

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛОСКИХ
СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ**

Виконав студент IV курсу, групи ЕТЗс-42
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

_____ Матвєєв Е.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Вакуленко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)
студенту Матвєєву Едуарду Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка ефективності плоских сонячних колекторів

Керівник роботи к.т.н., доц. Коваль В.П.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» лютого 2021 року № 4/7-132

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 14.06.2021

3. Вихідні дані до роботи Плоский сонячний колектор монтується на стіну будинку
Встановити ефект від використання відбиваючої здатності конструкцій будівлі

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Технології перетворення сонячної енергії

2. Алгоритм розрахунку теплової енергії від сонячної енергетичної установки

3. Порівняльні характеристики колекторів різних типів

4. Розрахунок показників роботи геліоустановки за результатами вимірювань

5. Розрахунок теплової ефективності плоских сонячних колекторів при їх установці на стіні будівлі

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

1. Порівняльні характеристики колекторів різних типів

2. Залежність ефективності колектора від його кута нахилу

3. Енергетична установка

4. Принципова схема лабораторної установки

5. Надходження і поглинання сонячної енергії при нахилі колектора до горизонту

6. Залежність ККД колектора від зовнішньої температури повітря

7. Залежність ефективності колектора від його кута нахилу

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТзс–42. - Т. : ТНТУ, 2021.

Стор. 72; рис. 15; табл. 23; креслень (презентацій) ; джерел 13.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему:
« Оцінка ефективності плоских сонячних колекторів ».

Метою роботи є підвищення ефективності локального енергопостачання шляхом підвищення ефективності плоского сонячного колектора при його настінній установці за рахунок використання відбиваючої здатності конструкцій будівлі.

Проведено аналіз розроблених, і використовуваних в практиці конструкцій сонячних енергоприймачів, їх ефективності і перспектив використання в господарстві. Розроблено конструкцію установки для дослідження підвищення теплової ефективності плоских сонячних колекторів, що використовують відбиваючу здатність конструкцій будівлі при його настінній установці. Проведено розрахунок теплової ефективності плоских сонячних колекторів при їх установці на стіні будівлі.

Ключові слова: СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ, ПЛОСКИЙ СОЛЯЧНИЙ КОЛЕКТОР

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РЕФЕРАТ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив.</i>	<i>Матвеев Е.О.</i>						6	
<i>Перевірив.</i>	<i>Коваль В.П.</i>							
<i>Консульт.</i>	<i>Коваль В.П.</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Вакуленко О.О.</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>				гр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ			

ЗМІСТ

ВСТУП

1	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1	Коротка енергетична характеристика сонячного випромінювання	8
1.2	Технології перетворення сонячної енергії.....	10
1.3	Алгоритм розрахунку теплової енергії від сонячної енергетичної установки	11
1.4	Висновки до розділу	15
2	ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1	Основні типи сучасних колекторів сонячної енергії.....	16
2.2	Плоскі колектори сонячної енергії.....	17
2.3	Фокусуючі колектори сонячної енергії	18
2.4	Вакуумовані скляні трубчасті колектори	20
2.5	Порівняльні характеристики колекторів різних типів	21
2.6	Висновки до розділу	23
3	РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	25
3.1	Особливості випробування плоских сонячних колекторів.....	25
3.2	Опис геліоустановки	30
3.3	Розрахунок показників роботи геліоустановки за результатами вимірювань.....	34
3.4	Аналіз показників роботи експериментальної, сонячної установки за результатами розрахунків.....	56

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>			ЗМІСТ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					4	
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>				гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

3.5 Розрахунок теплової ефективності плоских сонячних колекторів при їх установці на стіні будівлі. Установка і вибір оптимального кута	58
3.6 Оцінка теплової ефективності сонячного колектора	60
3.7 Висновки до розділу	63
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
4.1 Організаційні та технічні заходи електробезпеки	64
4.2 Захист від статичної електрики	65
4.3 Причини електротравм, напруга кроку.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	71

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	<i>Арк</i>
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

ВТУП

Актуальність роботи. Велика частина світової енергетики (95 %) базується на спалюванні органічного і «згорянні» атомного палива. Ці способи отримання первинного тепла піддаються жорсткій і справедливій критиці у зв'язку з неприпустимим їх впливом на навколишнє середовище. Орієнтована на переважне використання органічного палива, сучасна енергетика є найсильнішим забруднювачем навколишнього середовища, яке впливає на біотопи, біоценози та на людину як частину біосфери.

Одним з найактуальніших напрямків системи екологічної безпеки та безумовного ресурсозбереження, що формується в багатьох країнах є реалізація програм з освоєння нетрадиційних джерел енергії. Сонячне випромінювання з енергетичної та термодинамічної точки зору є високоякісним первинним джерелом енергії, що допускає принципову можливість її перетворення в інші види енергії (тепло-, електроенергію та ін.) з високим коефіцієнтом корисної дії, включаючи забезпечення екологічної безпеки нашої планети і, в тому числі, на тлі глобального потепління клімату.

