скління. Скло, покрите двоокисом олова, трохи гірше пропускає сонячні промені в області спектру 0,3...2,5 мкм, та зате майже повністю відображає довгохвильові промені, знижуючи тепловтрати колектора [6].

Однією з проблем конструювання повітряних колекторів є збільшення коефіцієнта тепловіддачі поглинача. З цією метою прагнуть створити турбулентний потік повітря або збільшити поверхню теплообміну за рахунок ребер. На рис. 1.4 зображено повітряний сонячний колектор типу *CH-2Q*, що складається з "сонячної кришки" і турбулізуючих пластин (рис. 1.4). «Сонячна кришка», що включає засклення та поглинаючий сталевий лист, встановлена на опорній конструкції, на якій укладено теплоізоляцію, що закрита турбулізуючими пластинами з оцинкованої сталі завтовшки 0,5 мм. Повітря нагрівається в каналі між поглинаючою та турбулізуючою пластинами. З колекторів типа *CH-2Q* збирають так звані "сонячні дахи".

Як було відмічено раніше, існують також колектори, що збільшують інтенсивність сонячної енергії, яка поступає. У таких колекторах між джерелом та приймачем випромінювання встановлений оптичний пристрій – концентратор, – завдяки чому збільшується щільність променистого потоку, падаючого на приймач, в порівнянні з плоским колектором, рівним за площею виходу в оптичний пристрій. Чисельне значення цього збільшення називають ступенем концентрації [7].

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

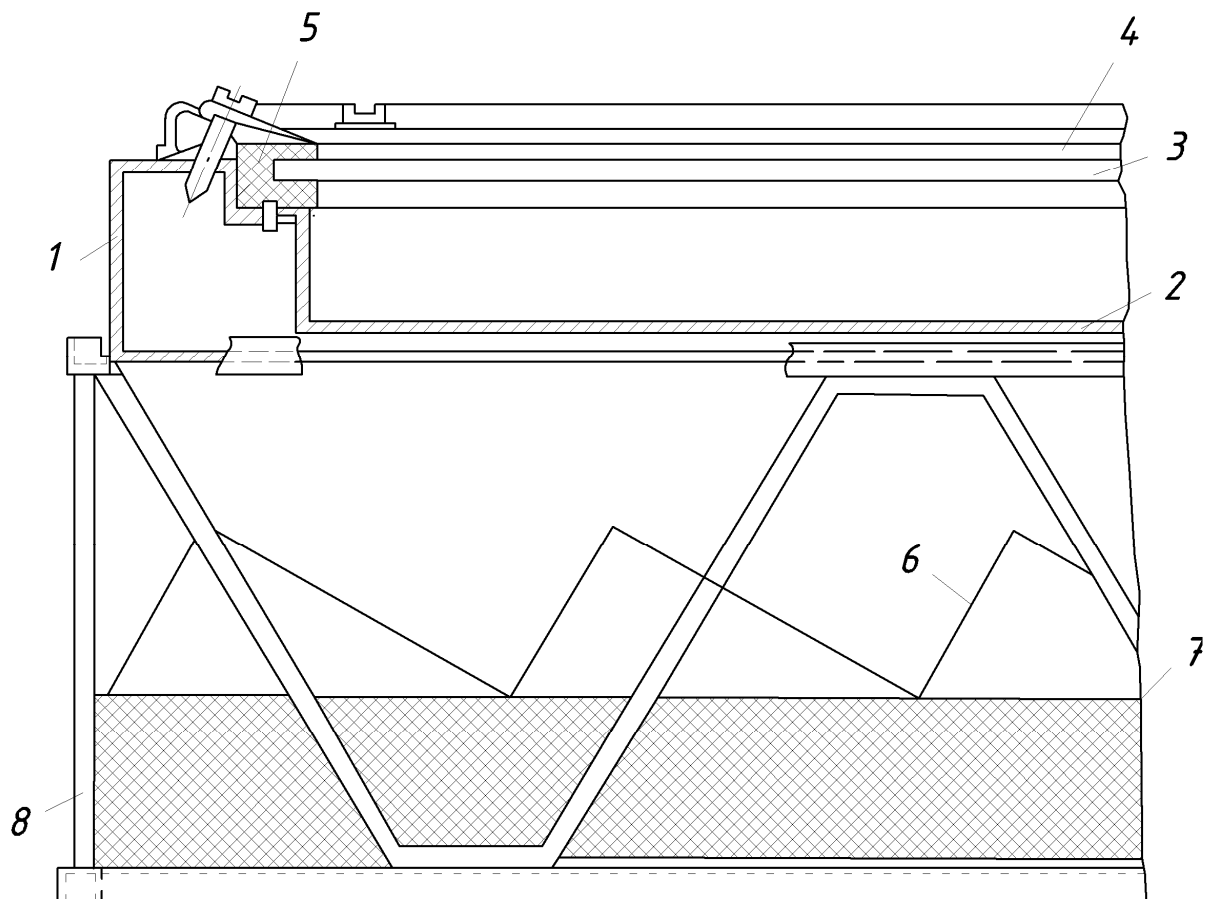


Рис. 1.4. Повітряний сонячний колектор типу СН-2Q

1 – корпус; 2 – поглинаюча сталева пластина; 3 – загартоване скло; 4 – ущільнююча гума; 5 – гумові ущільнювачі; 6 – турбулізатор; 7 – ізоляція $\delta = 100$ мм; 8 – каркас

Плоскі колектори (рис. 1.5) використовують в комунально-побутовій сфері для гарячого водопостачання і опалювання житлових та громадських будівель, в сільськогосподарському виробництві при переробці і зберіганні продукції, в промисловості (текстильній, харчовій та ін.) – в технологічних процесах, що вимагають невисоких (до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур. За кордоном плоскі сонячні колектори широко застосовують також для підігріву води у відкритих плавальних басейнах в літній час. В цьому випадку необхідно незначене (лише на декілька градусів) підвищення температури. Тому поглинаюча панель, як правило, з пластмаси або гуми, використовується без застосування теплоізоляції та корпусу.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

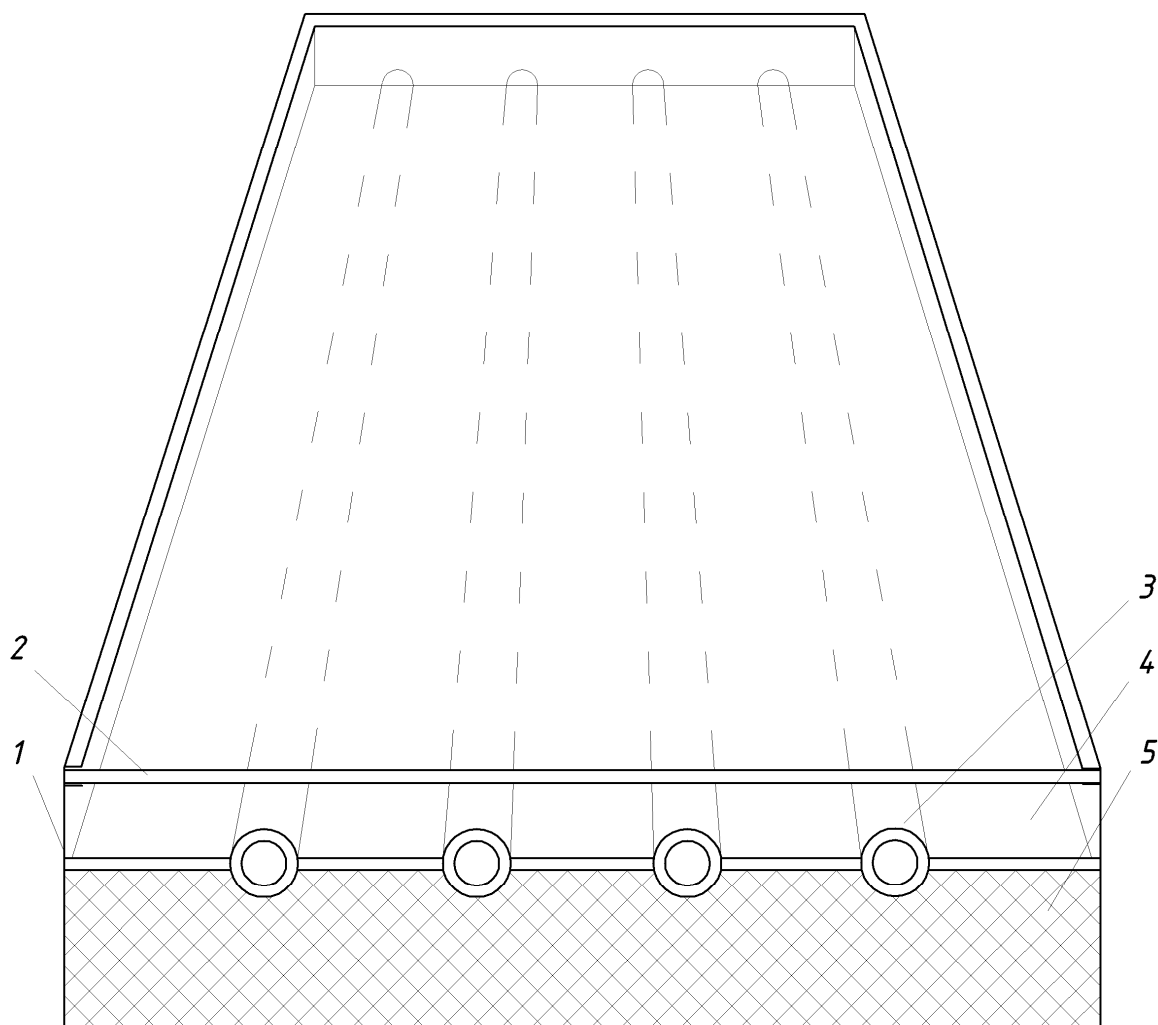


Рис. 1.5. Плоский сонячний колектор

1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія;
4 – поглинаюча панель; 5 – теплова ізоляція

Більшість плоских сонячних колекторів складаються з чотирьох основних елементів:

- поглинаючої панелі з каналами для теплоносія, на поверхню якої нанесено покриття, що забезпечує поглинання не менше 90 % падаючого сонячного випромінювання;
- прозорої ізоляції, що складається з одного або двох шарів скла;
- теплової ізоляції, що знижує втрати теплоти в навколишнє середовище через днище колектора та його бічні грані;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

– корпусу, де розташовані поглинаюча панель та теплова ізоляція, і який звернуто закритий прозорою ізоляцією.

У колекторі падаюче сонячне випромінювання перетворюється в теплоту, яка відводиться потоком теплоносія (вода, антифриз, повітря і ін.), що протікає по каналах поглинаючої панелі. Прозора ізоляція знижує конвективні та променисті втрати теплоти від поглинаючої панелі в атмосферу, внаслідок чого зростає теплопродуктивність колектора. Як відомо, більшість прозорих середовищ, зокрема скло, пропускають промені селективно, тобто їх пропускна здатність залежить від довжини хвилі падаючого випромінювання. Звичайна шибка залежно від вмісту в ній заліза пропускає до 85...87 % сонячного випромінювання, але є практично непрозорою для власного теплового випромінювання панелі. Перехід від одинарного скління до подвійного приводить до зменшення теплових втрат через прозору ізоляцію, але одночасно зменшується і щільність потоку випромінювання, що падає на поглинаючу панель [8].

Типовими конструкціями поглинаючих панелей колекторів є наступні:

- стандартний панельний опалювальний радіатор (рис. 1.6, а);
- панель, що складається з двох оцинкованих сталевих листів – гофрованого і плоского (рис. 1.6, б);
- прокатно-зварна алюмінієва панель (рис. 1.6, в);
- реєстр із труб з металевим листом. Способи кріплення листа показані на рис. 1.6, г, д;
- реєстр із труб з розпираючими металевими пластинами (рис. 1.6, е), бічні кромки яких притиснуті до труб, що забезпечує хороший тепловий контакт між пластинами і трубами;
- реєстр із труб з поперечними (рис. 1.6, ж) і подовжніми (рис. 1.6, з) ребрами.

Поглинаюча панель повинна володіти наступними основними властивостями:

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- корозійною стійкістю по відношенню до теплоносія з метою забезпечення високого терміну служби виробу;
- невеликою масою;
- хорошим тепловим контактом між листом і трубами, необхідним для досягнення високої ефективності роботи колектора;
- технологічністю з метою зниження витрат на виготовлення.

Конструкції, зображені на рис. 1.6, далеко не вичерпують всього різноманіття конструктивних рішень основного елементу колектора, а це свідчить про те, що жодне рішення повністю не задовольняє розробників.

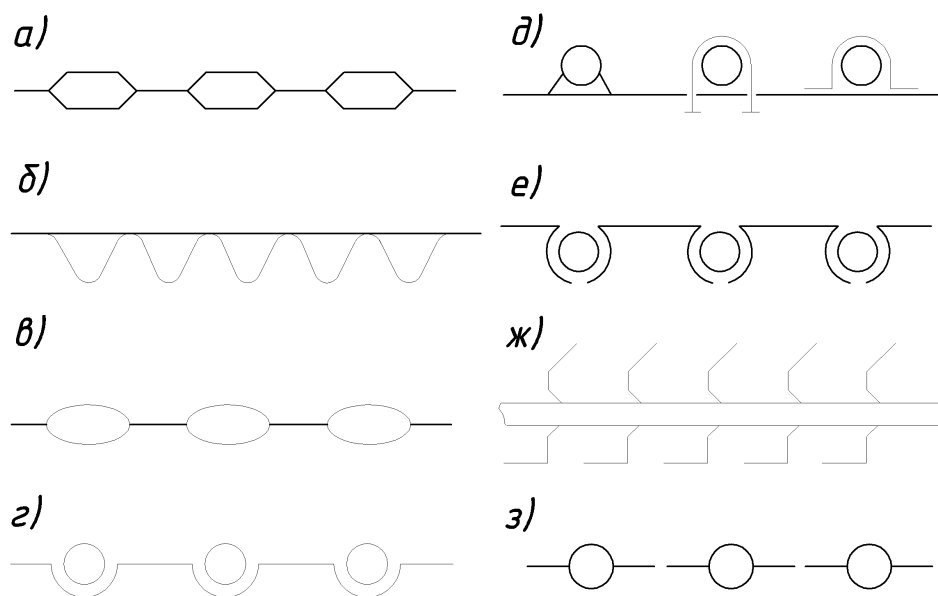


Рис. 1.6. Конструкції поглинаючих панелей колекторів (поперечний перетин)

а – стандартний панельний опалювальний радіатор; б – панель з двох оцинкованих сталевих листів – гофрованого і плоского; в – прокатно-зварна алюмінієва панель; г – реєстр з труб з прикріпленням до них листом; е – реєстр з труб з розпираючими металевими пластинами; ж – реєстр з труб з поперечними ребрами; д – з'єднання металевих листа і труби; з – реєстр з труб з подовжніми ребрами

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 лише

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

денні, середні за місяць денні суми або повні протягом місяця суми сонячної енергії. Проте ці дані можна отримати також з відповідної літератури.

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 [9, 10].

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

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

поверхню, МДж/м²;

I_0 – погодинне надходження сонячної енергії за межами атмосфери (сонячна стала), МДж/м².

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.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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-Уіллера-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:

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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, м²;

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

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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 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.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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 системи з пасивним використанням сонячної енергії мають відносно невисоку вартість та є екологічними, проте в них складно контролювати параметри внутрішнього повітря та здійснювати необхідний повітрообмін у приміщенні, а системи з активним використанням сонячної енергії – високовартісні, то доцільно використовувати системи сонячного теплопостачання з комбінованими геліонагрівниками (геліопанелями).

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 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Загальні відомості про системи сонячного опалювання та теплопостачання

Системи сонячного теплопостачання житлових, громадських та виробничих будівель, а також технологічних процесів є найбільшою галуззю геліотехніки, що інтенсивно розвивається. Кількість технічних та схемних рішень, методів розрахунку, проектування та будівництва, кількість використовуваних матеріалів і устаткування надзвичайно велика. Досить сказати, що ще до 1990 року в колишньому СРСР і за кордоном видано понад 3000 авторських свідоцтв і патентів на системи сонячного теплопостачання, розроблено безліч проектів систем різного призначення і різної потужності, у тому числі для теплопостачання крупних громадських будівель, груп житлових будинків та цілих мікрорайонів.

У нашій країні найбільш розробленими є установки сонячного гарячого водопостачання житлових та громадських будівель сезонної дії.

До простих з них можна віднести установки гарячого водопостачання з ємкісними водопідігрівачами або швидкісні з природною циркуляцією, які застосовують для будівель з малим тепловим навантаженням. Їх недоліком є необхідність установки бака-акумулятора на даху. Проте, завдяки простоті виготовлення і обслуговування розглянутих систем, вони набули широкого поширення серед дрібних споживачів, і хоча в країні вже розроблений ряд типових проектів, в даний час активно ведуться роботи по вдосконаленню їх конструкції та методів розрахунку.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					
Розробив		Майборода М.О.			ОСНОВНА ЧАСТИНА	Літера	Аркуш	Аркушів	
Перевірив		Козак К.М.							
Консульт.		Козак К.М.							
Н. контр.		Коваль В.П.				ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61			
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.							

Для будівель із значними тепловими навантаженнями такі схеми не придатні, оскільки в цих випадках використовують системи з великими поверхнями колекторів та акумуляторами великої місткості, що не дозволяє розташовувати їх разом. Такі системи набули поширення для теплопостачання закладів відпочинку, багатоповерхових житлових будівель, готелів та ін.

Системи опалювання розділяють на: пасивні, активні, комбіновані.

За кордоном широкого поширення набули системи повітряного опалювання, де як акумулятори використовують конструкції будівлі або спеціальну кам'яну засипку під ним. У нашій країні в цьому напрямі результати робіт явно недостатні та відпрацьовані, хоча повітряні системи теоретично ефективніше рідинних, в яких власне система опалювання виконана низькотемпературною панельний-променистою або високотемпературною із звичайними нагрівальними приладами.

2.2. Низькопотенціальна панельно-промениста система опалювання

В с. Колісне Одеської області побудовано та випробувано індивідуальний житловий будинок з автономною низькотемпературною панельно-променистою системою опалювання.

При розробці системи сонячного теплопостачання житлового будинку було внесено ряд змін в архітектурно-будівельну частину будинку, направлених на його пристосування до вимог сонячного теплопостачання:

- використана ефективна кладка з утеплювачем для зовнішніх стін і потрійне скління віконних отворів;
- змійовики системи опалювання суміщені з міжповерховими перекриттями;
- передбачений підвал для розміщення устаткування;
- проведено додаткове утеплення горища та утилізацію тепла

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

витажного повітря.

У архітектурно-компонувальному відношенні будинок виконаний в двох рівнях. На першому поверсі розміщені загальна кімната, спальня, кухня, ванна кімната та комора, а на другому – дві спальні і санвузол, передбачена електроплита для приготування їжі. Устаткування системи сонячного теплопостачання (окрім колекторів) розташоване в підвалі. Дублером системи служать електроводонагрівачі, що дозволяє здійснити єдине енерговведення в будівлю та підвищити комфортні якості житла.

Система сонячного теплопостачання житлового будинку (рис. 2.1) складається з трьох контурів: теплоприймного циркуляційного та контурів опалювання і гарячого водопостачання. До складу першого з них входять сонячні водонагрівачі, змішувик-теплообмінник бака-акумулятора, циркуляційний насос і теплообмінник "труба в трубі" для роботи системи в літній час в режимі з природною циркуляцією. Устаткування об'єднане системою трубопроводів з арматурою, контрольно-вимірювальними приладами і приладами автоматики.

У бак-акумулятор місткістю 16 м³ вмонтовані двохсекційний змієвиковий теплообмінник з площею поверхні 4,6 м² для теплоносія циркуляційного контура і одностекційною теплообмінник з площею поверхні 1,2 м² для системи гарячого водопостачання. Теплоємність бака з температурою води в ньому +45 °С забезпечує тридобову потребу житлового будинку в теплі. Теплообмінник типу "труба в трубі" поверхнею 1,25 м² розміщений під стріхою даху будинку.

Контур опалювання складається з двох послідовно з'єднаних ділянок: панельно-променевої з потоковими опалювальними панелями, які забезпечують роботу системи в базовому режимі з перепадом температур води 45...35 °С, і вертикально-однотрубною з конвекторами типу "Комфорт", які забезпечують пікові навантаження системи опалювання з перепадом температур води 75 ... 70 °С.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

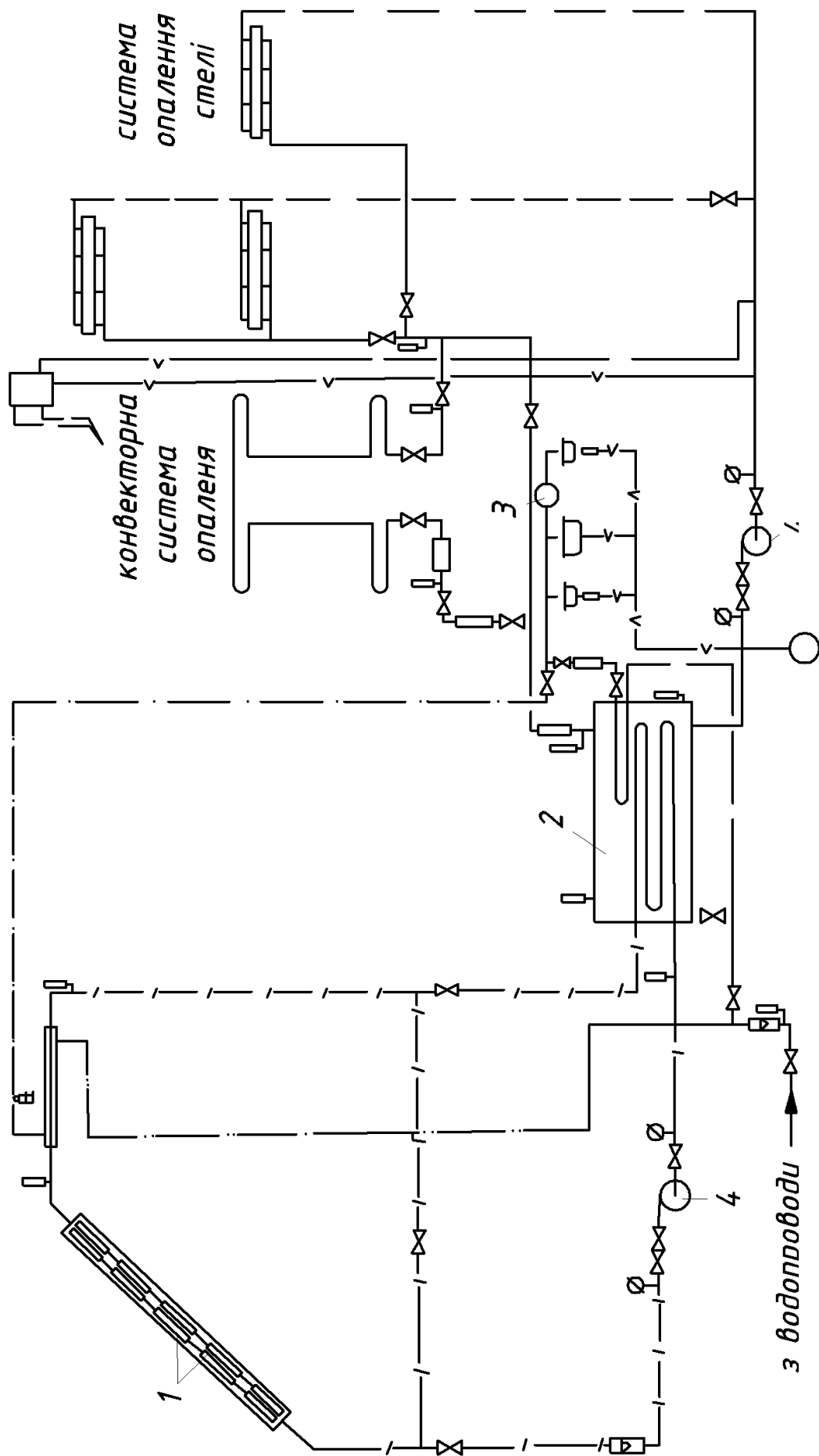


Рис. 2.1. Принципова схема системи сонячного теплопостачання житлового будинку в с. Колісне Одеської обл.

1 – колектор; 2 – бак нагрівоті води; 3 – електропроводонагрівач; 4 – циркуляційний насос

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
------	------	-------------	--------	------

ДРМ 316.18.00.000 ПЗ

Арк.

Змійовики труб опалювальних панелей замонітовані в штукатурно-обробний шар круглопустотних панелей стельового перекриття. Конвектори встановлюються під вікнами. Піковий підігрів води здійснюється проточним електроводонагрівачем ЕПВ-2 потужністю 10 кВт. Він також служить дублером системи опалювання.

До складу контура гарячого водопостачання входить теплообмінник, вбудований в бак-акумулятор, та другий проточний електроводонагрівач як доводчик та дублера системи.

Протягом опалювального періоду теплота від колекторів передається теплоносієм (45 %-м водним розчином етиленгліколя) воді в бак-акумуляторі, яка насосом прямує в змійовики опалювальної панелі, а потім повертається знов в бак-акумулятор.

Необхідна температура повітря в приміщенні будинку підтримується автоматичним регулятором РРТ-2 шляхом включення та виключення електроводопідігрівача на конвекторній ділянці системи опалювання.

Літом система забезпечує потреби гарячого водопостачання від теплообмінника типу "труба в трубі" при природній циркуляції теплоносія в теплоприйомному контурі. Перехід на спонукальну циркуляцію здійснюється за допомогою електронного диференціального регулятора РРТ-2.

2.3. Низькопотенціальна система теплопостачання з теплонасосною установкою

Для чотирикімнатного житлового будинку мансардного типу пропонується низькопотенціальна система сонячного теплопостачання з теплонасосною установкою.

На першому поверсі знаходяться загальна кімната, кухня, ванна, господарське приміщення, а на другому – три спальні. У цокольному поверсі розміщені гараж, погріб, а також приміщення для устаткування системи

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сонячного теплопостачання. З будинком з'єднана господарська споруда, яка включає літню кухню, душ, навіс, інвентарну та майстрову.

Автономна система сонячного теплопостачання (рис. 2.2) являє собою комбіновану сонячну теплонасосну установку, призначену для забезпечення потреб опалювання (розрахункові тепловтрати будинку 11 кВт) та гарячого водопостачання протягом всього року. Недостача сонячної теплоти та теплоти від компресора теплонасосної установки покривається за рахунок електропідігріву. Система складається з чотирьох контурів: теплоприймного циркуляційного, контурів теплонасосної установки, опалювання і гарячого водопостачання.

До складу обладнання теплоприймного контура входять сонячні колектори, теплообмінник "труба в трубі" і бак-акумулятор місткістю 16 м³ з вбудованим в нього теплообмінником з площею поверхні 6 м². Сонячні колектори з двошаровим склінням загальною площею 70 м² розміщено в рамі на південному схилі даху будинку під кутом 55° до горизонту. Як теплоносій використаний 45 %-й водний розчин етиленгліколя. Теплообмінник розміщений під стріхою даху, а решта устаткування розташована в підвальному приміщенні будинку.

Теплонасосною установкою служить компресорно-конденсаторний холодильний агрегат теплопродуктивністю 11,5 кВт і споживаною потужністю 4,5 кВт. Робочим агентом теплонасосної установки є фреон-12. Компресор – поршневий безсальниковий, конденсатор та випарник – кожухотрубні з водяним охолодженням. До складу устаткування контура опалювання входять циркуляційний насос, опалювальні прилади типу "Комфорт" та проточний електроводонагрівач як доводчик та дублер.

До складу устаткування контура гарячого водопостачання входять водонагрівач об'ємом 0,4 м³ з поверхнею теплообмінника 0,47 м² та кінцевий електронагрівач потужністю 1 кВт. Циркуляційні насоси всіх контурів – типу ЦВЦ, безсальникові, вертикальні, малошумні, безфундаментні.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

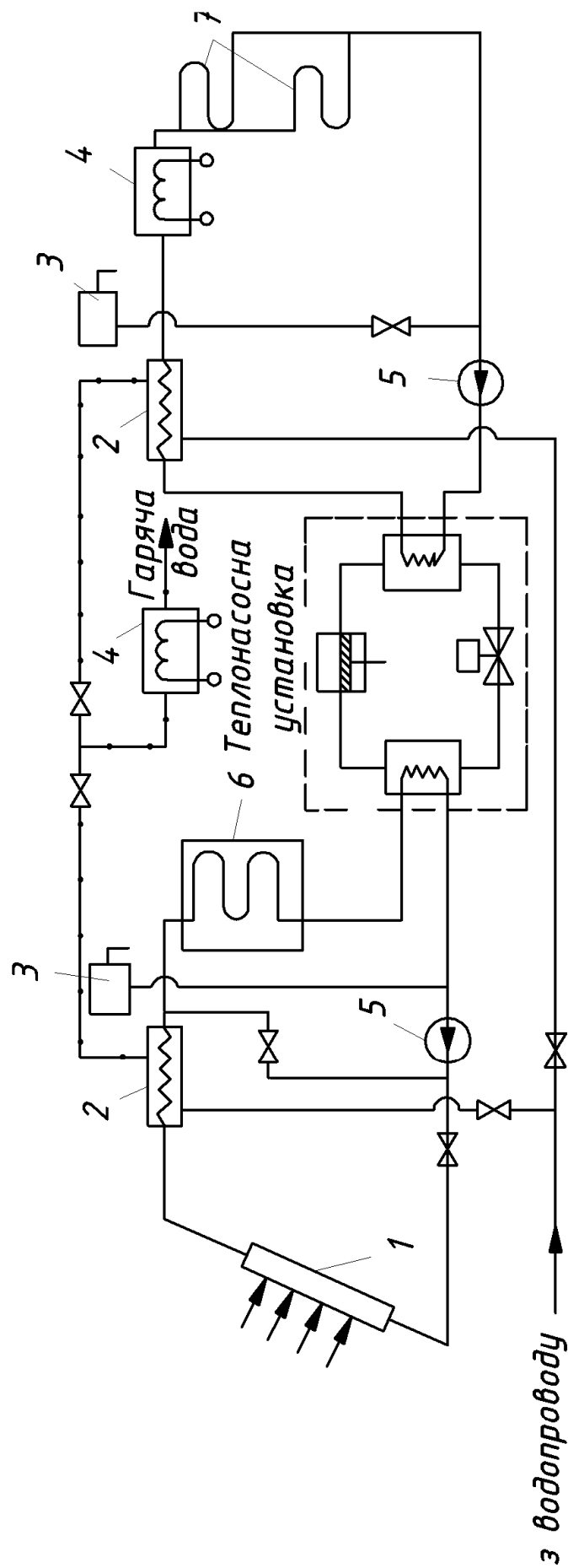


Рис 2.2. Принципова схема системи тепlopостачання житлового будинку з теплонасосною установкою

1 – сонячний колектор; 2 – теплообмінник; 3 – розширювальний бак; 4 – електроподогреватель; 5 – насос; 6 – бак-аккумулятор; 7 – опалювальні панелі

Система працює таким чином. Теплоносії передає тепло від колекторів воді в баку-акумуляторі і фреону у випарнику теплового насоса. Пароподібний фреон після стиснення в компресорі конденсується в конденсаторі, нагріваючи при цьому воду в системі опалювання і водопровідну воду в системі гарячого водопостачання.

За відсутності сонячної радіації та витрати теплоти, запасеної в баку-акумуляторі, теплонасосна установка вимикається та теплопостачання будинку здійснюється повністю від електроводонагрівачів. Взимку теплонасосна установка знаходиться в роботі лише при певному рівні від'ємних температур зовнішнього повітря (не нижче -7°C) з тим, щоб виключити замерзання води в баку-акумуляторі. Літом система гарячого водопостачання забезпечується теплотою в основному при природній циркуляції теплоносія через теплообмінник типу "труба в трубі".

В результаті експлуатації в різних режимах роботи комбінована сонячна теплонасосна установка дозволяє заощадити близько 40 ГДж/рік.

2.4. Методи розрахунку та проектування установок сонячного теплопостачання

В даний час розроблено безліч методів розрахунку систем сонячного теплопостачання, які умовно можна класифікувати по наступних чинниках:

- рівню математичного опису: повна або спрощена математична модель системи та її елементів;
- режиму роботи, для якого виконують розрахунок: номінальний, експлуатаційний;
- використанню обчислювальних засобів для розрахунків.

Кожен метод розрахунку має свої переваги, обмеження й доцільну область застосування. Залежно від типу використовуваної системи, вживаного устаткування визначається і метод її розрахунку.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Найбільш простим є метод розрахунку по середній точці, коли лінійну або навіть нелінійну характеристику системи або елемента заміняють одним значенням – найчастіше такий розрахунок ведеться по ККД. Цей метод, природно, має найбільші похибки, проте він простий, дозволяє оперативно порівнювати різні варіанти і при хорошому знанні використовуваних величин може бути рекомендований для попередніх розрахунків на стадії техніко-економічного порівняння варіантів.

Розрахунок на математичних моделях доцільно проводити в першу чергу для знаходження за допомогою ЕОМ показників системи в експлуатаційному режимі і для розрахунків експериментальних геліосистем, що розробляються. При переході до типового проектування докладні математичні моделі можуть замінюватися складеними на їх основі номограмами або рівняннями регресії, які дозволяють легко проводити техніко-економічну оптимізацію проектних рішень. Проте вони, як правило, описують конкретне схемне рішення, прив'язані до певних кліматичних умов, типу устаткування і т.д., що вимагає певного навику при розповсюдженні отриманих результатів на суміжні області.

Найбільш поширеним за кордоном методом розрахунку систем теплопостачання є f -метод. Основні положення методу полягають у використанні результатів детальних обчислень довгострокових характеристик системи на математичних моделях для складання рівнянь регресії, що описують їх залежність від величин двох безрозмірних комплексів, які мають певний фізичний сенс:

U – відношення поглинутої за місяць сонячної радіації до теплового навантаження за той же період;

X – відношення місячних теплових втрат колектора при деякій базисній температурі до повного місячного теплового навантаження.

Слід зазначити, що f -метод не дуже зручний для оптимізаційних розрахунків, вимагає великого об'єму обчислень, проте зі всіх існуючих в даний

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

час методів розрахунку систем теплопостачання він найбільш універсальний. Приведені нижче методи розрахунку, які розробляються вітчизняними дослідниками, призначені для знаходження оптимальних параметрів систем, що забезпечує максимальне значення цільової функції. Це може бути економія приведених витрат на даний варіант теплопостачання, забезпечення необхідного коефіцієнта покриття навантаження за даних умов і т.д.

Установки сонячного гарячого водопостачання (УСГВ) виконують з рідинними або комбінованими сонячними колекторами, одно-, двох- або багатоконтурні, з природною (термосифонною) або примусовою циркуляцією; бак-акумулятор може бути суміщений або не суміщений з теплообмінником.

Найбільш прості в конструкції проточні одноконтурні системи (рис. 2.3, а). Проте при використанні в них серійних колекторів, що випускаються вітчизняною промисловістю, їх головний недолік – схильність корозії – зводить нанівець всі можливі переваги.

Для підвищення корозійної стійкості та забезпечення можливості роботи з антифризом як теплоносієм в зимовий час, системи найчастіше виконують двух- або багатоконтурними (рис. 2.3, б).

Недоліком термосифонних систем є їх низька теплова ефективність, внаслідок малих швидкостей руху теплоносія. Для її підвищення в крупних системах, як правило, використовують примусову циркуляцію, що, у свою чергу, найефективніше при максимально низькій температурі теплоносія, який подається в колектори. Ця температура значною мірою залежить від схеми приєднання бака-акумулятора.

Найбільш простою є схема, яка передбачає наповнення бака-акумулятора водою, нагрітою в швидкісному теплообміннику (рис. 2.3, в). Ця схема забезпечує охолодження теплоносія циркуляційного контура в межах, обмежених температурою водопровідної води. Проте система працює тільки певний час, оскільки у міру зростання температури води в баку

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

підвищується рівень радіації, яка може бути корисно використана. Тому при роботі системи з постійною витратою теплоносія в післяполудневий час температура води в баку обов'язково знижується, а при роботі з нагріванням води до заданої температури робочим є лише обідній час. Установка теплообмінника в баку-акумуляторі (рис. 2.3, г) знижує тепловтрати обладнання, проте при цьому внаслідок низьких значень коефіцієнтів теплообміну зростає площа поверхні теплообмінника. Ця схема теж обмежена під час роботи і, крім того, з підвищенням температури в акумуляторі зростає температура теплоносія, що подається в геліоприймач.

Прагнення інтенсифікувати теплообмін привело до появи схем з проміжним контуром (рис. 2.3, д).