Використання сонячної енергії - це:

- економія органічних енергоресурсів, зі зниженням навантаження на навколишнє середовище від шкідливих викидів, в тому числі групи газів, які є причиною парникового ефекту;

- виключення викидів додаткового тепла в навколишнє середовище.

Дослідження підвищення ефективності пристроїв, що перетворюють сонячну енергію в енергію, зручну для використання людиною, є завданням насамперед екологічним, а вже потім технічним.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив.</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>					6	
<i>Перевірив.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						
						Гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		

Удосконалення способів перетворення сонячної енергії зі збільшенням ефективності сонячних колекторів як локальних джерел енергії є основний напрямок даної роботи.

Необхідність розробок в області вдосконалення технологій перетворення сонячної енергії визначає актуальність тематики даної роботи.

Мета роботи: підвищення ефективності локального енергопостачання шляхом підвищення ефективності плоского сонячного колектора при його настінній установці за рахунок використання відбиваючої здатності конструкцій будівлі.

Для досягнення мети в роботі вирішувалися наступні **завдання:**

- аналіз літературних джерел;
- аналіз розроблених, і використовуваних в практиці конструкцій сонячних енергоприймачів, їх ефективності і перспектив використання в господарстві;
- розробка конструкції установки для дослідження підвищення теплової ефективності плоских сонячних колекторів, що використовують відбиваючу здатність конструкцій будівлі при його настінній установці;
- обробка і аналіз отриманих даних про поглинання теплової енергії, розробка рекомендацій щодо розрахунку теплової ефективності плоских сонячних колекторів при їх установці на стіні будівлі.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 частин, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 72 арк. формату А4, графічна частина – аркушів презентації.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Коротка енергетична характеристика сонячного випромінювання

Сонячна радіація - невичерпне відновлюване джерело екологічно чистої енергії. Потужність потоку сонячного випромінювання складає $4 \cdot 10^{23}$ кВт. У центрі Сонця тиск досягає величезного значення в $2 \cdot 10^{10}$ МПа (близько 204 млрд. атм.). Температура за різними оцінками становить 8-40 млн. К, а температура фотосфери на поверхні Сонця приблизно дорівнює 5900 К.

Щільність потоку сонячної енергії I_0 біля верхньої межі атмосфери на поверхню, розташовану перпендикулярно до напрямку сонячних променів, складає $1353 \text{ Вт} / \text{м}^2$ і називається сонячною сталою (константою), а середня кількість енергії $E_{\text{он.}}$, що надходить за 1 год на 1 м^2 цієї поверхні, так само $4871 \text{ кДж} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$. Внаслідок обертання Землі навколо Сонця по еліптичній орбіті-відстань між ними в перебігу року змінюється в межах $150 \text{ млн. км} \pm 1,7 \%$, а годинна кількість позаатмосферної сонячної енергії, що надходить на 1 м^2 нормальної поверхні, змінюється протягом року менш ніж на 7% - від 4710 до $5036 \text{ кДж} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$.

Річна кількість поступаючої на Землю сонячної енергії становить $1,05 \cdot 10^{18} \text{ кВт} \cdot \text{год}$, причому на поверхню суші припадає лише $1/5$ частина цієї енергії, тобто $2 \cdot 10^{17} \text{ кВт} \cdot \text{год}$ ($1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 3600 \text{ кДж}$, а $1000 \text{ кДж} = 278 \text{ Вт} \cdot \text{год}$). До цього додаються енергія, вітру та інші похідні сонячної енергії.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>			АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Коваль В.П.</i>					8	
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>				гр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

Без шкоди для екологічного середовища по оцінкам може бути використано 1,5 % всієї падаючої на Землю сонячної енергії, тобто $1,62 \cdot 10^{16}$ кВт·год на рік, що еквівалентно величезній кількості палива - $2 \cdot 10^{12}$ т. у. п.), при цьому потужність потоку енергії становить $1,85 \cdot 10^{12}$ кВт [1, 2].

Розподіл глобального потоку сонячної радіації на поверхні земної кулі вкрай нерівномірний. Кількість сонячної енергії, що надходить за рік на 1 м поверхні Землі, змінюється приблизно от 3000 МДж/м² на півночі до 8000 МДж / м² в найбільш спекотних пустельних місцях.

Середньорічна 'кількість сонячної' енергії, що надходить за 1 день на 1 м² поверхні Землі, коливається від 7,2 МДж / м² на півночі до 21,4 МДж / м² в пустелях і тропіках. Середньорічна щільність потоку сонячного випромінювання складає 210 - 250 Вт / м² в субтропічних областях і пустелях.

Сонячне випромінювання у верхній межі земної атмосфери \ приблизно відповідає випромінюванню абсолютно чорного телаї з температурою 5900 К і включає ультрафіолетове випромінювання (довжина хвиль від 0, 2 до 0,4 мкм), видиме світло (від 0,4 до 0,78 мкм) і інфрачервоне випромінювання з більш довгими хвилями. Максимум інтенсивності сонячного випромінювання доводиться на довжину хвилі 0,5 мкм.

1.2 Технології перетворення сонячної енергії

Застосування сонячної енергії різноманітне. Розглянемо існуючі на сьогодні способи використання сонячної енергії:

1. Застосування сонячного випромінювання у вигляді тепла:

– Геліоустановки (сонячні колектори). Вода нагрівається з метою теплопостачання та гарячого водопостачання житла.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		10

- Опріснення води.
- Різні сушарки та випарювачі.

2. Перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію:

- Термоелектричні генератори (термоелектронна емісія, термоелементи).
- Фотоелектричні генератори (фотоелектронна емісія, напівпровідникові елементи).

3. Фотохімія і фотобіологія (фотоліз, фотосинтез)

Незважаючи на численність способів перетворення сонячної енергії, на даний момент найбільш широко використовується тепловий вплив світла і перетворення його в електричну енергію за допомогою фотоелектричних генераторів [3-7].

1.3 Алгоритм розрахунку теплової енергії від сонячної енергетичної установки

На підставі аналізу методик розрахунку надходження сонячної енергії отримано наступний алгоритм розрахунку, що відрізняється простотою і відповідний для практичних розрахунків.

Приймаємо за основу розрахунку середню за годину щільність потоку повного сонячного випромінювання, що приходить на горизонтальну площадку на рівні поверхні Землі (3.5 і 3.6).

$$I_i = K_T \cdot I_0 \cdot \cos Z_l, \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (1.1)$$

$$I_i = I_{bt} + I_{dt}, \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (1.2)$$

де i – порядковий номер години доби $i = 1..24$;

K – коефіцієнт ясності атмосфери.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		11

Значення зенітного кута Сонця Z визначаємо на основі геометричних співвідношень взаємного розташування Сонця, Землі і розглянутої площадки на поверхні Землі за виразом (1.3), в якому δ - схилення Сонця обчислюється за рівнянням (1.4).

$$\cos Z_i = \cos \omega_i \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta, \quad (1.3)$$

де φ - широта місцевості;

ω_i - годинний кут руху Сонця, рівний 0 в сонячний полудень; щогодини часу t відповідає 15° довготи, причому значення часового кута до полудня вважаються позитивними, а після полудня - від'ємним.

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right), \quad (1.4)$$

де n - порядковий номер дня року, що відраховується з 1 січня.

Середній за даний годину годинний кут Сонця, ω_i град., обчислюємо за виразом (1.5).

$$\omega_i = 12 - i \cdot 15 + 7,5, \quad (1.5)$$

Залежність між дифузійної сонячною радіацією, що падає на горизонтальну поверхню, і сумарною сонячною радіацією припадає на ту ж поверхню, слід обчислювати по кореляційній залежності (1.6).

$$f_{dt} = \frac{I_{dt}}{I_i} = 1,191 - 1,783 \cdot K_T + 0,862 \cdot K_T^2 + 0,324 \cdot K_T^3, \text{ відн.од} \quad (1.6)$$

З рівняння (1.6) обчислюємо значення дифузійної (1.7) і прямої (1.8) сонячної радіації.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

$$I_{dt} = f_{dt} \cdot I_i, \text{Вт} / \text{м}^2, \quad (1.7)$$

$$I_{bt} = 1 - f_{dt} \cdot I_i, \text{Вт} / \text{м}^2 \quad (1.8)$$

Середню за годину щільність повного потоку сонячної енергії, що надходить на похилу, щодо земної поверхні, довільно орієнтовану площину сонячного колектора обчислюємо за формулою (1.9).

$$I_{Ti}^K = I_{H1} + I_{H2} + I_{H3} = I_{bi}^H \cdot \cos y + I_{di} \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho I_{bi} + I_{di} \frac{1 - \cos \beta}{2}, \quad (1.9)$$

Значення величини, що входять в рівняння (1.9), знаходимо з геометричних співвідношень взаємного розташування Сонця, Землі і КСЕ.

Значення I_{bi}^H , визначаємо за формулою (1.10).

$$I_{bi}^H = \frac{I_{bi}}{\cos Z_i}, \text{Вт} / \text{м}^2 \quad (1.10)$$

Значення кута падіння сонячних променів на похилу поверхню КСЕ визначаємо за виразом [1].

Повний за поточну годину кількість сонячної енергії, що надходить на площину КСЕ, визначаємо по вираженню (1.11).

$$H_i^K = I_{Ti}^K \cdot 3,6; \text{кДж} / \text{м}^2 \quad (1.11)$$

Повну, за поточної день, суму кількостей сонячної енергії, що надходить на площину сонячного колектора, визначаємо по (1.12).

$$H_n^K = \sum_{i=i_{cx}}^{i=i_{zx}} H_i^K; \text{кДж} / \text{м}^2 \quad (1.12)$$

де i_{cx} і i_{zx} - годинник сходу і заходу Сонця.

Для розрахунку сприйнятої енергії в літературі розроблена методика,

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

що підходить до конструкції використовуваної лабораторної установки. Визначення корисної теплової потужності плоского КСЕ у лабораторній установці здійснюється за виразом (1.13).

$$H_{заг} = H_{кон.i} + H_{нах.i} \quad (1.13)$$

де $H_{кон.i}$ - тепло, віддане в приміщення поверхнею конвектора і трубами за i -ту годину, кДж.