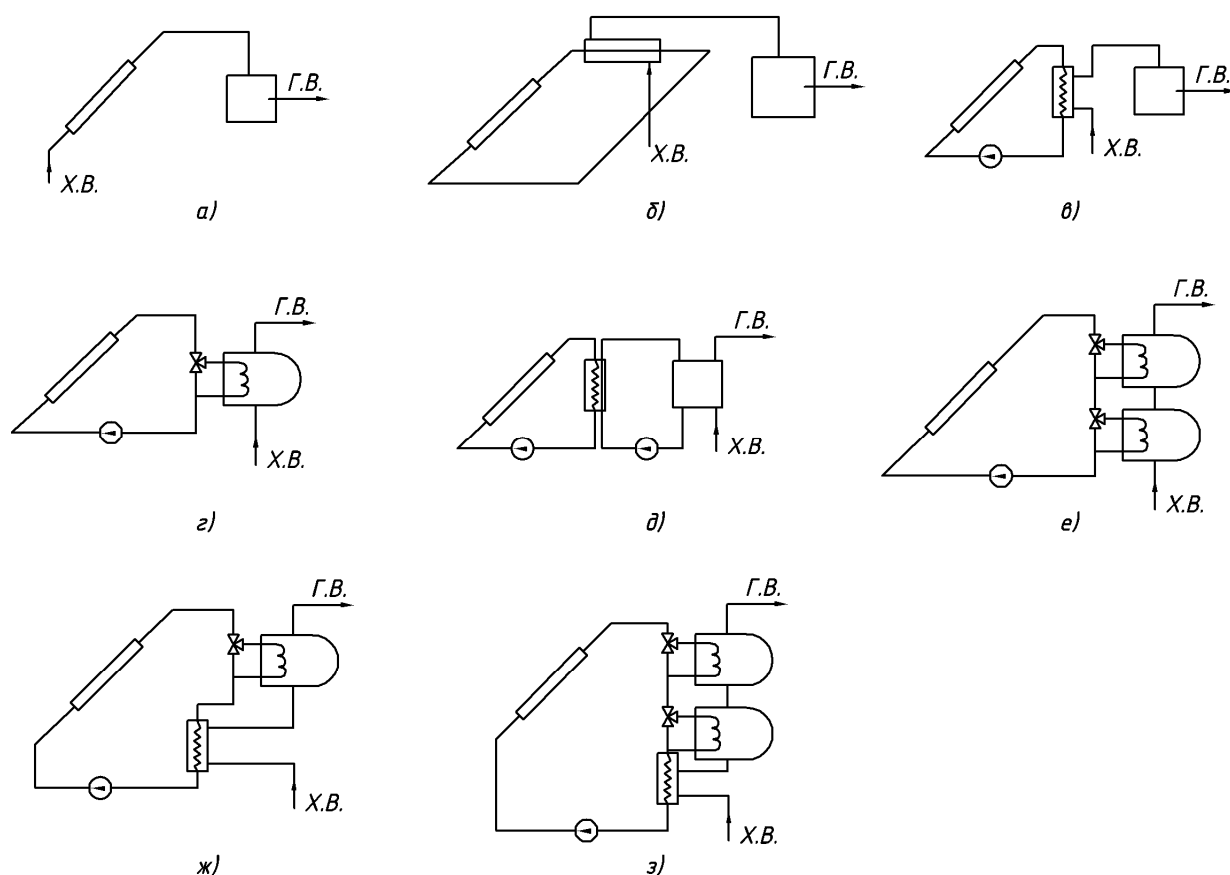


Рис. 2.3. Принципові схеми установок сонячного гарячого водопостачання

а – одноконтурні проточні; б – двоконтурні з природною циркуляцією;
в – двоконтурні з примусовою вентиляцією; г – двоконтурні з теплообмінником в баку-акумуляторі; д – з проміжним контуром; е – з секційним баком-акумулятором;
ж – з секційним баком-акумулятором; з – зі швидкісним теплообмінником

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Збільшити ефективність схеми можна за рахунок використання явища стратифікації води в акумуляторі. Сумарну місткість бака-акумулятора розбивають на секції (рис. 2.3, е) і завдяки відмінності температур в секціях, теплоносій в колекторі подається з нижчою температурою, ніж в схемах з і д, при тій же середній температурі закумуляованої води. Збільшується час корисної роботи, оскільки в післяполудневий час колектори можуть працювати лише на секцію з нижчою температурою, що істотно збільшує теплову віддачу системи. Проте у зв'язку з об'ємом останньої секції система не може працювати весь світловий день. Установка швидкісного теплообмінника після останньої секції акумулятора (по ходу теплоносія циркуляційного контура) дозволяє системі працювати протягом всього часу інсоляції (рис. 2.3, ж, з).

Для порівняльного аналізу, вибору раціонального числа секцій акумуляторів і площі теплообмінників, витрат в контурі проміжної циркуляції та інших параметрів необхідно провести дослідження таких систем.

2.5. Архітектурно-конструктивні особливості реалізації проектів

При проектуванні сонячних установок розміщення колекторів є одним з найбільш складних питань внаслідок їх великої площі (для гарячого водопостачання потрібно 1.. 2 м² на 1 людину, а для опалювання – 0,4...0,5 м² на 1 м² площі опалювальних приміщень). При цьому необхідно врахувати потрібну орієнтацію і нахил робочої поверхні, забезпечити максимальну незатіненість, а також можливість огляду, очищення і ремонту колекторів.

Геолітехнічні розрахунки показали, що якнайкращою орієнтацією колекторів при рівнинному характері місцевості є південь з можливим відхиленням на схід і захід до 15... 20°.

Кут нахилу колекторів залежить від умов експлуатації установок. Для цілорічних систем він приблизно рівний широті місцевості; для систем

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сезонної (літнього) дії – широті місцевості мінус 15 ... 20°, для систем опалювання – широті місцевості плюс 15 ... 20°.

При виборі кута нахилу колекторів необхідно враховувати, як це відіб'ється на зовнішньому вигляді будівлі. При малих кутах нахилу засклена поверхня колектора, встановленого на крівлі будівлі, буде практично не видна з рівня землі. Вертикальний або близький до вертикального колектор великої площі буде домінуючою межею зовнішнього вигляду будівлі. Такий колектор значною мірою самоочищається (в усякому разі його легше очищати), але він може засліплювати відображеними сонячними променями.

Розрізняють два принципово різних прийоми розміщення сонячних колекторів – включення їх в структуру будівлі та автономна установка. Перший прийом економічніший, оскільки він в більшості випадків дозволяє відмовитися від спеціальних опор, а сам колектор може одночасно виконувати функції захищаючих конструкцій будівлі.

При розміщенні колектора у вигляді південного ската двосхилої крівлі його площа може бути збільшена за рахунок зменшення північного ската і перетворення горищного простору в мансардний поверх. Такі конструктивні рішення характерні для індивідуальних житлових будинків сільського типу (рис. 2.4, а). Прагнення збільшити площу колектора приводить до створення односхилих крівель і крівель-стін (рис. 2.4, б). Під ними доцільно розміщувати приміщення, що не вимагають природного освітлення. Необхідний кут нахилу крівлі-стіни можна забезпечити, зменшуючи глибину верхніх приміщень або порушуючи розміщені поверхи.

Використання колектора у вигляді вертикальної стіни ефективно лише для забезпечення опалювання, оскільки літом на вертикальну поверхню південної орієнтації сонячної радіації попадають в 2,5 раз менше, ніж на похилу. Для будівель з широким корпусом і зальними приміщеннями (приміщення класів і аудиторій в учбових закладах, виробничі приміщення, їдальні і ресторани, торгові зали, бібліотеки, спортзали, плавальні басейни)

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

сонячні колектори доцільно розміщувати на південній стороні шедових конструкцій і складчастих структур, північна сторона яких має світлові отвори (рис. 2.4, в). Використання колекторів як огорожі лоджій і балконів південного фасаду не створює труднощів в забезпеченні інсоляції приміщень і не вимагає змін планувальних рішень і конструктивних схем будівель (рис. 2.4, д). Завдяки особливостям просторової орієнтації колектори можуть з успіхом виконувати роль сонцезахисних пристроїв.

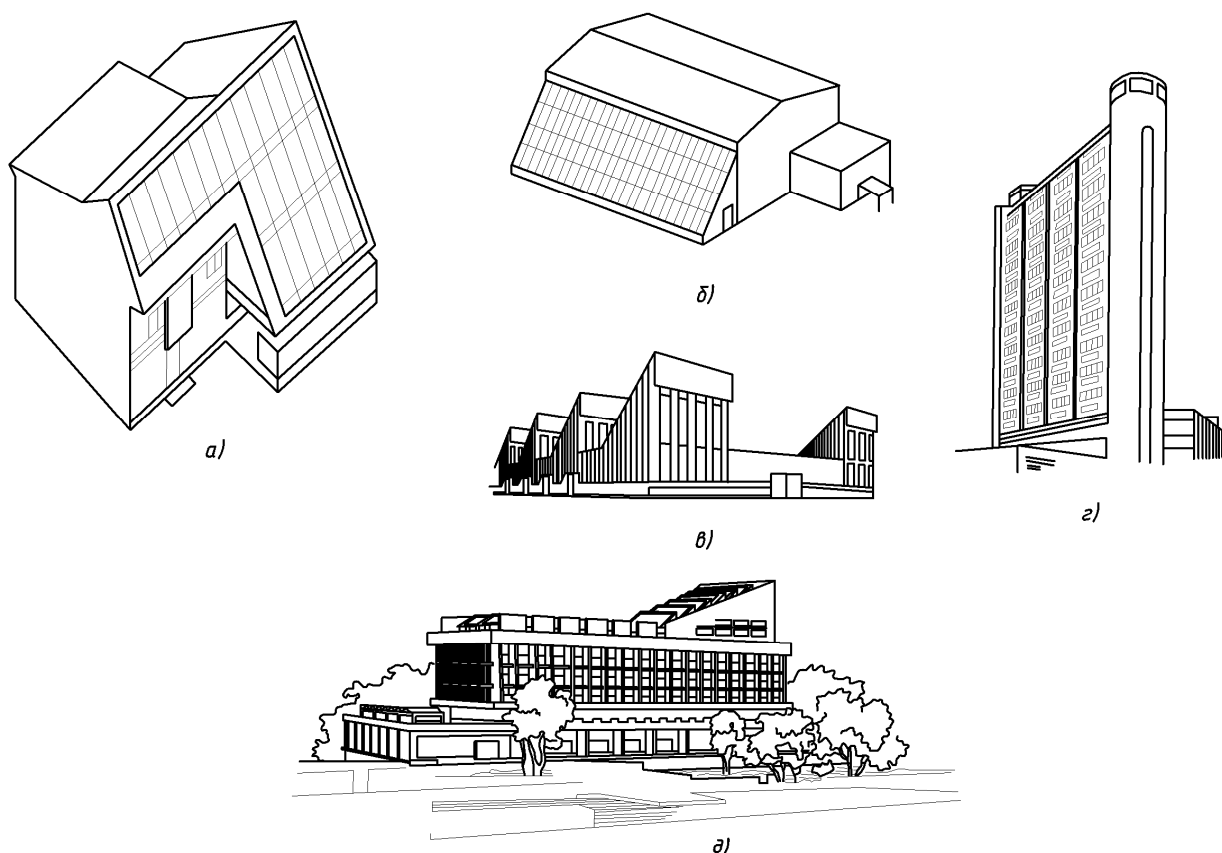


Рис. 2.4. Використання сонячних колекторів в структурі будівлі

а – сільський будинок мансардного типу; б – громадська будівля з односхилою крівлею-стіною; в – шедові структури; г – огорожа лоджій і балконів; д – на плоскій крівлі

Найпростішим і зручнішим з погляду експлуатації є розміщення колекторів на плоскій крівлі (рис. 2.4, д). При цьому можливі такі варіанти:

1. "Килимове" розміщення. Колектори встановлюють у вигляді горизонтальних рядів або блоків; відстань між рядами визначається умовами

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

незатінювання. При такому розміщенні колектори можуть бути приховані парапетом або встановлені відкрито, підкреслюючи ритм вертикальних елементів фасаду.

2. Розміщення у вигляді похилої структури, що піднімається на північ. В порівнянні з "килимовим" розміщенням пристрій колекторів у вигляді структури, що піднімається на північ, дозволяє збільшити їх площу. Крім того, простір під північною частиною структури може бути використаний під літнє кафе, майданчики відпочинку або дахову котельню (рис. 2.4, д).

3. Розміщення у вигляді навісів над експлуатованою крівлею.

У існуючих будівлях колектори зазвичай розміщують на крівлі. При цьому для зарубіжної практики характерне розташування невеликих площ колекторів систем гарячого водопостачання на південних скатах крівлі, а в країнах колишнього СРСР – на плоскій крівлі.

Недоліком останнього варіанту є необхідність пристрою спеціальних конструкцій для установки колекторів в необхідне положення. На ці конструкції діють вітрові навантаження, на них витрачається значна кількість металу або залізобетону. Опорні конструкції затримують сніг на крівлі, утрудняють ремонт покрівельного килима, а елементи кріплення опор, що сприймають динамічні навантаження, знижують надійність крівлі.

Несучі конструкції існуючих будівель не завжди можуть сприйняти навантаження від колекторів. В цьому випадку їх слід розташовувати автономно. Так, для сонячно-паливної котельної пансіонату "Горизонт" в Алушті прийнята структура, що розташована над майданчиком і котельнею, спирається на власні опори. Таке розміщення зручне для умов обмежених територій. Іншим прикладом може служити колектор пансіонату в Судаку, опорні конструкції якого розташовані на схилах, непридатних для будівництва будівель.

Типова конструкція колектора передбачає герметичне засклення,

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

наявність приймача випромінювання та теплової ізоляції. Ці елементи, за винятком приймача випромінювання, можна використовувати як огорожі. Вдалим прикладом поєднання колекторів із захищаючими конструкціями може служити будівля колишнього Геліоцентру Міненерго СРСР, де приймачі розташовані за похилим вітражем південної стіни. Оригінальний дослідний зразок плоскої кривлі, що включає геліоприйомний пристрій, розроблений ТбілЗНІЕП. У бітумному покривному шарі укладені сталеві або пластмасові труби діаметром 15 мм, з кроком 50 мм. Така конструкція забезпечує нагрів води до 40 ... 50 °С у літній час.

Несучу здатність приймача випромінювання сонячного колектора і сполучних трубопроводів використовують в так званих "геліофермах". Застосування геліоферм прольотом 12...18 м дозволяє понизити витрату металу на опорні конструкції майже в 2 рази. Крім того, установка геліоферм над плоскою кривою не вимагає пристрою проміжних опор, що забезпечує нормальні умови експлуатації рулонного килима покриття.

2.6. Типові проекти систем сонячного теплопостачання

Як вже зазначалося, установи сезонної дії є найбільш відповідними об'єктами для впровадження систем сонячного гарячого водопостачання. В першу чергу це відноситься до комфортного гарячого водопостачання спальних корпусів, душових кімнат, умивальників і т.д., де немає високих вимог в частині надійності і температури води, що подається.

На підставі наявного досвіду будівництва і експлуатації геліосистем розроблений проект уніфікованих систем сонячного гарячого водопостачання для житлових будинків, установ відпочинку і туризму.

Залежно від умов прив'язки і експлуатації сонячна система або доповнює існуючу систему гарячого водопостачання, дозволяючи в літній час відмовитися або зменшити споживання тепла від існуючих джерел

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

теплопостачання, або є автономним, єдиним джерелом гарячого водопостачання сезонних об'єктів в літній час. Установки продуктивністю 7,5; 15; 25; 30; 35 і 70 м³/добу розроблено для нагріву води до температур 45° і 50 °С.

Система (рис. 2.5) працює таким чином. Теплоносій (антифриз або деаерована і силікатована вода) за допомогою мережевого насоса циркулює між сонячними водонагрівачами, де вона нагрівається, і швидкісним водопідігрівачем-теплообмінником, в якому віддає отримане тепло холодній водопровідній воді, і прямує назад в сонячні водонагрівачі. У циркуляційному контурі передбачений також розширювальний бак і обвідна ділянка трубопроводу з регулюючим триходовим клапаном, що дозволяє змінювати кількість циркулюючого теплоносія залежно від інтенсивності сонячної радіації і тим самим підтримувати його постійну температуру нагріву.

Холодна вода в швидкісному водопідігрівачі теплообмінника нагрівається до постійної температури за рахунок зміни її витрати регулятором температури і зливається в баки-акумулятори. З них вода насосами гарячого водопостачання подається до водорозбірної арматури, або при її достатній кількості в баках і при недостатній температурі (в результаті охолодження і малого розбору) до водопідігрівача-теплообмінника для догрівання до потрібної температури. У проекті використані сонячні колектори, що серійно випускаються.

Сонячні водонагрівачі можуть бути розташовані на плоских і похилих дахах будівель, відкритих площах, тіньових навісах і т.д.

Кут нахилу сонячних водонагрівачів до горизонтальної площини складає 35°; орієнтація – південна. Окремі водонагрівачі по 20...22 шт. сполучають в монтажні елементи (модулі), з яких набирають потрібну для даної продуктивності геліосистеми сумарну площу.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

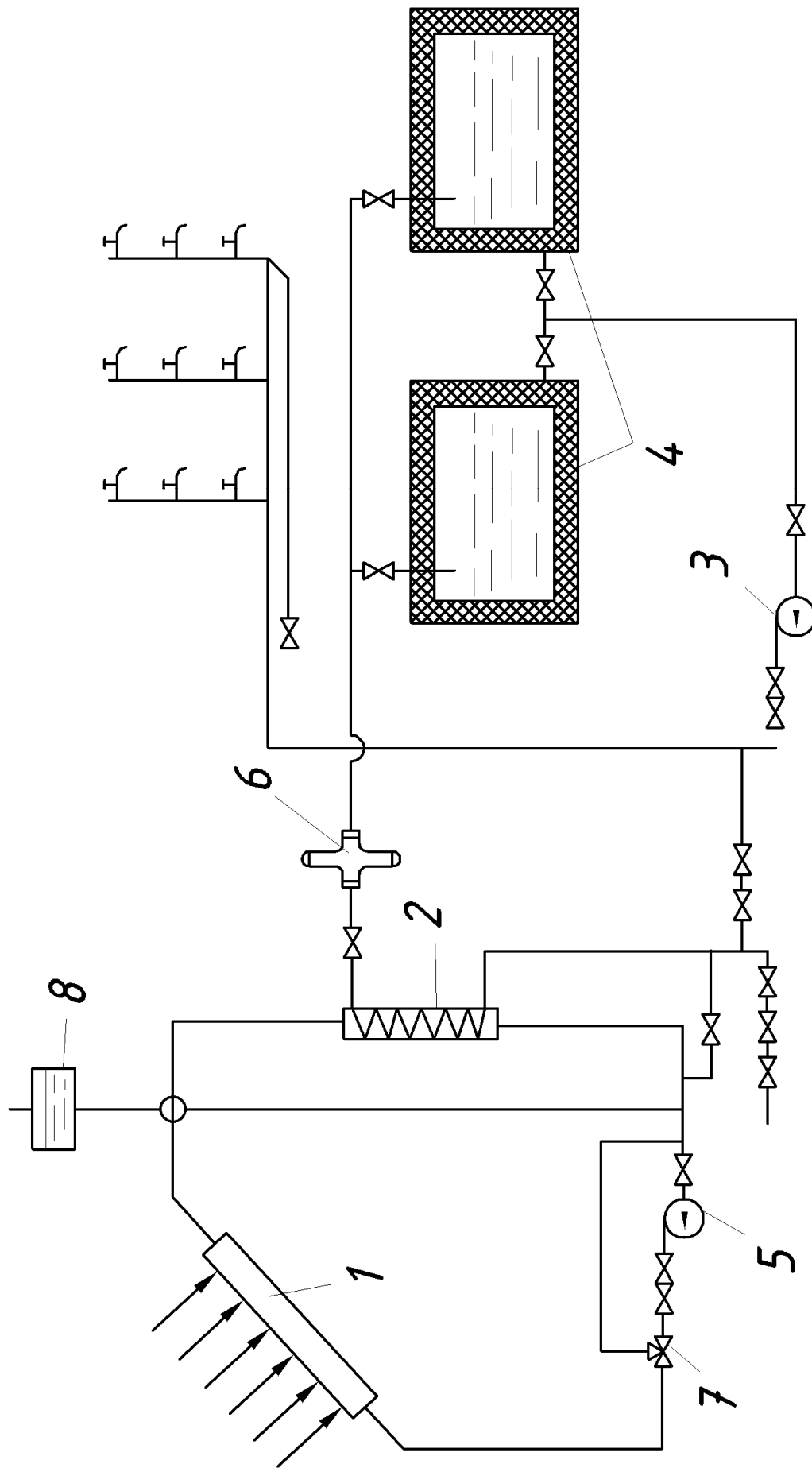


Рис. 2.5. Принципова схема установки солнечного горячего водоснабжения
з відбором води постійної температури

1 – сонячний колектор; 2 – швидкодіючий водопідігрівач; 3 – мережевий насос; 4 – баки-аккумулятори; 5 – циркуляційний насос;
6 – регулятор температури; 7 – регулюючий клапан; 8 – розширювальний бак

Все технологічне устаткування: насоси, теплообмінники, баки-акумулятори гарячої води, контрольні прилади і електротехнічне устаткування для зручності обслуговування і ремонту зібрано в єдиний технологічний блок, який розміщується в будівлі, що окремо стоїть. Її дах використовують для розміщення геліоприймачів і при необхідній продуктивності 8 – 10 м³/доб. блок можна експлуатувати автономно як комплексну установку.