Визначаємо щільність сприйнятого випромінювання, що припадає на 1 м^2 поверхні сонячного колектора за виразом (1.14).

$$I_{вс} = \frac{h}{r} \cdot 1000. \quad (1.14)$$

де r - проміжок часу на початку і в кінці якого, зафіксовані значення витрати. Переважно $r = 3600$ секунд за винятком моментів початку роботи установки вранці і кінці її роботи ввечері.

Визначаємо середнє теоретичне ККД колектора під час проведення випробувань з рівняння (1.15).

$$\eta_k = \frac{\sum_{i=n}^{i=m} I_{вс.i} \cdot 3,6}{\sum_{i=n}^{i=m} H_i^k} \cdot 100 \quad (1.15)$$

1.4 Висновки до розділу

1. Проведено аналіз енергетичних характеристик сонячного випромінювання та поступлення його на поверхню Землі.
2. Проаналізовано технології перетворення сонячної енергії та встановлено найбільш популярні на даний час.
3. На підставі аналізу методик розрахунку надходження сонячної енергії виокремлено алгоритм розрахунку, що відрізняється простотою і відповідний для практичних розрахунків.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		14

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Основні типи сучасних колекторів сонячної енергії

Для розширення масштабів використання сонячної енергії в народному господарстві нашої країни в найближчі 20 - 30 років необхідно створити виробництво високоефективного геліотехнічного обладнання різного призначення. Найбільш прості в конструктивному-відношенні сонячні водонагрівальні системи, які мають середньорічний ККД 30 – 50 %. Підвищення ефективності геліосистем опалення та охолодження будинків пов'язане із застосуванням більш досконалого геліотехнічного обладнання в поєднанні з оптимальними архітектурно-технічними рішеннями, спрямованими на скорочення теплових втрат і відповідне зниження потреби в енергії, а також на використання конструкцій самої будівлі для уловлювання сонячної енергії.

Основна проблема у використанні сонячної енергії для опалення індивідуальних будинків в нашій країні - відсутність масового виробництва сонячних колекторів (КСЕ), акумуляторів сонячної енергії та іншого обладнання. Ключове питання - розробка, оптимізація, конструювання та виробництво геліоустановок, що мають високу ефективність при допустимих капіталовкладеннях.

Розрізняють декілька типів колекторів сонячної енергії [8]:

1. Плоскі КСЕ.
2. Фокусуючі КСЕ.
3. Вакуумовані скляні трубчасті колектори (ВСТК).
4. Сонячні ставки (комбінація КСЕ і акумулятора теплоти).

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>					16	
<i>Перевірів</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>			<i>гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ</i>			

Прості колектори вміщують весь об'єм рідини, яку необхідно нагріти. Приймачі більш складної конструкції нагрівають за певний час тільки невелику кількість рідини, яка потім, як правило, накопичується в окремому резервуарі, що дозволяє знижувати тепловтрати системи в цілому.

У плоских КСЕ сонячна енергія поглинається без концентрації, а в фокусуючих - з концентрацією, тобто зі збільшенням щільності поступаючого потоку випромінювання.

2.2 Плоскі колектори сонячної енергії

Найбільш поширеним типом колекторів є плоский КСЕ: Основними конструктивними елементами колекторів даного типу є: абсорбер (сукупність плоскої променепогливаючої поверхні і труб - каналів для теплоносія), корпус, теплоізоляційний матеріал, а також світлопрозора ізоляція [9].

До числа важливих переваг плоского КСЕ в порівнянні з колекторами інших типів відносяться його здатність вловлювати як пряму, так і розсіяну енергію і, як наслідок цього, - можливість його стаціонарної установки без необхідності стеження за сонцем.

Абсорбер плоского КСЕ виготовляється з металу з високою теплопровідністю, а саме зі сталі, алюмінію або міді. Для низьких робочих температур його можна виготовити з пластмаси або гуми. Світлопрозора ізоляція являє собою один або два шари скла або полімерної плівки з невеликим повітряним зазором 15-20 мм. Може використовуватися комбінація з зовнішнього шару скла і внутрішнього шару полімерної плівки. У разі низької температури нагріву теплоносія (до 30 ° С) колектор може зовсім не мати прозорої ізоляції. Корпус колектора може бути виготовлений із сталі, алюмінію, дерева і пластмаси.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

Як теплоізоляція можуть застосовуватися різні матеріали: мінеральна вата, пінополіуретан, пінопласт та ін.

Принципові схеми застосовуються конструкції абсорберів плоских КСЕ показані на рис. 2.1.

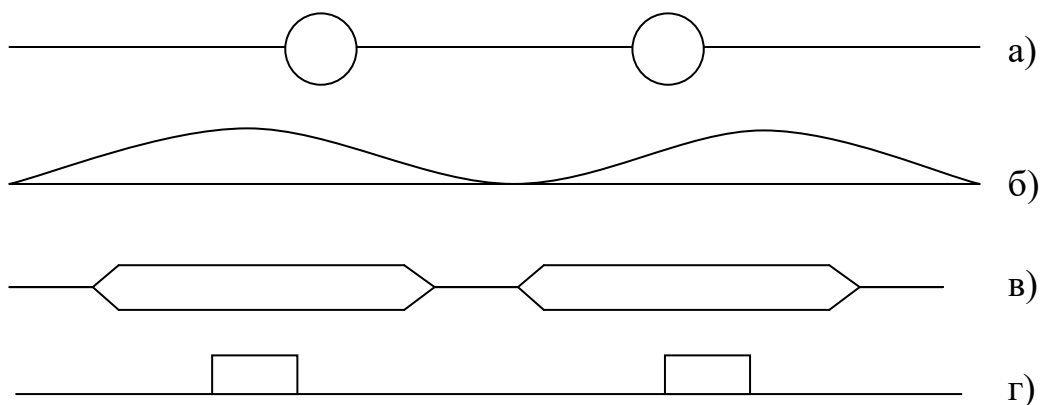


Рисунок 2.1 - Схема абсорберів плоских рідинних колекторів:

- а - труба в листі;
- б - з'єднання гофрованого і плоского листів;
- в - штампований абсорбер;
- г - лист з привареними прямокутними каналами

2.3 Фокусуючі колектори сонячної енергії

Фокусуючі колектори зазвичай застосовуються там, де потрібні високі температури (СЕС, печі, кухні і т.п.). У системах теплопостачання будівель вони, як правило, не використовуються. Деякі типи концентраторів, які використовуються в фокусуючих колекторах, показані на рис. 2.2.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.2 - Концентратори сонячної енергії:

а - параболоциліндричний концентратор з трубчастим приймачем випромінювання;

б - параболоїдний концентратор;

в - лінза Френеля;

г - поле геліостатів з центральним приймачем випромінювання.

Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата

КРБ 19-057.00.00.000ПЗ

Арк

19

2.4 Вакуумовані скляні трубчасті колектори

При виготовленні вакуумованих скляних трубчастих колекторів застосовують різні варіанти їх конструктивного виконання, деякі з яких показані на рис. 2.3.

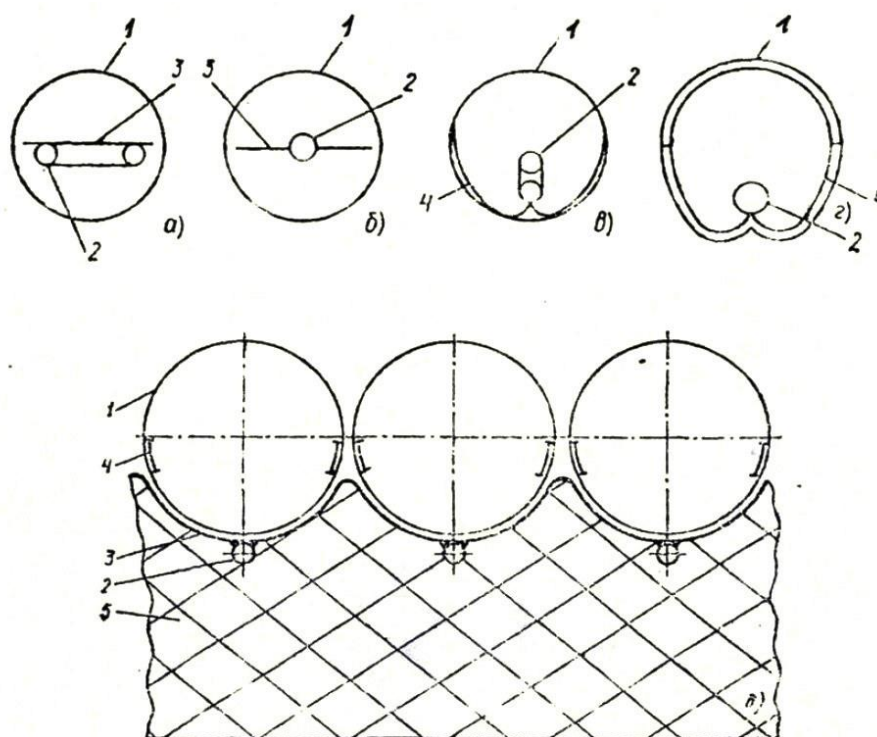


Рисунок 2.3 - Поперечний переріз вакуумованих скляних трубчастих колекторів:

1 - скляна оболонка; 2 - трубка для рідини, що нагрівається; 3 - лучепоглощаюча поверхню; 4 - відбивач; 5 – теплоізоляція

Усередині скляної оболонки діаметром 100-150 мм з високоякісного боросилікатного скла поміщається трубка для теплоносія, променепоглинаюча поверхня і відбивач. Трубка може мати U - подібну форму (рис. 2.3, а і в) або являти собою теплову трубу (рис. 2.3, а і г). Відбивач може бути виконаний у вигляді фокліна (рис. 2.3, б), може становити частину оболонки (рис. 2.3, г) або перебувати у вигляді смуг на бічних стінках вакуумованих труб, які використовуються в якості прозорії

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		20

ізоляції (рис. 2.3, д). У просторі між променепоглинаючою поверхнею абсорбера і прозорою оболонкою підтримується вакуум нижче 1,33 Па, що сприяє майже повному виключенню теплових втрат шляхом теплопровідності і конвекції. Поряд з цим, як правило, на поверхню абсорбера наносять покриття з високим ступенем чорноти, а на внутрішню поверхню скляної оболонки, антивідбиваюче (для інфрачервоного діапазону спектра) покриття.