Апаратуру управління та сигналізації встановлюють на щиті автоматизації. Прилади та апарати – стандартні, випускаються серійно.

Сонячні колектори, розташовані на крівлях, об'єднані в блоки. У проекті передбачено 5 конструктивних різновидів таких блоків на 12, 20, 26, 40 і 52 колектори, що дозволяє залежно від конфігурації плану даху та орієнтації будівлі розташовувати на даху максимально можливе число колекторів.

Місткість бака-акумулятора приймають рівною середньодобовій продуктивності установки. Це дозволяє забезпечити можливість розбору всього об'єму води у вечірній час, а також проводити міждобову акумуляцію на похмурий день, наступний після ясного.

Основною особливістю схеми установки сонячного гарячого водопостачання малої потужності (УСГВ-2) (рис. 2.6) є поєднання єдиного контура циркуляції теплоносія з децентралізованими доводчиками. Догрівання та накопичення теплоти здійснюється в баку-акумуляторі спеціальної конструкції з двома змієвиками. Така система може бути використана в малоповерхових житлових будинках або в інших подібних об'єктах з децентралізованими генераторами теплоти.

Вода до баків-акумуляторів, встановлених на кухнях кожної квартири, підводиться з водопроводу в нижню частину бака, гаряча вода поступає з верхньої частини. Наявність в баках двох змієвикових теплообмінників дозволяє здійснювати роботу установки в двох режимах. У літній час обидва

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

змійовики використовують для нагріву води від установки сонячного гарячого водопостачання, а в перехідний період верхній змійовик служить для догрівання води від опалювального котла. Включення в роботу опалювального котла і перемикання триходових кранів здійснюються вручну.

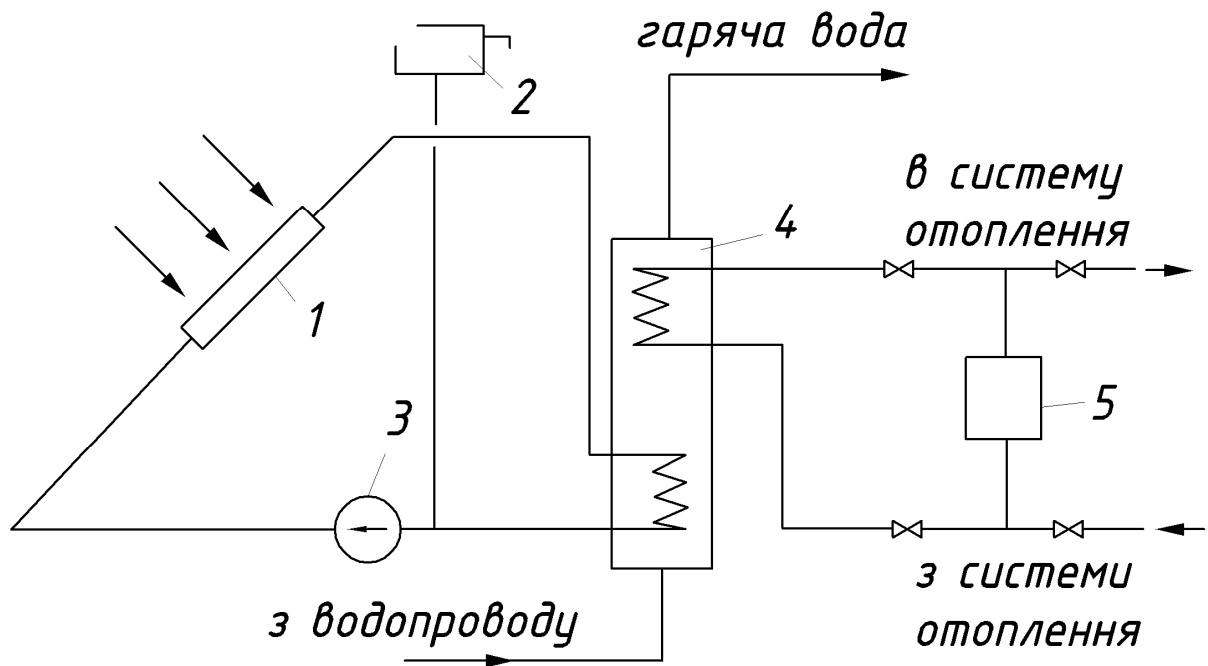


Рис. 2.6. Принципова схема УСГВ малої потужності

1 – сонячний колектор; 2 – розширювальний бак; 3 – циркуляційний насос;
4 – бак-акумулятор гарячої води; 5 – опалювальний котел

Установки для догрівання води до двох температур (УСГВ-5; 10) призначені для отримання гарячої води нормальної (55...50 °С) і зниженої (35...40 °С) температур в співвідношенні 2:1. Вони призначені для використання у тих випадках, коли можна розділити навантаження гарячого водопостачання по температурних режимах (рис. 2.7).

Установки продуктивністю 30, 40 і 50 м³/добу (УСГВ-30, 40, 50) призначені для гарячого водопостачання багатоповерхових житлових будинків, готелів, установ відпочинку і лікувально-оздоровчих установ (рис. 2.8).

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

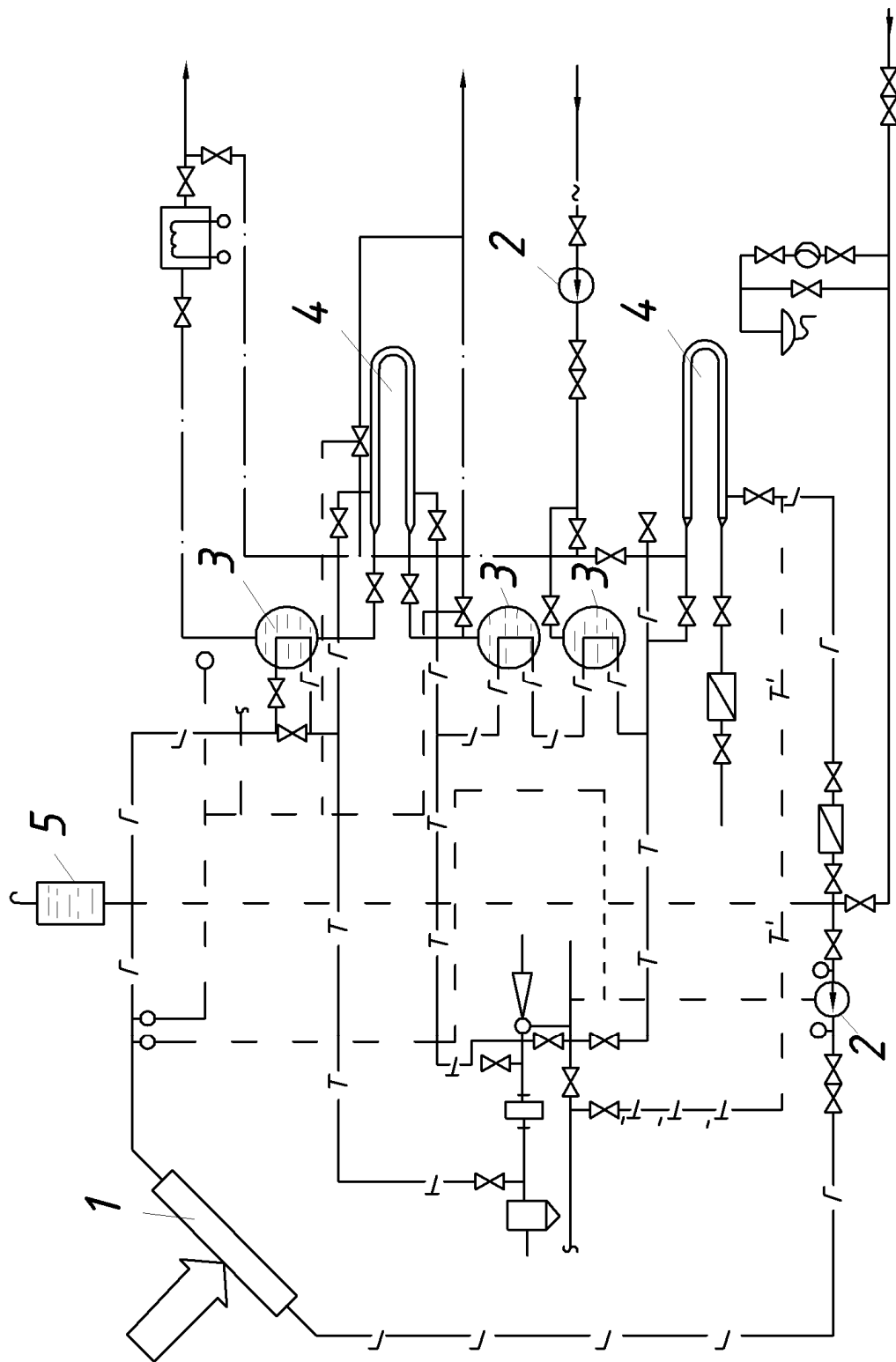


Рис. 2.7. Принципова схема УСГВ для догрівання води до двох температур

1 – сонячний колектор; 2 – циркуляційний насос; 3 – бак-аккумулятор; 4 – швидкісний водопідігрівач; 5 – розширювальний бак;
Г – теплоносій; Т – подаюча тепломережа; Т' – зворотна тепломережа

Теплосприймаючий контур установки заповнюють деаерованою водою із зовнішнього джерела, підживлення здійснюють з водопроводу. Досягши температури води 55 °С у перших (по ходу теплоносія) баках-акумуляторах її подальший підігрів автоматично виключається. Теплоносій продовжує догрівати наступні по ходу баки. При недостатній температурі води в баках-акумуляторах автоматично включається подача гарячої води з баків з водою, що нагрівається теплоносієм від традиційного джерела – котельні. Все технологічне устаткування зібране в блок, крівля якого виконана як сонячний колектор.

2.7. Розрахунок теплообмінників і баків-акумуляторів

У двоконтурних системах сонячного тепло- і холодопостачання використовують як проточні, так і ємнісні теплообмінники. При витратах теплоносія, що перевищують 2000 кг/год., рекомендується застосовувати водоводяні секційні підігрівачі, а при менших витратах – теплообмінники типу ТТ - "труба в трубі" (рис. 2.9, табл. 2.1). Проточні теплообмінники систем сонячного тепло- і холодопостачання підключають по протівопоточній схемі.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики теплообмінників типу ТТ

Тип тепло-обмінника	Діаметр, мм		Площа січення, мм ²		Поверхня нагріву, м ²	Довжина секції, мм	Маса секції, кг
	внут-рішньої труби	зов-нішньої труби	внут-рішньої труби	зов-нішньої труби			
ТТ1-25/38-10/10	25/20	38/32	314	113	14	4500	140
ТТ2-25/38-10/10	25/20	38/32	628	626	14	4500	140

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

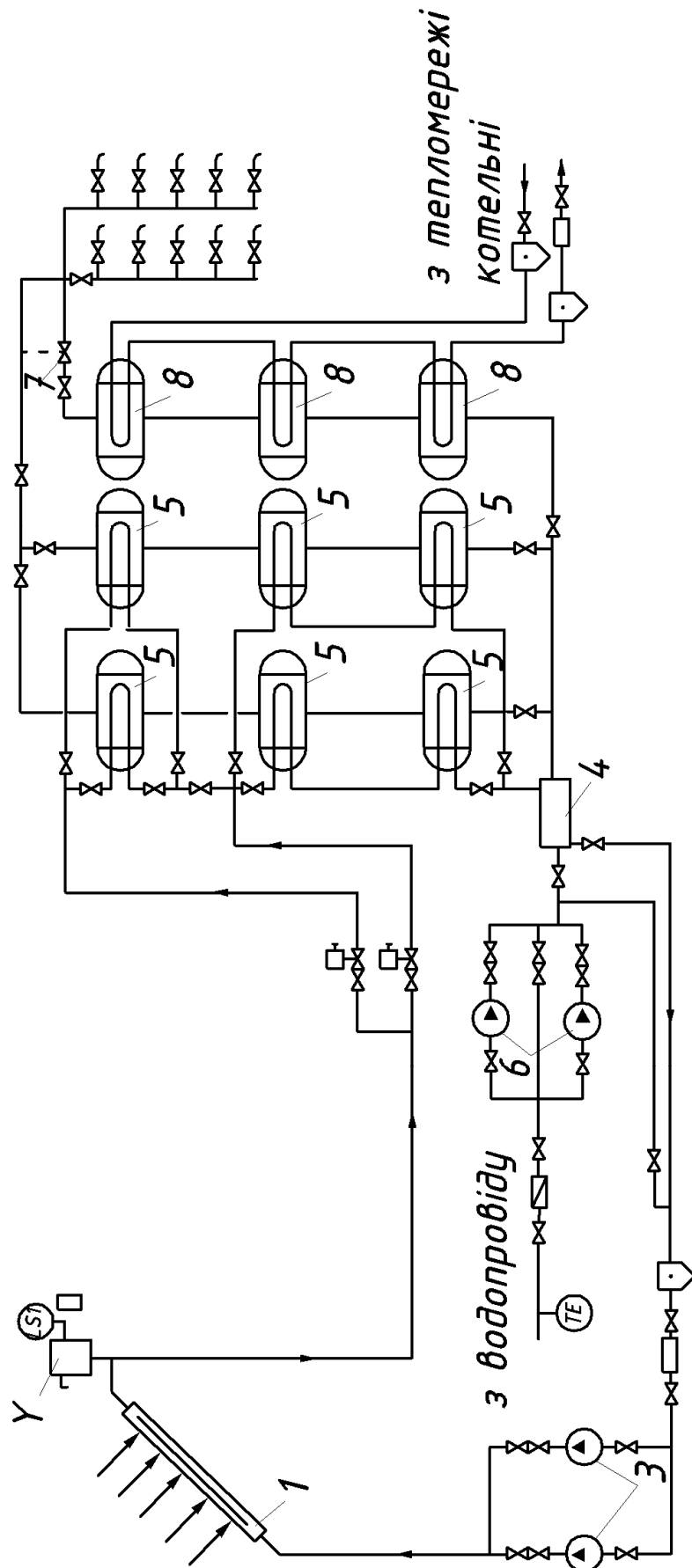


Рис. 2.8. Принципова схема УСГВ з дублюючим джерелом для багатоповерхових житлових будинків

1 - сонячний колектор; 2 - розширювальний бак; 3 - циркуляційні насоси; 4 - теплообмінник проточний; 5 - бак-аккумулятор;
5 - мережеві насоси; 7 - регулятор температури; 8 - бак-накопичувач дублюючого джерела

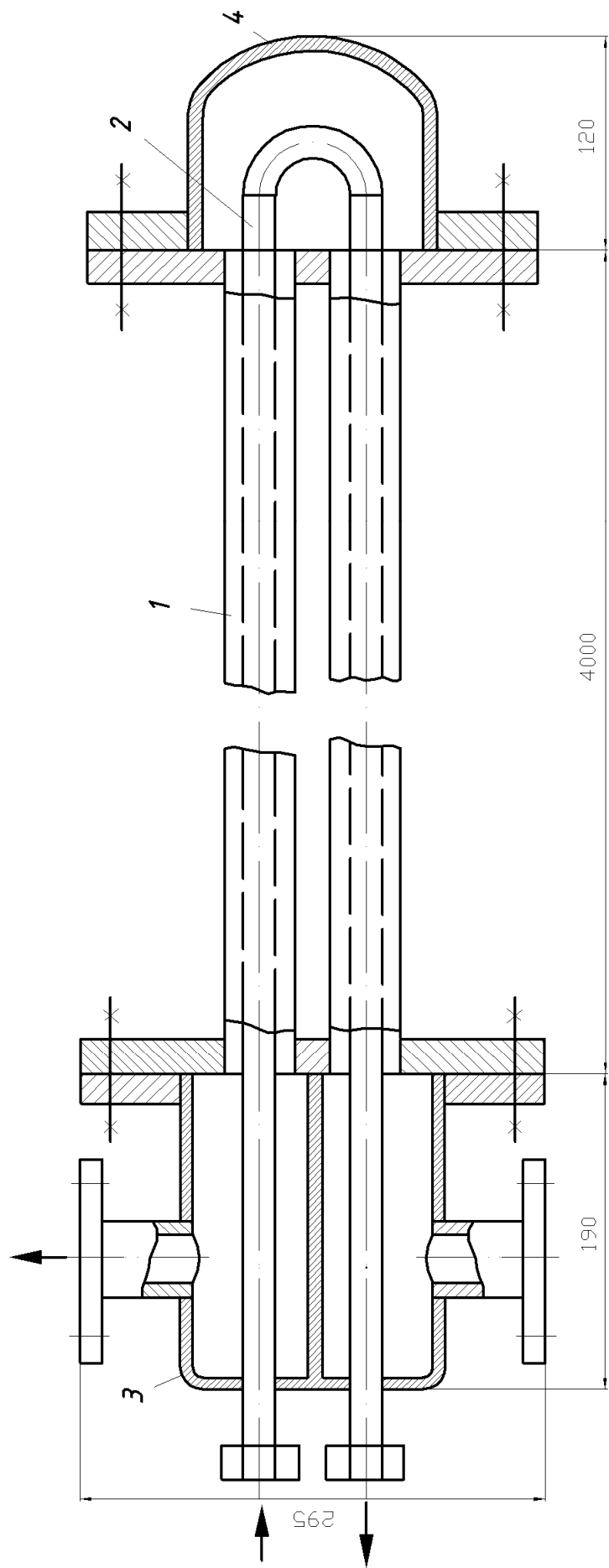


Рис. 2.9. Секція проточного теплообмінника типу "труба в трубі" (ТТ)

1 – зовнішня труба; 2 – внутрішня труба; 3 – розподільча камера; 4 – поворотна камера

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДРМ 316.18.00.000 ПЗ

Арк.