2.5 Порівняльні характеристики колекторів різних типів

Порівняльні характеристики колекторів різних типів приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика основних типів сонячних колекторів

Тип сонячного колектора	Робоча температура, °С	ККД колектора, %	Відносна необхідна площа, %	Стеження за сонцем
Сонячний ставок	40-100	15-25	130	НЕ потрібно
Плоский КСЕ	30-100	30-50	100	НЕ потрібно
Вакуумований скляний трубчастий колектор	90-300	40-60	50-75	НЕ потрібно
Параболо-циліндричний концентратор	до 500	50-70	30-50	Обертання навколо однієї осі
Центральний приймач з полем геліостатів	до 1000	60-75	20-40	Обертання навколо двох осей

Найбільш сильний вплив на ефективність плоского КСЕ чинять:

1. Метеорологічні параметри - інтенсивність сонячної енергії, яка вимірюється на горизонтальній поверхні, і температура зовнішнього повітря.

2. Конструктивні характеристики КСЕ і властивості променепоглинаючої поверхні абсорбера - матеріал і товщина листа, товщина і коефіцієнт теплопровідності теплової ізоляції, крок труб, число шарів скління і його пропускна здатність

3. Робочі параметри КСЕ - витрата теплоносія і його температура на вході в КСЕ.

Підвищення теплової ефективності КСЕ може бути досягнуто шляхом застосування:

- селективно-поглинаючого покриття абсорбера;
- вакуумування простору всередині колектора;
- декілька шарів прозорої ізоляції;
- стільникової пористої структури в просторі між абсорбером і склінням;
- антивідбиваючих покриттів на склінні;
- концентраторів сонячного випромінювання.

В результаті застосування зазначених заходів знижуються теплові втрати КСЕ і підвищується його ККД.

Найбільш ефективний спосіб підвищення ККД плоских КСЕ пов'язаний із застосуванням селективно - поглинаючих покриттів (СПП). Другий спосіб полягає в зміні оптичних властивостей прозорої ізоляції, з метою збільшення її відбивної здатності по відношенню до теплового випромінювання абсорбера і пропускна здатність для сонячного випромінювання.

СПП для поглинаючої поверхні КСЕ повинні володіти високим коефіцієнтом поглинання короткохвильового сонячного випромінювання

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		22

(< 2 мкм), низькою випромінювальною здатністю в інфрачервоній області (> 2 мкм), стабільним значенням ступеня селективності, здатністю витримувати короточасний перегрів поверхні, гарну корозійну стійкість, бути сумісними з матеріалом основи і мати низьку вартість.

Збільшення коефіцієнту поглинання впливає на ефективність КСЕ в більшій мірі, ніж аналогічне його зменшення. Селективні покриття, як правило, представляють собою тонкоплівкові фільтри, і при збільшенні коефіцієнту поглинання за рахунок потовщення плівок одночасно зростає випромінювальна здатність. Найпоширеніший тип СПП - тонкі плівки, які прозорі в інфрачервоній області, тобто поглинають видиме світло і пропускають інфрачервоне випромінювання. Ефективна довжина поглинання в напівпровідниках при $\lambda = 0,6\text{мкм}$ (в районі максимуму інтенсивності сонячного випромінювання) зазвичай становить близько 1 мкм, тобто 63 % поступленого випромінювання, що поглинається в шарі товщиною 1 мкм і 95 % - в шарі 3 мкм.

У лабораторних умовах отримані різні СПП, але використовувати можна лише деякі з них, так: як одні занадто дорогі, інші занадто тендітні або з погано витримуються при виробництві їх параметрами. Іноді характеристики покриттів змінюються з часом, для деяких можуть бути істотна інтерференція хвиль в тонких, плівках, багатократне відбивання на шерохватостях поверхні металу.

На даний час найбільшого поширення набули, такі СПП як чорний хром, чорний нікель, оксид міді та інші. [10, 11].

2.6 Висновки до розділу

1. На основі проведеного аналізу існуючих конструкцій сучасних колекторів сонячної енергії сформовано порівняльну таблицю їх основних техніко-енергетичних характеристик.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		23

2. Встановлено, що плоскі сонячні колектори мають ККД співрозмірний із вакуумованими колекторами при умові досконалої теплоізоляції. При цьому він легкий у монтажі, дешевий як при покупці так і при експлуатації.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
						24
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Особливості випробування плоских сонячних колекторів

Проведено випробування генерування тепла пасивним сонячним колектором в системі комплексного теплопостачання будівель в м. Тернополі. Метою цього дослідження було визначення оптимального кута нахилу колектора до горизонту. Крім основної мети в процесі експериментів, призначалося з'ясувати, які чинники можуть впливати на теплопоглинаючу здатність колектора, а також наскільки великий вплив тих чи інших факторів. Одним з результатів дослідження була отримана залежність ККД сонячного колектора від кута його нахилу (рис. 3.1).

Цей графік показує, що при зменшенні кута нахилу ефективність колектора збільшується. За рахунок чого ККД визначалося за виразом (1.15), в якому використовується значення реально отриманої теплової енергії і теоретично обчисленої поступаючої енергії сонячного випромінювання.

Ефективність одного і того ж сонячного колектора - значення постійне і залежить тільки від конструктивних особливостей. Протягом експерименту використовувався один і той же колектор і в значеннях кількості прийнятої енергії сумніватися не доводилося, так як вона була визначена, за показаннями вимірювальних приладів.

Для пояснення цього феномена було висунуто наступне припущення: на площину колектора надходить деяка кількість неврахованої існуючою методикою розрахунку енергії, причому частка цієї енергії збільшується зі зменшенням кута нахилу. Найбільш ймовірна складова частина сонячної енергії, яка може так значно вплинути на ефективність колектора - це відбита енергія від стіни, на якій колектор був встановлений під час .

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>			РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів.</i>		<i>Коваль В.П.</i>					25	
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>				гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н.Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

випробувань (рис.3.2)

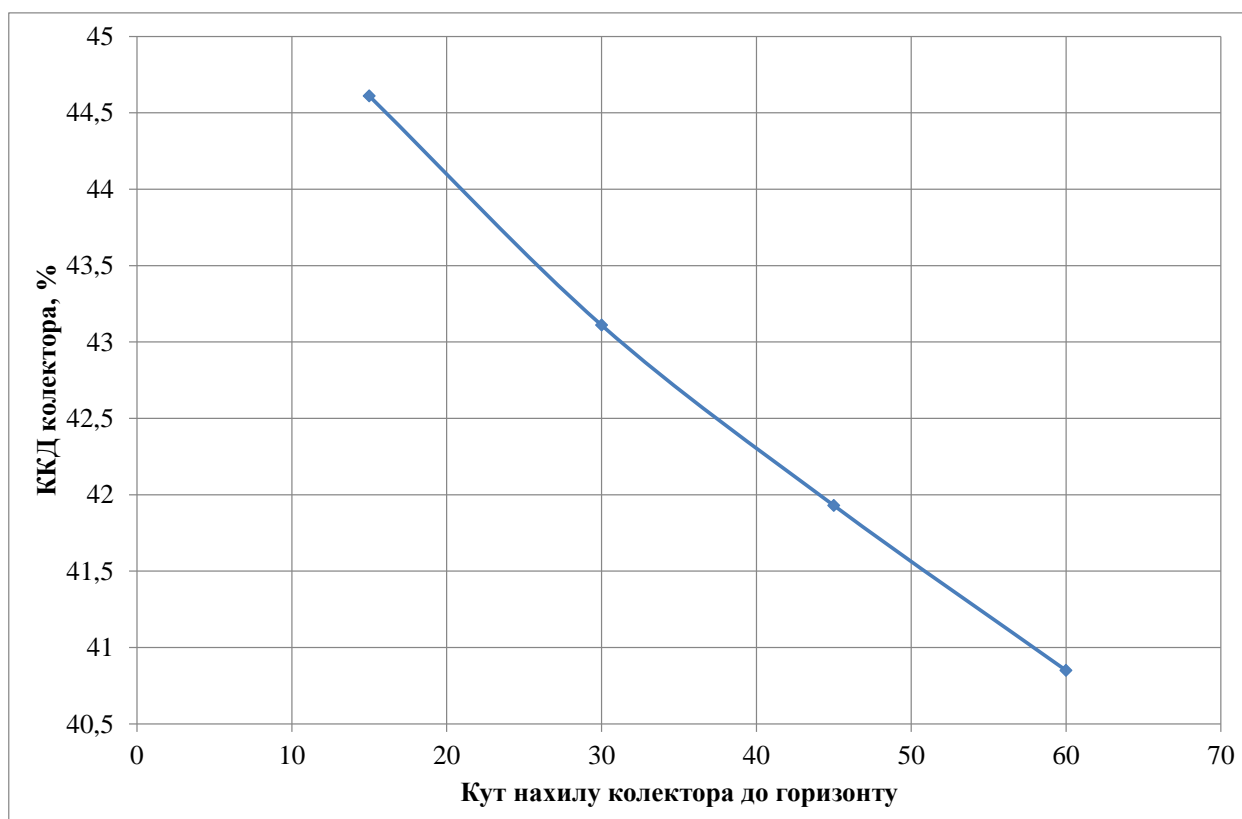


Рисунок 3.1 - Залежність ефективності колектора від його кута нахилу

Необхідність підтвердження цієї гіпотези дозволила сформулювати такі завдання перед наступною роботою:

- з’ясувати, наскільки значно можна збільшити теплову ефективність за рахунок відбитої енергії від стіни будівлі, на якому був встановлений колектор;
- виразити математично кількість відбитої енергії в залежності від умов установки колектора.