Розрахунок швидкості теплообмінників, включених в установки сонячного теплопостачання, виконують по формулах, що визначають поняття ефективності теплообмінника (метод $\varepsilon - NTU$):

$$\frac{W_T(T_{\text{вих}} - T_{\text{вх}})}{W_{\min}(T_{\text{вих}} - T_{\text{вх}})} = \frac{W_B(T_{\text{г.в.}} - T_{\text{х.в.}})}{W_{\min}(T_{\text{вих}} - T_{\text{вх}})} = \varepsilon_{TO}, \quad (2.1)$$

$$\varepsilon_{TO} = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - R)]}{1 - R_{\exp}[-NTU(1 - R)]}, \quad (2.2)$$

де: ε_{TO} – ефективність теплообмінника;

W_T, W_B – відповідно водяні еквіваленти витрат теплоносія і води;

$R = W_{\min} / W_{\max}$ – відношення мінімального і максимального водяних еквівалентів витрат теплоносія;

NTU – число одиниць перенесення тепла, $NTU = kF_{TO} / W_{\min}$;

F_{TO} – площа поверхні нагріву, м^2 ;

$T_{\text{г.в.}}$ – температура гарячої води;

$T_{\text{х.в.}}$ – температура холодної води.

Складність розрахунку теплообмінників при проектуванні установок сонячного теплопостачання пов'язана з тим, що вони працюють при змінних температурах, а часто і непостійних витратах теплоносіїв. Тому на практиці можна використовувати спрощені залежності для визначення необхідних площ теплообміну:

$$F_{TO} = \frac{G_{cp}(T_{\text{г.в.}} - T_{\text{х.в.}})}{3600} \tau \Delta T k, \quad (2.3)$$

де: G_{cp} – кількість води, що нагрівається за період роботи установки, кг;

τ – тривалість добового циклу роботи установки, год;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ΔT – середній температурний напір в теплообміннику, °C;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°C).

Значення k визначають по емпіричній формулі:

$$k = \frac{av^{0,8}}{1 + \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{0,8}}, \quad (2.4)$$

де: $a = 5500$ – для секційних водопідігрівачів, $a = 5150$ – для підігрівачів типу ТТ;

v_1, v_2 – швидкості руху теплоносія відповідно в трубному і міжтрубному січеннях теплообмінника, м/с; значення швидкостей v_1 і v_2 для секційних водопідігрівачів слід приймати в межах 0,3...1 м/с, для теплообмінників типу ТТ – 0,5...1 м/с.

При використанні в сонячному контурі антифризів коефіцієнт теплопередачі зменшують на 10...15 %.

Гідравлічний опір проточних теплообмінників визначають по відомих залежностях або по наближених формулах.

Для секційних водопідігрівачів втрати тиску всередині труб і міжтрубному просторі відповідно рівні:

$$\Delta P_1 = 5000v_1^2 z, \quad \Delta P_2 = 10800v_2^2 z, \quad (2.5)$$

для теплообмінників типу ТТ

$$\Delta P_1 = \frac{8000v_1^2 z}{n}, \quad \Delta P_2 = \frac{13400v_2^2 z}{n}, \quad (2.6)$$

де: z – число секцій;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

n – число паралельних ходів ($n = 1$ для ТТ1 та $n = 2$ для ТТ2).

Вказані формули призначенні для води. При використанні інших теплоносіїв втрати тиску можуть бути визначені із співвідношення:

$$\Delta P^* = 2,7 \cdot 10^{-5} \Delta P \rho v^{-0,25}. \quad (2.7)$$

Ефективність теплообмінника, який суміщений з баком-акумулятором (ємкісний водонагрівач) та працює в режимі нагріву без відбору тепла, обчислюється за формулою:

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 1 - \exp(-NTU_{\bar{o}}). \quad (2.8)$$

Питому продуктивність за час τ знаходять з виразу

$$\frac{T_{\bar{o}_{\text{кін}}} - T_{\bar{o}_{\text{поч}}}}{T_{\text{вих}} - T_{\bar{o}_{\text{поч}}}} = 1 - \exp\left(-\frac{W_T \tau}{W_{\bar{o}}} \varepsilon_{\bar{o}}\right). \quad (2.9)$$

В апаратах з гладкотрубними теплообмінниками точно визначити коефіцієнти теплопередачі через внутрішню та зовнішню поверхні достатньо складно. Для їх знаходження при вільному і примусовому рухах середовищ існує цілий ряд методичних вказівок та номограм.

Розрахунок ємнісних теплообмінників також можна виконувати по формулі (2.3). При цьому середній температурний напір слід приймати більшим, ніж в швидкісних теплообмінниках (10...15 °С), а коефіцієнт теплопередачі – 250...300 Вт/(м²·°С).

Для серійних ємнісних теплообмінників типу СТД рекомендується використовувати гладкотрубно-однопрохідні змійовики (рис. 2.10, табл. 2.2).

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

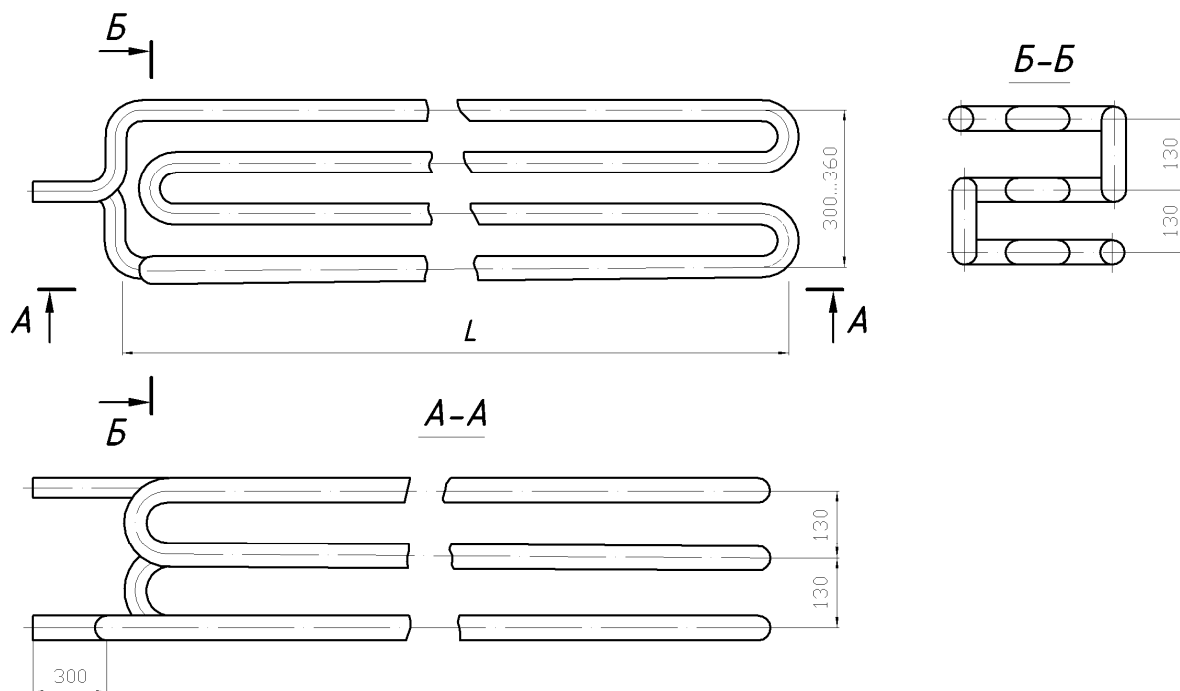


Рис. 2.10. Конструкція змійовика ємнісного теплообмінника типу STD

Таблиця 2.2

Технічні характеристики змійовиків ємнісних теплообмінників

Робоча ємність, м ³	Діаметр труб змійовика, мм	Повна довжина змійовика, мм	Сумарна довжина труб	Поверхня нагріву, м ²	Січення змійовика, мм ²	Маса змійовика, кг
1	20	1680	20,9	1,75	350	35
1,6	20	2780	34,1	2,85	350	56,5
2,5	32	2300	28,1	3,7	1000	108
4	32	3600	43,8	5,8	1000	168

2.8. Досвід проектування, виготовлення та монтажу систем сонячного теплопостачання

Після звернення замовника з проханням про спорудження системи сонячного теплопостачання (ССТ) складається договір на виконання проектно-дослідницьких робіт між замовником і підприємством з

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

оформленням всіх необхідних документів згідно СНІПу (договір, календарний план, завдання, кошторис і т.д.). Далі проектувальники проводять детальне обстеження території об'єкту і будов, що є на ній, з метою отримання вичерпної інформації про конкретні умови місцевості, де передбачається монтувати ССТ. На основі цієї інформації, а також з урахуванням потреби об'єкту в теплі, кліматичних і актинометричних даних, передбачуваного терміну роботи ССТ протягом року та інших вимог замовника ухвалюють рішення про вибір типу проектованої ССТ. Споруджувані сонячні системи можна розділити на п'ять основних типів (рис. 2.11):

- одноконтурні системи з природною циркуляцією теплоносія;
- двоконтурні системи з природною циркуляцією теплоносія;
- одноконтурні системи з примусовою циркуляцією теплоносія;
- двоконтурні системи з примусовою циркуляцією теплоносія з ємнісним теплообмінником;
- двоконтурні системи з примусовою циркуляцією з швидкісним теплообмінником і баком-акумулятором.

Сонячні колектори розташовують, як правило, на незатінених і невживаних площах, таких, як дахи. В цьому випадку досліджують конструкції перекриття, їх несучу здатність і фізичний стан. Якщо з яких-небудь причин розміщення колекторів на даху неможливе або недоцільно, то проектувальники вибирають на території об'єкту вільні майданчики для влаштування естакади, на якій будуть розташовані сонячні колектори. Естакади передбачаються і в тих випадках, коли необхідні для покриття теплового навантаження (або її частки) колектори не поміщаються на дахах. У разі ухвалення рішення про будівництво на об'єкті естакади проектувальники об'єднання прагнуть влаштувати її так, щоб естакада могла служити також як склад, стоянка для автомашин або інших підсобних приміщень. Практично завжди (і на дахах, і на естакадах) плоскі сонячні колектори розміщують зорієнтованими на південь з кутом до поверхні землі 30...45°.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

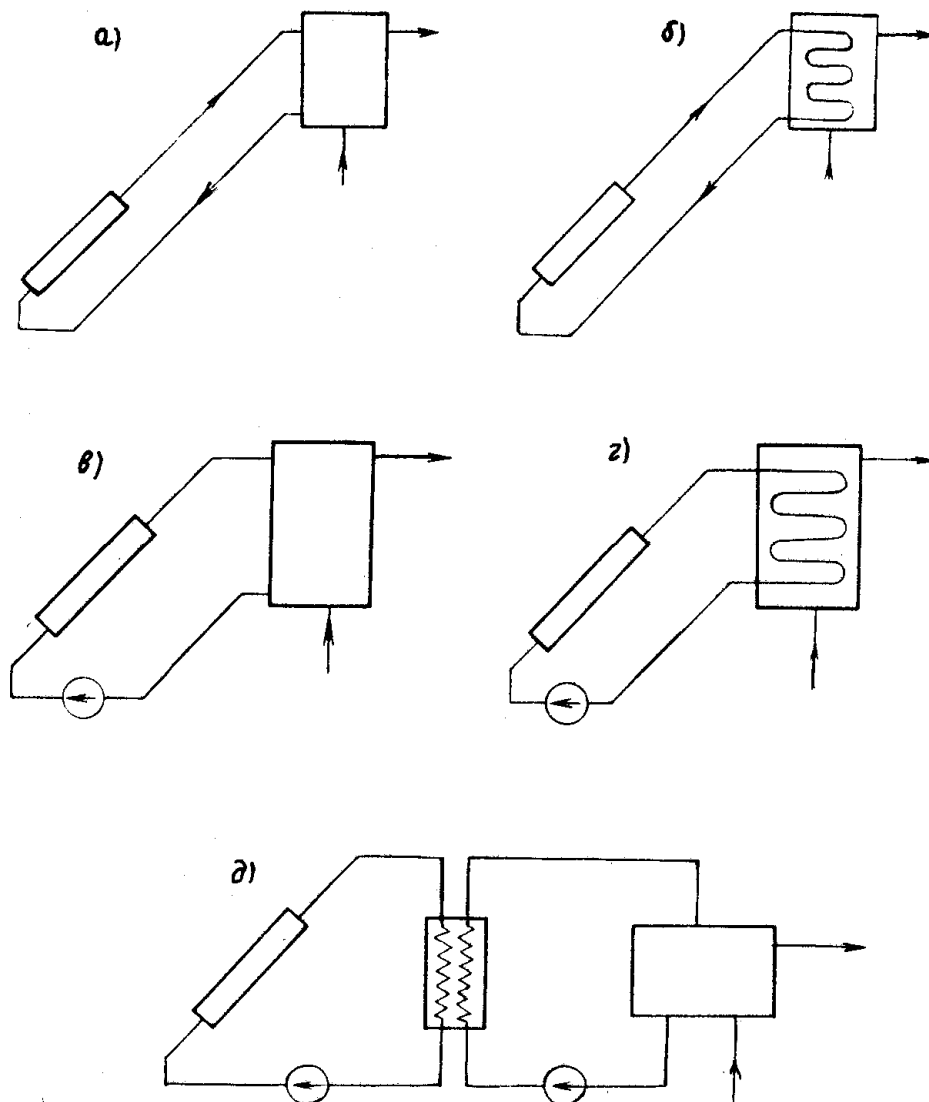


Рис. 2.11. Типи систем сонячного теплопостачання

а – одноконтурна з природною циркуляцією; б – двоконтурна з природною циркуляцією; в – одноконтурна з примусовою циркуляцією; г – двоконтурна з примусовою циркуляцією з теплообмінником місткості; д – двоконтурна з примусовою циркуляцією з швидкісним теплообмінником і баком-акумулятором

Для якісного проведення передпроектних і проектних робіт залучаються кваліфіковані фахівці різного профілю: будівельники, сантехніки, теплотехніки, конструктори, електрики і т.д. Як правило, спеціальне проектне бюро витрачає на проектування одного об'єкту 4...5 днів, після чого приблизно стільки ж часу потрібно для доведення проекту до робочого вигляду у відділі оформлення і випуску проектів. В даний час для прискорення проектних робіт розроблена автоматизована система

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

проектування сонячного теплопостачання. Готові проекти передають замовникові з оформленням акту приймання та подальшою оплатою замовником вартості проектно-дослідницьких робіт. Слід додати, що при обстеженні об'єктів фахівці вивчають можливість та доцільність використання на даному об'єкті разом з сонячною енергією і інших нетрадиційних поновлюваних джерел енергії.

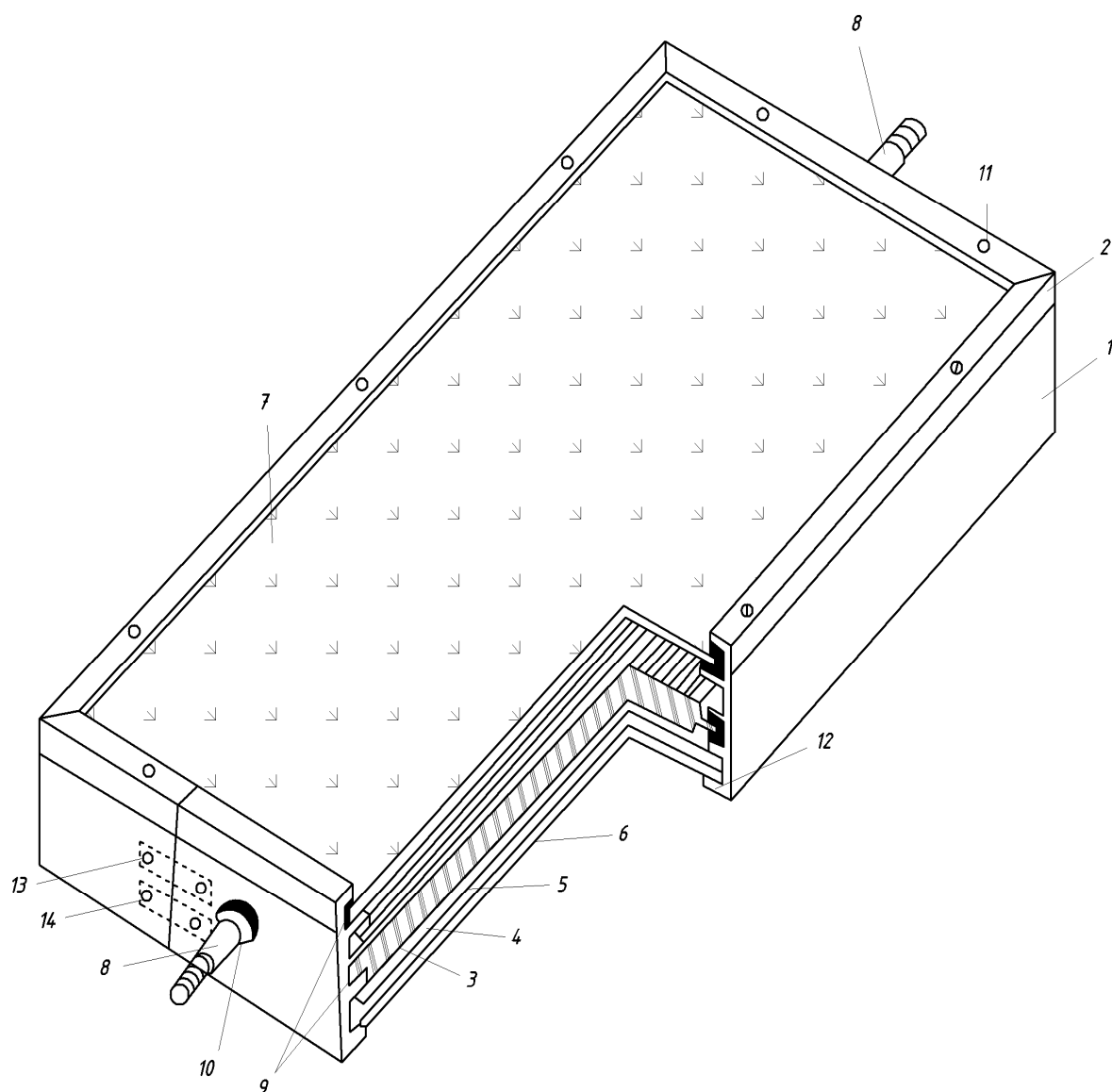


Рис. 2.12. Плоский сонячний колектор

1 – корпус; 2 – штапик; 3 – поглинаючий елемент; 4,5 – теплоізоляція (фанера і пінопласт); 6 – дно; 7 – прозора ізоляція (скло); 8 – вхідний і вихідний патрубки;
9 – гума ущільнювача; 10 – гумова шайба ущільнювача; 11 – гвинт самонаріз;
12 – заклепка; 13 – планка сполучна; 14 – кріпильний гвинт М5

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

На сучасному етапі розвитку сонячної енергетики в переважній більшості випадків ССТ будують на основі плоских сонячних колекторів (рис. 2.12). Відомо немало різних типів плоских колекторів, що відрізняються один від одного конструктивними рішеннями, видом використовуваних матеріалів, числом шарів застіблення, розмірами (рис. 2.13): плоский колектор радіаторного типу в пінополіуретановому корпусі; листотрубний колектор; двоконтурний колектор з селективним покриттям; колектор-концентратор.

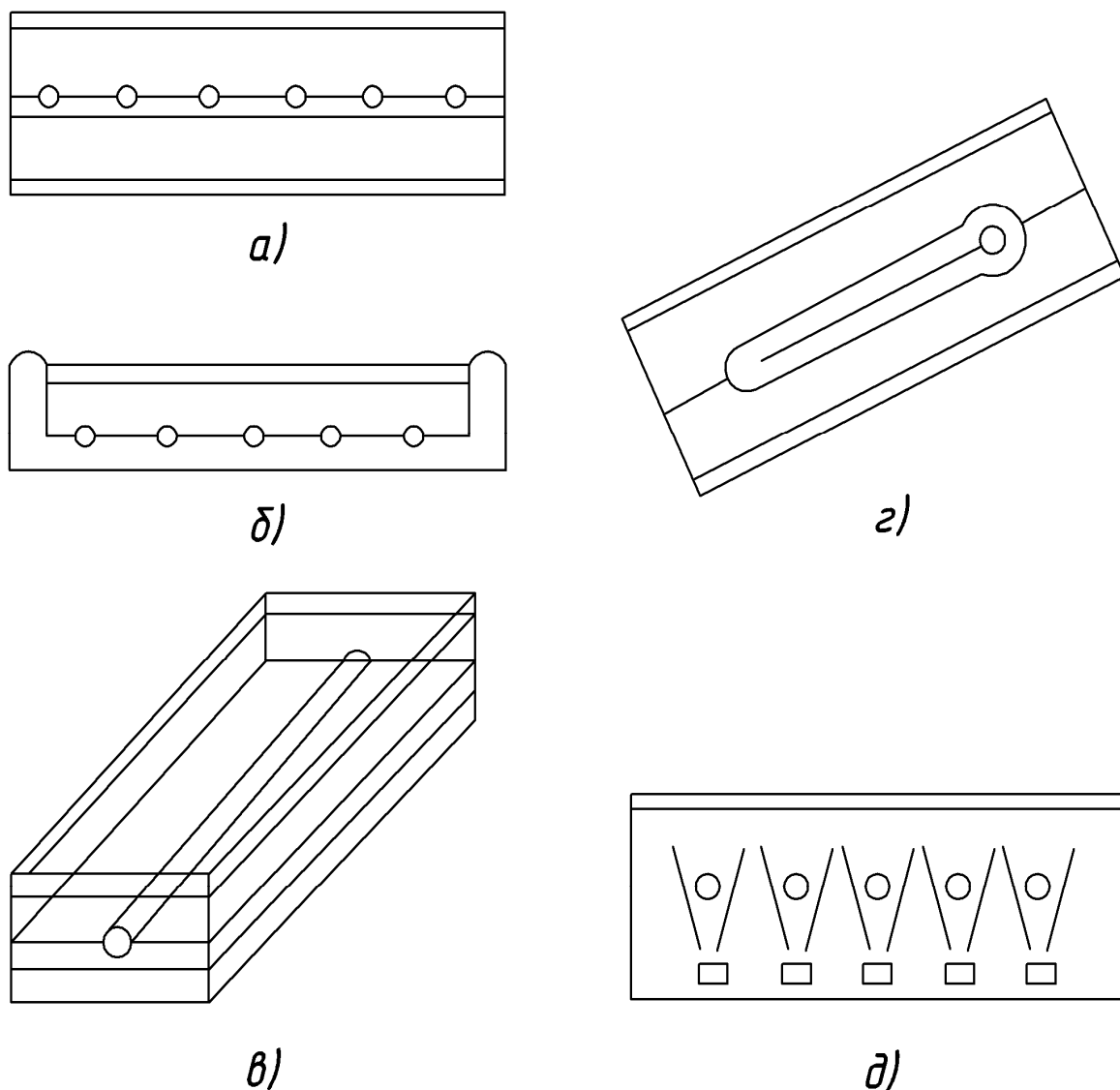


Рис. 2.13. Основні типи сонячних колекторів

а – плоский сонячний колектор; б – плоский колектор радіаторного типу в пінополіуретановому корпусі; в – листотрубний колектор; г – двоконтурний колектор з селективним покриттям; д – колектор-концентратор

Основним елементом сонячного колектора є сталевий штампозварний поглинаючий елемент, який встановлюється в спеціальний алюмінієвий профіль, зверху закритий одним шаром скла, а з тильного боку забезпечений теплоізоляцією. Поглинаючий елемент колектора виготовляють з листової сталі завтовшки 1,4 мм. Корпус сонячного колектора є несучою конструкцією і складається з алюмінієвих профілів.

Таблиця 2.3

Технічна характеристика сонячного колектора, що поданий на рис. 2.12

Параметр	Величина
Довжина, мм	1085
Ширина, мм	580
Висота, мм	100
Площа поглинаючого елемента, м ²	0,63
Маса (суха), кг	28,6
Місткість по воді, л	3,75
Робочий тиск, МПа	не більше 0,6
Температура нагріву теплоносія, °С	10...70

Висновки до розділу 2

Практичний досвід проведення проектних та будівельно-монтажних робіт показує, що одночасне проектування ССТ і об'єктів, для яких ці системи вироблятимуть тепло, дозволяє істотно спростити монтаж і, як наслідок, понизити вартість спорудження ССТ. У зв'язку з цим є доцільним при проектуванні різних нових житлових, промислових, сільськогосподарських, рекреаційних та інших об'єктів (в першу чергу – в зонах, не охоплених централізованим тепlopостачанням і газифікацією) наперед передбачати в проектах їх тепlopостачання за рахунок сонячної енергії.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	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:

$$Q_m^{заг} = Q_{с.о.} + Q_{г.в.}, \quad (3.1)$$

де $Q_{с.о.}$ – місячне теплове навантаження на систему опалення;

$Q_{г.в.}$ – місячне теплове навантаження на систему ГВП.

Річне загальне теплове навантаження:

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

Теплопродуктивність геліопанелі впродовж дня:

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

де $F_{гп}$ – площа поверхні ГП, м²;

I – інтенсивність сонячної енергії, Вт/м²;

					<i>ДРМ 316.18.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА		
Розробив		Майборода М.О.					
Перевірив		Козак К.М.					
Консульт.		Козак К.М.					
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

η_o – ефективний оптичний ККД геліопанелі;

K_{zn} – 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 :

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

де $1/\sinh$ – повітряна маса.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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:

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

Якщо дані про пряму і розсіяну енергію на горизонтальну поверхню беруться із відповідних довідників, то необхідний їй 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 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

Миттєвий ККД геліопанелі η :

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

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_n – 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:

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

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

$$Q_{\text{en}}^{\text{д}} = \sum Q_{\text{en}}.$$

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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

$$Q_{CCT}^{piч} = \sum Q_{zn}^{\partial} \cdot K_{втр}, \quad (3.14)$$

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

Площа геліопанелей визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_{зв}}{\sum_n q_i}, \quad (3.15)$$

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

Коефіцієнт заміщення традиційної енергії сонячною:

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

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

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

де K_c – капітальні затрати на систему сонячного теплопостачання, грн;

C_e – річні експлуатаційні затрати, грн/рік.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.2. Алгоритм розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання

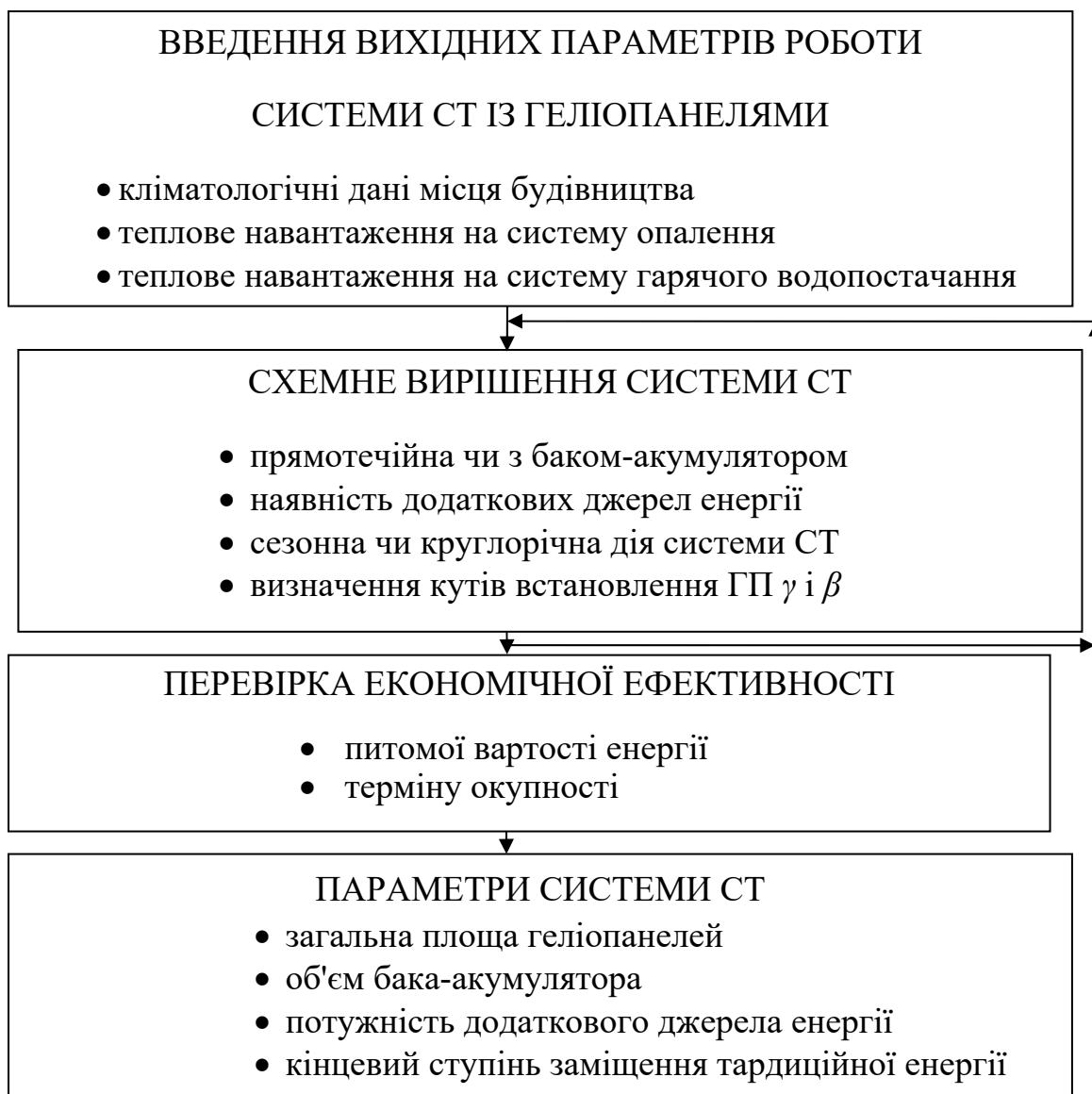


Рис. 3.1. Алгоритм розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання

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 теплопостачання із сонячними колекторами, а також побудовано залежність, що дозволяє знайти кількість отриманої теплової енергії.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Оцінка економічного ефекту від використання геліосистем для теплопостачання будівель

Економічна ефективність зниження витрати енергії при роботі систем теплопостачання і вентиляції за рахунок впровадження систем сонячного теплопостачання має розглядатись комплексно, і для цього розроблено ряд методик.

Розрахунок систем сонячного теплопостачання складається із визначення теплового навантаження гарячого водопостачання, кількості сонячної енергії, що надходить на геліопанелі, теплопродуктивності геліопанелей та енергетичних і геометричних характеристик системи сонячного теплопостачання.

Для розрахунку розглянуто 8-и поверховий 56-и квартирний житловий будинок із житловою площею 3 160 м² і загальною розрахунковою кількістю проживаючих в ньому людей 169. План будинку подано на рис. 4.1.

Максимальний тепловий потік на опалення житлового будинку визначається за формулою:

$$Q_{0\max} = a \cdot q_0 \cdot V_z (t_z - t_{po}) (1 + k_{\text{инф}}), \text{ Вт}; \quad (4.1)$$

де a – коефіцієнт, що враховує район будівництва будинку та визначається за формулою:

					<i>ДРМ 316.18.00.000 ПЗ</i>		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата			
Розробив		Майборода М.О.			ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	Літера	Аркуш
Перевірив		Козак К.М.					
Консульт.		Малюта Л.Я.				ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61	
Н. контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					

$$a = 0,54 + \frac{22}{t_{\text{в}} - t_{\text{по}}}; \quad (4.2)$$

V_3 – об'єм будинку за зовнішнім обміром, $V_3 = S \cdot h$, м³;

$t_{\text{в}}$ – внутрішня розрахункова температура в будинку, $t_{\text{в}} = 18$ °С ;

q_0 – питома теплова характеристика будинку, розраховується за формулою М. С. Єрмолаєва:

$$q_0 = 1,08 \left\{ \frac{P}{S} [K_{\text{зс}} + d(K_{\text{вік}} - K_{\text{зс}})] + \frac{1}{H} (K_{\text{ГП}} \cdot 0,9 + K_{\text{ПП}} \cdot 0,6) \right\}, \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}); \quad (4.3)$$

де P – периметр будинку за зовнішнім розмірам, м;

S – площа будинку в плані, м²;

H – висота будинку, м;

$$d = \frac{\sum F_{\text{вік}}}{\sum F_{\text{зс}}}; \quad (4.4)$$

$\sum F_{\text{вік}}$ – сумарна площа вікон, м²;

$\sum F_{\text{зс}}$ – сумарна площа зовнішніх стін будинку ($\sum F_{\text{зс}} = P \cdot H$), м²;

$K_{\text{зс}}$, $K_{\text{вік}}$, $K_{\text{ГП}}$, $K_{\text{ПП}}$ – коефіцієнти теплопередачі відповідно зовнішніх стін, вікон, горищного перекриття, підвального перекриття, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$. Вважаємо, що вони дорівнюють значенням коефіцієнтів теплопередачі, знайдених з оберненої залежності нормативних опорів для відповідних захищень.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання житлового будинку визначається за формулою:

$$Q_{\text{hm}} = 1,163 \cdot q_T^h \cdot \rho_t (55 - t_c) (1 + K^t), \text{ Вт}; \quad (4.5)$$

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де q_T^h – середня годинна витрата гарячої води за добу, визначається за формулою:

$$q_T^h = \frac{q_{um}^h \cdot U}{24 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{Год}; \quad (4.6)$$

q_{um}^h – норма витрати гарячої води за добу на одного споживача,
 $q_{um}^h = 105 \text{ л / добу};$

U – кількість мешканців будинку, яку можна знайти за формулою:

$$U = \frac{F_{заг}}{f_3} n; \quad (4.7)$$

де $F_{заг}$ – загальна площа житлових квартир будинку, м^2 ;

f_3 – норма загальної площі, $\text{м}^2/\text{люд.}$;

n – кількість поверхів в будинку;

$\rho_t = 985,73 \text{ кг/м}^3$, – густина води при $t_e = 55 \text{ }^\circ\text{C}$;

$t_c = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура холодної води в опалювальний період;

K^t – коефіцієнт, який враховує тепловтрати в трубопроводах системи ГВ, $K^t = 0,2$.

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлового будинку визначається за формулою:

$$Q_{h \max} = 1,163 (q_T^h \cdot K^t + q_{hr}^h) \rho_t (55 - t_c), \text{ Вт}; \quad (4.8)$$

де q_{hr}^h – максимальна годинна витрата гарячої води:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr}, \text{ м}^3/\text{Год}; \quad (4.9)$$

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де $q_{0,hr}^h$ – годинна витрата гарячої води одним сан. тех. приладом;
 $q_{0,hr}^h = 200 \text{ л / год}$;

$\alpha_{hr} = f(N \cdot P_{hr})$ – величина, яка залежить від загальної кількості водорозбірних приладів N , шт., які обслуговуються цією системою гарячого водопостачання та імовірності їхнього використання в системі ГВ.

Кількість водорозбірних приладів в системі ГВ житлового будинку визначається за формулою:

$$N = n_{np} \cdot n_{кв} \cdot n, \text{ шт}; \quad (4.10)$$

де $n_{np}, n_{кв}, n$ – кількість, відповідно приладів в одній квартирі, квартир на поверсі, поверхів в будинку.

Імовірність дії водорозбірних приладів системи ГВ визначається за формулою:

$$P = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{3600 q_0^h \cdot N}, \quad (4.11)$$

де $q_{hr,u}^h$ – норма витрати гарячої води одним споживачем за годину найбільшого водоспоживання, $q_{hr,u}^h = 10 \text{ л / год}$;

q_0^h – секундна витрата гарячої води водорозбірним приладом, віднесена до одного приладу, $q_0^h = 0,2 \text{ л / с}$;

Імовірність використання водорозбірних приладів системи ГВ:

$$P_{hr} = \frac{3600 q_0^h \cdot P}{q_{0,hr}^h}; \quad (4.12)$$

Загальна площа геліопанелей для забезпечення потреб теплопостачання у найгарячішому місяці червні становить 320 м^2 .

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Загальна річна кількість тепла потрібна на нагрівання теплоносія для потреб гарячого водопостачання: $Q_{\text{заг.гв}} = 50900 \text{ Вт} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 3600 = 1605,2 \text{ ГДж}$.
Загальна річна кількість теплової енергії, що отримується із геліосистеми (із площею сонячних колекторів 320 м^2): $Q_{\text{заг.гн}} = 140,9 \text{ ГДж}$.

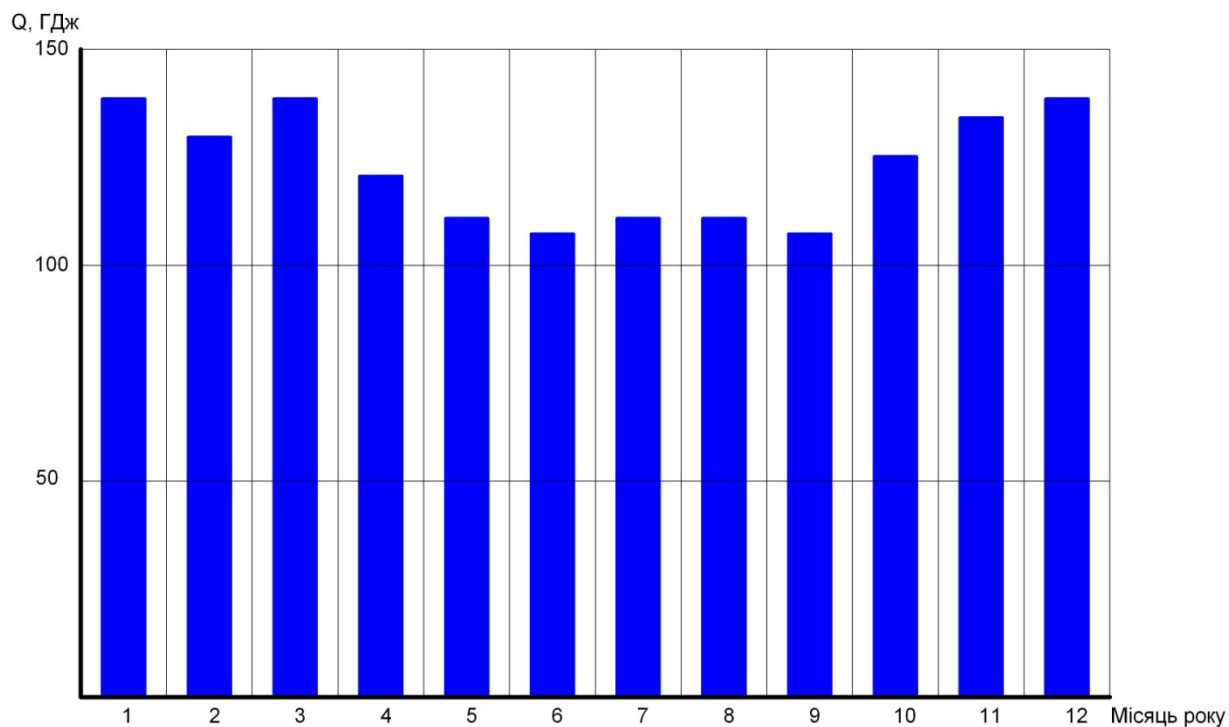


Рис. 4.2. Річна витрата тепла на гаряче водопостачання по місяцях (для даного житлового будинку на грудень 2019 р.)

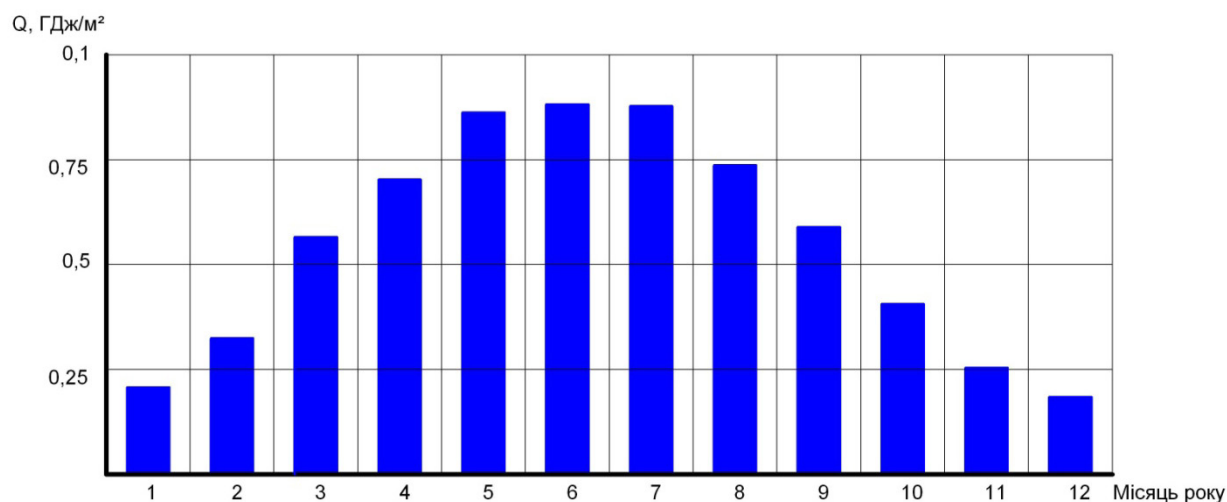


Рис. 4.3. Кількість сонячної енергії, яка падає на горизонтальну поверхню по місяцях для м. Тернопіль

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Відповідно до СН 509-78 визначення річного економічного ефекту ґрунтується на порівнянні приведених затрат по базовій і новій техніці. Приведені затрати визначаються за формулою:

$$Z = C + EK, \quad (4.13)$$

де Z – річні приведені затрати на одиницю продукції, грн/рік;
 C – собівартість одиниці продукції, грн/рік;
 K – питомі капітальні затрати, грн;
 E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 1/рік.

Економічну оцінку (грн/ГДж) доцільності застосування геліосистеми для гарячого водопостачання можна подати шляхом порівняння вартості 1 ГДж теплової енергії, що виробляється сонячною C_c і традиційною (від котельні) системою C_T (станом на грудень 2019 р. $C_T = 415$ грн/ГДж). Система сонячного теплопостачання має доцільність тоді, коли $C_c < C_T$.

$$C_c = (EK_c + C_e)/Q_{річ}, \quad (4.14)$$

де K_c – капітальні затрати на систему СТ, грн;
 C_e – річні експлуатаційні затрати, грн/рік;
 $Q_{річ}$ – річне теплове навантаження, ГДж/рік.
 Капітальні затрати на систему сонячного теплопостачання:

$$K_c = (C_k + C_{об})A + C_{ак}V, \quad (4.15)$$

де C_k – питома вартість ГП, грн/м²;
 $C_{об}$ – вартість допоміжного обладнання, грн/м²;
 $C_{ак}$ – питома вартість акумулятора сонячної енергії, грн/м³;
 A – загальна площа сонячних колекторів, м²;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

V – об'єм бака-акумулятора, м³.

$$K_c = (450 + 225) \cdot 320 + 9000 \cdot 24,84 = 439\,560 \text{ грн},$$

$$C_c = (0,12 \cdot 439\,560 + 1\,000) / 140,9 = 381 \text{ грн/ГДж}.$$

Оскільки виконується умова $C_c < C_t$, то можна зробити висновок про доцільність сонячного теплопостачання.

Порівняємо економічну ефективність застосування різних типів сонячних колекторів, зокрема систему гарячого водопостачання від:

а) активної системи сонячного теплопостачання, яка складається із сонячного колектора (2 м²), запірно-регулюючої арматури, бака-акумулятора (200 л) (вартість такої системи на ринку складає 35 000 грн.);

б) альтернативного варіанту – геліопанелі (вартість такої системи 7 500 грн.).

Економічний ефект від впровадження пропонованої системи із комбінованими геліопанелями, порівняно із системою, що містить сонячні колектори, бак-акумулятор, систему автоматики, які пропонуються на ринку:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= Z_{\bar{o}} - Z_{\kappa} = (C_{\bar{o}} - C_{\kappa}) - E_n (K_{\bar{o}} - K_{\kappa}) = \\ &= (1\,500 - 0) - 0,12 \cdot (7\,500 - 35\,000) = 4\,800 \text{ грн/рік}. \end{aligned}$$

Варіант із геліопанелями на 27,5 тис. грн. має меншу вартість. Загалом, системи сонячного теплопостачання дають змогу знизити вартість отримуваної теплової енергії на 30-40 % порівняно з традиційними джерелами теплопостачання від тепломереж.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз факторів ризику при експлуатації сонячних колекторів

При експлуатації сонячних колекторів на людину мають вплив електромагнітні випромінювання оптичного діапазону з довжиною хвиль від 0,2 мкм до 1000 мкм.

Залежно від довжини хвилі ці випромінювання поділяються на:

- випромінювання видимого діапазону;
- інфрачервоні;
- ультрафіолетові;
- лазерні.

Робота персоналу, який обслуговує таке обладнання, а також людей, які знаходяться поблизу нього, пов'язана з дією випромінювань оптичного діапазону на організм людини та потребує рекомендацій щодо захисту від них.

Інфрачервоне випромінювання

До інфрачервоних випромінювань належать електромагнітні випромінювання (ЕМВ) невидимої частини спектру, що знаходяться в діапазоні довжини хвилі $\lambda = 0,78...1000$ мкм. Джерелом інфрачервоного випромінювання є будь-яке тіло, температура поверхні якого перевищує температуру абсолютного нуля (-273 °К). Спектральний склад випромінювань інфрачервоного діапазону залежить від температури поверхні тіла. Чим вища температура тіла, тим коротша довжина випромінюваної електромагнітної хвилі.

Вплив інфрачервоного випромінювання на людину залежить від довжини хвилі, що випромінюється, й від глибини проникнення променів.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ		
Розробив		Майборода М.О.					
Перевірив		Козак К.М.					
Консульт.		Гурик О.Я.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕММ-61		

В залежності від цього інфрачервоне випромінювання поділяють на три ділянки: А,В,С:

А – ближня (короткохвильова) – характеризується високою проникністю крізь шкіру $\lambda = 0,78 \dots 1,4$ мкм;

В – середня (середньохвильова) – поглинається шарами дерми та підшкірною висловою тканиною $\lambda = 1,4 \dots 3,0$ мкм;

С – далека (довгохвильова) – поглинається епідермісом $\lambda = 3,0 \dots 1000$ мкм.

Інфрачервоне випромінювання, що потрапляє на тіло людини, впливає, перш за все, на незахищені його ділянки (обличчя, руки, шию, груди, очі). Основним його проявом є тепло, яке проникає на деяку глибину в тканини. Тіло людини може витримувати інфрачервоне випромінювання певної густини потоку енергії, яка вимірюється у Вт/м².

Так, при густині потоку випромінювання величиною 280...260 Вт/м² відчувається ледь помітне тепло. Його людський організм може витримувати тривалий час без будь-яких змін у його функціональному стані.

При густині потоку випромінювання величиною 560...1050 Вт/м² настає межа, коли людина не витримує дію інфрачервоного випромінювання. Знаходження людини протягом тривалого періоду часу в зоні інфрачервоного випромінювання значної потужності, як і при дії високих температур, впливає на центральну нервову систему, серцево-судинну систему (збільшується частота серцебиття, змінюється артеріальний тиск, прискорюється дихання), порушує тепловий баланс в організмі, що призводить до посиленого потовиділення, втрати необхідних для організму людини солей. Діючи на очі, інфрачервоне випромінювання викликає помутніння кришталика, опік сітківки, кон'юнктивіти.

Нормована допустима густина потоку енергії інфрачервоного випромінювання на робочому місці залежить від ділянки випромінювання.

Для ділянки А нормована густина потоку енергії не повинна пе-

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ревищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні 50 % тіла і більше.

Для ділянки В – 120 Вт/м^2 при опроміненні поверхні тіла в межах 25...50 %.

Для ділянки С – 150 Вт/м^2 , якщо опромінюється не більше 25 % поверхні тіла. Нормами передбачено тривалість опромінення, перерв, які залежать від густини потоку опромінення.

Для захисту людини від інфрачервоного випромінювання використовують декілька способів.

Захист відстанню. Цей спосіб полягає в тому, що при віддаленні від джерела випромінювання густина потоку енергії зменшується пропорційно відстані до нього.

Захист часом передбачає обмеження перебування людини в зоні інфрачервоного випромінювання.

Теплоізоляція джерела випромінювання передбачає застосування конструкторських та технологічних рішень, направлених на теплоізоляцію випромінюваної поверхні матеріалами (скловата, цегла), що знижують температуру поверхні випромінювання.

Індивідуальні засоби захисту: спецвзуття, спецодяг, який витримує високі температури та захищає від інфрачервоних випромінювань, який водночас є м'яким і повітронепропускним (брезент, сукно). Для захисту очей використовують спеціальні окуляри зі скельцями жовто-зеленого або синього кольору.

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. Природнім джерелом УФВ є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери,

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

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. Усі УФВ прийнято поділяти на три ділянки в залежності від довжини хвилі: А – $\lambda = 380...315$ нм; В – $\lambda = 315...280$ нм; С – $\lambda = 280...200$ нм.

Інтенсивність випромінювання та його електричний спектральний склад 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

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

потрапляє на Землю, а поглинається озоновим шаром.

До заходів захисту від УФВ належать конструкторські та технологічні 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.

5.2. Допомога при сонячному та тепловому ударі

При сонячному ударі відбувається поразка центральної нервової системи і, перш за все, головного мозку, викликана інтенсивною дією прямих сонячних променів на ділянку голови. Сонячний удар зазвичай уражає людей, що працюють у польових умовах з непокритою головою, при зловживанні сонячними ваннами на пляжах, при важких переходах в умовах жаркого клімату. Сонячний удар може відбутися як під час перебування на сонці, так і через 6...8 год. після інсоляції.

Симптоми сонячного удару – загальне нездужання, розбитість, головний біль, запаморочення, шум у вухах, нудота, а іноді блювота. При огляді виявляється гіперемія шкіри, обличчя і голови, прискорення пульсу і подиху, посилене потовиділення, підвищення температури, іноді носова кровотеча. У важких випадках виникає сильний головний біль, знижується артеріальний тиск, температура тіла досягає 40...41 °С, хворий впадає в протрацію, непритомніє. Дихання частішає, потім сповільнюється і може перейти в дихання Чейна-Стокса, тобто стає переривчастим. Пульс рідкий. Можливий розвиток отікання легенів. У деяких випадках відзначаються судоми, коматозний стан, іноді порушення, галюцинації, марення.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У більшості випадків при отриманні сонячного удару досить помістити хворого в тінь, звільнити від одягу, дати випити холодної води, покласти холодний компрес на голову, обернути простиралом, змоченим холодною водою. У важких випадках ці заходи треба доповнити внутрішньовенним чи підшкірним введенням 500 мл ізотонічного розчину хлориду натрію. У випадках зниження артеріального тиску, розладу подиху необхідно ввести підшкірно 1...2 мл 10% розчину кофеїну чи 1-2 мл кордіаміну. При зупинці дихання вдаються до штучного дихання. У випадку виникнення набряку легенів вводять внутрівено 0,5...0,75 мл 0,05% розчину строфантину чи 1 мл 0,06 % розчину корглікона в 20 мл 40% розчину глюкози, призначають сечогінні засоби – урегит (50 мг), фуросемід (2 мл 4% розчину внутрішньовенно).

Тепловий удар (гіпертермічна кома) — безсвідомий стан, обумовлений загальним перегріванням організму в результаті впливу зовнішніх теплових факторів. Тепловий удар може виникнути в результаті перебування в приміщенні з високою температурою і вологістю, під час тривалих маршів в умовах жаркого клімату, при інтенсивній фізичній роботі у задушливих, погано вентильованих приміщеннях. Розвитку теплового удару сприяють теплий одяг, перевтомлення, недотримання питного режиму. У дітей грудного віку причиною теплового удару може бути закутування в теплі ковдри, перебування в задушливому приміщенні, розташування дитячого ліжечка біля печі чи батареї центрального опалення.

Надмірне перегрівання організму супроводжується порушенням водоелектролітичного обміну, циркуляторними розладами, мілкокрапковими крововиливами в мозок.

Симптоми теплового удару: почуття загальної слабості, розбитості, головний біль, запаморочення, шум у вухах, сонливість, жар та нудота. При огляді виявляється гіперемія шкірних покривів, пульс і дихання прискорені, температура підвищена до 40...41 °С. У важких випадках подих сповільню-

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ється, іноді переходить у дихання Чейна-Стокса, падає артеріальний тиск. Потерпілий оглушений, непритомніє, іноді виникають судороги, розвивається коматозний стан. Можливі марення, психомоторне порушення. У дітей грудного віку на перший план виступають швидко наростаючі диспепсичні розлади (блювота, пронос), температура тіла різко підвищується, риси обличчя загострюються, загальний стан швидко погіршується, свідомість запаморочена, виникають судоми, розвивається кома.

Невідкладна допомога при тепловому ударі – потерпілого терміново виносять у прохолодне місце, забезпечують доступ свіжого повітря, звільняють від одягу, дають випити холодної води, накладають холодний компрес на голову. У більш важких випадках показано обгортання простиралом, змоченим холодною водою, обливання прохолодною водою, прикладання льоду до голови і пахових ділянок. При серцево-судинній недостатності внутрішньовенно вводять 0,5 мл 0,05 % розчину строфантину, 2...3 мл кордіаміну внутрішньом'язово чи внутрішньовенно, але доцільне внутрішньовенне введення 300...500 мл ізотонічного розчину хлориду натрію, 400...900 мл реополіглюкіна, при падінні артеріального тиску вводять підшкірно 2 мл 10 % розчину кофеїну чи 0,5 мл 0,1 % розчину адреналіну.

У важких випадках хворі підлягають госпіталізації в реанімаційне відділення, у більш легких випадках — у звичайне терапевтичне (чи дитяче) відділення.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6

БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Проблеми забезпечення безпеки життєдіяльності

Небезпека для життя людини може виникнути як при надзвичайних ситуаціях, так і при звичних умовах буття, зокрема на робочому місці працівника, коли він працює з різноманітним обладнанням, – тому проблема забезпечення безпеки життєдіяльності має бути забезпечена як у нормальних умовах життя і роботи, так і в надзвичайних умовах.

Безпека життєдіяльності – це галузь знань, в якій вивчають небезпеки, які загрожують людині в повсякденному житті (вдома, на роботі, на вулиці, на відпочинку) та при надзвичайних ситуаціях (аварії, катастрофи) і методи захисту від них. Як складна категорія, вона охоплює життя та діяльність людини у взаємодії із навколишнім середовищем.

Природно, що більшість людей інтуїтивно розуміє значення безпеки. Це і запобігання хворобам, і порушенням встановленого способу життя, тощо. Тому простіше визначити відсутність безпеки ніж, її наявність.

Якщо розглянути явище безпеки, то воно має чотири суттєвих ознаки:

- *універсальність*: безпека турбує всіх людей, оскільки має загальні загрози нормальному життю;
- *взаємозалежність складників*: безпека нині не стосується окремої людини, соціальної групи чи навіть країни;
- *підконтрольність розвитку подій*: про безпеку можна говорити тільки тоді, коли та чи інша небезпека виявляється на ранніх стадіях виникнення;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ		
Розробив		Майборода М.О.					
Перевірив		Козак К.М.					
Консульт.		Клепчик В.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61		

– *проблемність людського життя*, яка не дає змоги повністю розв’язати проблему безпеки особи, домагатися абсолютної ліквідації небезпеки.

Усіляка діяльність потенційно небезпечна, тому завжди несе деякий ризик. Виходячи з цього можна сказати, що життєдіяльність – це складна система, яка здатна забезпечити і підтримати в середовищі буття певні умови життя та всі види діяльності людей .

До факторів, що забезпечують безпеку життєдіяльності, необхідно віднести екологічні, фізіологічні, медичні, виробничо-побутові, правові та інші.

До основних принципів забезпечення безпеки життєдіяльності відносяться:

- безперервне забезпечення фізіологічних процесів організму людини (повітря, вода, продукти харчування, світло, тепло, одяг);
- взаємодія і взаємозалежність із навколишнім середовищем.

Життєдіяльність забезпечується навколишнім середовищем: параметрами споживання, енергоресурсами, корисними копалинами тощо. В свою чергу життєдіяльність впливає на середовище буття: змінює параметри споживання, виснажує енергоресурси, забруднює навколишнє середовище.

Основні проблеми забезпечення безпеки життєдіяльності поділяються на дві групи. До першої групи можна віднести вирішення проблем за такими напрямками:

- охорона здоров’я;
- охорона прав людини та громадського порядку;
- охорона праці;
- захист навколишнього природного середовища.

До другої групи можна віднести вирішення проблем, які виникають при надзвичайних ситуаціях:

- захист населення в надзвичайних ситуаціях;

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- запобігання або зниження наслідків надзвичайної ситуації.

Виходячи з цього можна сказати, що проблема забезпечення безпеки життєдіяльності має бути забезпечена кожній людині, як в нормальних умовах життя, так і у надзвичайних ситуаціях.

6.2. Надзвичайні ситуації природного характеру

Серед більшості причин надзвичайних ситуацій природного характеру виділяються землетруси, повені, зсуви, урагани.

Землетруси виникають при раптовому розриві гірських порід Землі та при вивільненні енергії, яка розповсюджується у вигляді сейсмічних хвиль і спричиняє серію коливальних рухів земної поверхні. Місце, де виникає підземний поштовх, називається осередком землетрусу; точка у глибині Землі, де починається розрив – гіпоцентром, її проекція на поверхню Землі – епіцентром. Існують шкали бальності, за допомогою, котрих оцінюють руйнівну силу землетрусу. Деякі рекомендації як поводитися під час землетрусу:

- якщо діяти спокійно і свідомо, то є більше шансів залишитись неушкодженим. Якщо відчувається здригання ґрунту чи будинку, слід реагувати негайно, пам'ятаючи, що найбільш небезпечні предмети, що падають;

- перебуваючи у приміщенні, слід негайно зайняти безпечне місце, заховатись під стіл чи ліжку. Можна стати у заглибини внутрішніх дверей чи у кут кімнати. Слід пам'ятати, що частіше завалюються зовнішні стіни будинків. Необхідно триматися подалі від вікон, печей чи важких предметів, наприклад, холодильників, які можуть перекинутися чи зрушити з місця;

- не слід вибігати з будинку, оскільки уламки, які падають уздовж стін є серйозною небезпекою. Безпечніше перечекати поштовх там, де він вас застав, і, лише дочекавшись його закінчення, вийти;

- буде безпечніше залишити неукріплений одно чи двоповерховий

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

цегляний будинок, ніж залишатися в ньому. Виходьте з будинку якнайшвидше, але остерігайтесь предметів, які падають;

- не слід одразу стрибати з вікна. Це може призвести до травми навіть за відсутності загрози руйнування будинку;

- знаходячись на тротуарі поблизу високого будинку, слід зайти до під'їзду чи відійти у безпечне місце;

- автомобіль слід повільно зупинити подалі від високих будинків, мостів чи естакад. Необхідно залишатися в машині до припинення поштовхів;

- у багатоповерховому будинку не поспішайте до ліфтів чи сходів. Сходові прольоти та ліфти під час землетрусу часто обвалюються;

- особливо важливо зберігати спокій, після припинення поштовхів негайно розпочати надавання допомоги потерпілим та пораненим, приступити до гасіння пожеж;

- опинившись у завалі, слід спокійно оцінити становище, надати собі першу допомогу, якщо це можливо – зупинити кровотечу, накласти пов'язку, допомогти тим, хто поряд, заспокоїти їх. Важливо подбати про встановлення зв'язку з тими, хто перебуває зовні завалу (голосом, стуком).

Під час землетрусу чи при безпосередній загрозі його виникнення підприємства та установи усі роботи завершують, проводиться безаварійна зупинка виробництва.

Повені – це тимчасові значні затоплення місцевості внаслідок підняття рівня води у річці, озері, водосховищі через весняне сніготанення, випадання сильних дощових опадів, злив, затори льоду на річках, прорив греблі та огорож дамб. Повені завдають великої матеріальної шкоди та призводять до людських жертв. Вони відрізняються від інших стихійних лих тим, що деякою мірою прогнозовані. Своєчасно вжиті заходи дозволяють виключити чи значно зменшити катастрофічні наслідки повені.

Основний напрям у створенні безпеки за можливості повені вчасно

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

перерозподілити стік (насадження лісозахисних смуг тощо). Певний ефект дає також обладнання ставків та інших ємкостей у балках і ярах для перехоплення талих та дощових вод. Для середніх та великих рік єдиний радикальний засіб – це регулювання повеневого стоку за допомогою водосховища. Крім того, для захисту від повеней широко використовується давно відомий спосіб влаштування дамб. У ймовірних осередках ураження при затопленні на підставі прогнозу повинні визначатися та доводитися до відома населення:

- межі можливої зони затоплення;
- рівень підйому води;
- час приходу проривної води на об'єкт;
- тривалість затоплення.

Одночасно визначається місце та зона евакуації населення при загрозі затоплення.

Зсуви – це ковзке зміщення великих мас ґрунту униз по схилу, що виникає під час порушення рівноваги, викликані різними причинами. Зсуви можуть бути на всіх схилах під кутом 20° і більше й у будь-яку пору року. Вони відрізняються за швидкістю зміщення порід (повільні, середні, швидкі) та за своїми масштабами. Швидкість повільних зміщень порід становить декілька десятків сантиметрів за рік, середніх – декілька метрів за годину чи добу і швидких – десятки кілометрів за годину і більше. Зсуви, гірські обвали та обсипання – події, часті в багатьох країнах світу. Вони здатні викликати великі завали чи обвали автомобільних та залізничних шляхів, руйнування населених пунктів, знищення сільськогосподарських угідь, лісів, спричиняти затоплення і загибель людей. Захист від зсувів здійснюється відведенням підземних вод у колектори, зменшенням стрімкості берегів, де можливі зсуви, укріпленням берегів лісонасадженнями та інженерними засобами.

Урагани – це вітри, швидкість яких перевищує 30 м/сек. Вони виникають внаслідок нерівномірного нагрівання атмосферного повітря на різ-

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

них широтах та висотах і різниці тиску в різних шарах атмосфери. Пролітаючи над землею з величезною швидкістю, яка сягає 150 км/год. і більше, ураган ламає дерева, руйнує будівлі та інші споруди. На морі ураган створює хвилі, котрі перешкоджають судноплавству, а іноді призводять до загибелі суден.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 7

ЕКОЛОГІЯ

7.1. Актуальність охорони навколишнього середовища

Проблема охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів є однією з найбільш актуальних загальнолюдських проблем, так як від її вирішення залежить життя на землі, здоров'я і благоустрій людства. Ця проблема особливо загострилася в ХХ столітті, коли інтенсивний розвиток промисловості та транспорту, а також недосконалення технологічних процесів привели до посилення забруднення атмосфери, води та ґрунту на нашій планеті, до виснаження традиційних енергетичних та матеріальних ресурсів. Масштаби антропогенного (в результаті людської діяльності) впливу стали приводити до суттєвих якісних та кількісних змін біосфери (живої оболонки Землі).

Щорічно світове господарство викидає тільки в атмосферу 350 млн.т. оксидів вуглецю, більше 50 млн.т. різних вуглеводів, 120 млн.т. золи, 150 млн.т. оксиду сірки двохвалентної. В атмосфері накопичується вуглекислий газ і в той же час зменшується кількість кисню. Руйнується озоновий шар, що поглинає згубні для життя ультрафіолетові промені. Через аварії на атомних станціях, випробування атомної зброї виникає радіоактивне забруднення біосфери. Антропогенне запилення атмосфери стало рівним кількості пилуки і золи, що викидається діючими вулканами.

Інтенсивно забруднюється Світовий океан. В його води щорічно викидається більше 6 млрд.т твердих відходів, а по його поверхні розтікається більше 12 млн.т нафти. Стрімко нарощується дефіцит прісної води.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ЕКОЛОГІЯ		
Розробив		Майборода М.О.					
Перевірив		Козак К.М.					
Консульт.		Лясота О.М.					
Н. Контр.		Коваль В.П.					
Зав. каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕМм-61		

Ріки та озера забруднюються стічними водами. В оточуючому середовищі накопичуються такі шкідливі речовини як свинець, ртуть, миш'як. Поступає велика кількість хлорорганічних пестицидів, що використовуються в сільському господарстві. Проходить також біологічне та акустичне (шумове) забруднення.

7.2. Екологічні аспекти нетрадиційної енергетики

Розвиток і використання нетрадиційних джерел енергії є актуальною проблемою для України, зважаючи на те, що свої потреби в енергоресурсах країна забезпечує лише на 25 %, імпортує 75 % природного газу та 85 % нафти і нафтопродуктів. Крім того, ресурси традиційних джерел енергії вичерпуються, подальший розвиток традиційної енергетики пов'язаний із рядом проблем: небезпека при експлуатації, забруднення навколишнього середовища тощо.

За таких умов важливого значення набуває використання альтернативних джерел: енергії Сонця, біомаси, вітру, тепла Землі тощо. Проте, використання нетрадиційних джерел енергії має свої особливості. Розглянемо їх детальніше.

Сонячна енергія. Сонячні станції вважають екологічно чистими, хоча так можна говорити лише про кінцеву стадію експлуатації сонячних електростанцій. Вони займають великі земельні площі (більші, ніж ТЕС та АЕС), при довготривалій експлуатації можливі витoki шкідливих високотоксичних робочих рідин (в яких є хромати і нітрити), призводять до зміни теплового балансу, вологості, напряду вітрів в районі станцій, в затемнених великих територіях можлива деградація земель.

Енергія вітру. Потреба потужних вітрових електростанцій у великих площах (в залежності від рози вітрів і місцевого рельєфу), зміна властивостей ґрунту – ці фактори можна назвати шкідливими з екологічної точки зору. З

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

вітром пов'язаний один із видів забруднення навколишнього середовища – «шумове забруднення», і це пов'язано не лише з шумом та вібрацією. Йдеться про те, що в цьому шумі є досить шкідливий інфразвуковий, низькочастотний компонент (частота інфразвуку в 7 Гц співпадає з альфаритмом головного мозку людини, що при великій інтенсивності цієї дії дуже небезпечно і може викликати суттєві розлади у стані здоров'я). Цей аспект потрібно враховувати при створенні мережі державних і приватних вітрових електростанцій.

Негативного впливу шумового ефекту на людей можна уникнути, розташовуючи вітрові станції на достатній відстані від населених пунктів, але повністю негативного впливу запобігти неможливо, оскільки шумовий ефект створює небезпеку для мігруючих птахів, тварин, комах, риб.

Геотермальна енергія. Відомо, що місця, де проводяться геотермальні розробки, найбільш сейсмічно небезпечні за рахунок пустот та осідання ґрунту. При цьому мають місце забруднення поверхневих і ґрунтових вод у випадку викиду розчинів високої концентрації при бурінні свердловин, викиди великої кількості розсолів при розриві трубопроводів під час транспортування. Скидання відпрацьованих термальних вод може призвести до утворення нових боліт, а в посушливих районах – засолення. Вчені пропонують простий шлях вирішення теплових викидів в атмосферу та впливу на навколишнє середовище – створення кризової циркуляції теплоносія за системою „свердловина – теплозйомник, агрегат – свердловина – пласт”. Термальні води не поступають на поверхню землі, в ґрунтові води і водойми. Тиск всередині пласта зберігається, просідання ґрунту немає, а отже сейсмонебезпечність виключається.

Енергія припливів та відпливів. Зміни землекористування в районі станцій, флори і фауни акваторії, поверхневі викиди забруднених вод відносять до несприятливих екологічних наслідків роботи припливних електростанцій (ПЕС). Як показала експлуатація ПЕС „Ране” (Франція),

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

цього можна уникнути, коли застосувати в проєкті однобасейну схему двосторонньої дії (максимально зберігається природний цикл коливань басейну і гарантує тим самим екологічну безпеку припливної енергії).

Біоенергетичні установки. Широкий розвиток біоенергетики ефективний в екологічному відношенні (переробка твердих відходів, відходів при вирубуванні лісу, деревообробної промисловості, які забруднюють природне середовище). Емісія сірки (SO_2) при спалюванні рослинного палива значно нижча, ніж вугілля; двоокису вуглецю (CO_2) фактично нульова, бо під час спалювання в атмосферу віддається стільки ж двоокису вуглецю (CO_2), скільки раніше рослини отримали з оточення. Тому біомаса, безсумнівно, є більш екологічним паливом, ніж вугілля і, крім того, постійно відновлюється у процесі фотосинтезу. Поряд з цим існують і несприятливі фактори дії на навколишнє середовище:

- спалювання відходів деревини дає велику кількість твердих часток, окису вуглецю, канцерогенних і токсичних речовин;
- викиди тепла, зміна теплового балансу;
- вибухонебезпечність під час роботи з біогазом, його зберігання та транспортування;
- під час переробки біомаси на етанол утворюється велика кількість побічних продуктів (залишки перегонки, промивочні води), які є джерелом забруднення.

При використанні біодизельного палива, порівняно із звичайним дизельним, у відпрацьованих газах міститься значно менше вуглекислого газу, чадного газу, вуглеводнів, особливо канцерогенної речовини бензапірену. При цьому сірки – головного винуватця кислотних дощів – практично немає. Кількість вуглекислого газу в атмосфері зменшується як за рахунок використання біодизелю і зменшення його вмісту у відпрацьованих газах двигунів, так і за рахунок його засвоєння ріпаком в процесі вирощування. Це значною мірою зменшує процес парникового ефекту. В

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

грунті біодизельне пальне повністю розщеплюється на нешкідливі речовини протягом 24-х годин, що є особливо актуальним при використанні його водним транспортом.

Позитивним ряд науковців при виробництві біодизельного палива вважають розширення площ ріпаку, насіння якого є основною сировиною в цій галузі. Ріпак – це цінна олійна сільськогосподарська культура з багатими агротехнологічними можливостями. Він підвищує вміст рухомого фосфору в ґрунті, добре розрихлює підґрунтя, стримує ерозійні процеси, є хорошим попередником для озимих зернових, рано звільнює поля і дає першу товарну продукцію. Водночас не слід забувати, що ріпак досить виснажує землю і повернути його на поле можна не раніше, ніж за чотири роки.

Біомаса. Варто звернути увагу, що пряме спалювання біомаси – деревини, зіпсованого зерна, соломи – призводить до утворення великої кількості твердих залишків, органічних сполук, окисів вуглецю та інших газів, що є несприятливим показником для екологічної системи. При переробці біомаси на етанол утворюється значна кількість побічних продуктів (залишки перегонки), які є серйозним джерелом забруднення середовища.

В процесі переробки біомаси у різні види енергії виділяється значна кількість тепла, яка в більшості випадків не використовується, а розглядається як втрати. Теплові втрати – це також зміна теплового балансу планети, що є досить негативним явищем в екосистемі.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Проведено літературний огляд за напрямком дослідження, у якому розглянуто класифікацію систем теплопостачання, обладнання установок сонячного теплопостачання та методи розрахунку сонячної енергії, отриманої від сонячних колекторів. Визначено, що на даний час існують різні конструкції сонячних колекторів, які відрізняються техніко-економічними показниками. Достатньо надійними, ефективними та простими в експлуатації є плоскі сонячні колектори з нижчою на 20 – 40 % вартістю за вакуумні. Проте плоскі колектори неефективно використовують сонячну енергію в ранкові та вечірні години.

2. Практичний досвід проведення проектних та будівельно-монтажних робіт показує, що одночасне проектування ССТ і об'єктів, для яких ці системи вироблятимуть тепло, дозволяє істотно спростити монтаж і, як наслідок, знизити вартість спорудження ССТ. У зв'язку з цим є доцільним при проектуванні нових житлових та промислових об'єктів наперед передбачати в проектах їх теплопостачання за рахунок сонячної енергії.

3. На основі теоретичних та експериментальних досліджень із застосуванням відомих методів розрахунку систем сонячного теплопостачання створено методику та алгоритм розрахунку системи сонячного теплопостачання із сонячними колекторами, а також побудовано залежність, що дозволяє знайти кількість отриманої теплової енергії.

					ДРМ 316.18.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розробив	Майборода М.О.						
Перевірив	Козак К.М.						
Консульт.	Козак К.М.						
Н. контр.	Коваль В.П.						
Зав. каф.	Тарасенко М.Г.						
					Літера	Аркуш	Аркушів
					ТНТУ, ФПТ, гр. ЕММ-61		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бекман У. А. Расчет систем солнечного теплоснабжения / У. А. Бекман, С. А. Клейн, Дж. А. Даффи ; пер. с англ. – М. : Энергоиздат, 1982. – 80 с.
2. Берковский Б. М. Возобновляемые источники энергии на службе человека / Б. М. Берковский, В. А. Кузьминов. – М. : Наука, 1987. – 126 с.
3. Бринкворт Б. Дж. Солнечная энергия для человека / Б. Дж. Бринкворт; пер. с англ. В. Н. Оглоблева. – М. : Мир, 1976. – 291 с.
4. Дверняков В. С. Сонце – енергія та життя / В. С. Дверняков. – К. : Наук. думка, 1991. – 176 с.
5. Зоколей С. Солнечная энергия и строительство / С. Зоколей ; пер. с англ. – М. : Стройиздат, 1979. – 208 с.
6. Короненко О. Світові тенденції використання сонячної енергії / О. Короненко // Зелена енергетика. – 2009. – №2 (34). – С. 6.
7. Ляшенко М. Б. Математическое моделирование и оптимальное проектирование некоторых хозяйственных гелиотехнических систем / М. Б. Ляшенко, Ш. Р. Реджепова. – Ашхабад : Ылым, 1989. – 124 с.
8. Математическая модель гелиоконтура для системы отопления / [А. П. Беляков, Г. Н. Дульнев, Л. А. Савинцева, Е. В. Сахова] // Гелиотехника. – 1989. – № 6. – С. 25-28.
9. Теплові розрахунки геліосистем : монографія / [В. Ю. Сиворакша, В. Л. Марков, Б. Є. Петров та ін]. – Д. : Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2003. – 132 с.
10. Шафеев А. И. Моделирование систем солнечного теплоснабжения индивидуального дома / А. И. Шафеев // Гелиотехника. – 1991. – № 2. – С. 55-59.

					<i>ДРМ 316.18.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		
<i>Розробив</i>		<i>Майборода М.О.</i>					
<i>Перевірив</i>		<i>Козак К.М.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Козак К.М.</i>					
<i>Н. контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>					
					<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>ТНТУ, ФПТ, зр. ЕМм-61</i>		