Послідовність випробувань .

Основні експерименти проведені в період з 21.09 до 10.10.2020 р у м Тернополі (49° пнш).

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

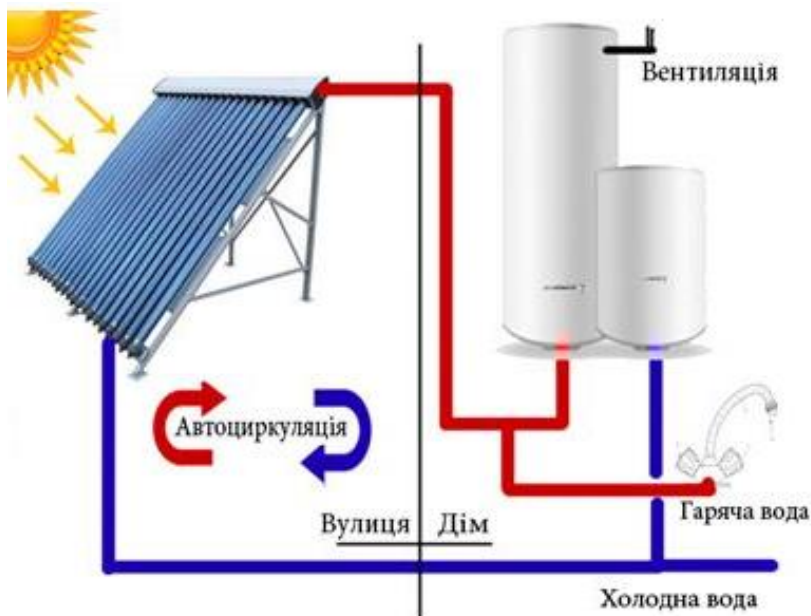
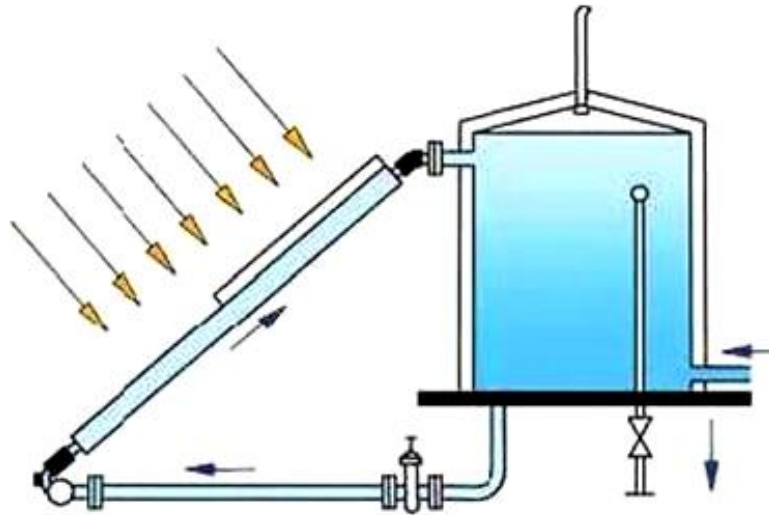


Рисунок 3.2 - Енергетична установка

Результатами з явилися графіки зміни температур по прямому та зворотному трубопроводах теплового контуру, що знімаються кожен день протягом усього дня оцінки спостережень середньої хмарності протягом усього дня в розрахунках використані дані з метеоумов в цей час

Порядок проведення випробовувань протягом одного дня:

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

- Приведення колектора в робоче положення
- Включення насоса
- Спостереження, протягом проведення експерименту за хмарністю атмосфери
- Вимкнення в кінці експерименту насоса з фіксуванням часу
- Приведення колектора в початкове положення

Змінним при проведенні випробовувань, крім кута нахилу сонця, погодних та інших, що не залежать один від одного умов, був кут нахилу колектора до горизонту. Саме кут нахилу в експерименті змінювався, тобто певний період часу протягом місяця колектор знаходився під фіксованим кутом до горизонту, проводилися виміри і зняття даних з приладів, потім кут нахилу змінювався і т.д. Протягом всього дослідження кут нахилу змінювався чотири рази.

Дати випробовувань :

- 21.09-25.09.20 - кут 60 °;
- 26.09-30.09.20 - кут 45 °;
- 1.10-5.10.20 - кут 30 °;
- 6.10-10.10.20 - кут 15 °.

Під час проведення випробовувань була проведена перевірка приладів і в результаті, по ходу їх обробки, була введена поправка на систематичну похибку. Дані, отримані під час основного етапу експериментів (осінь 2020 року), і значення для кожного дня за даними метеослужб були зведені в загальну таблицю (табл. 3.1)

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		28

Таблиця 3.1 – Дані випробовувань

Кут нахилу колектора	Дата	Температура виходу (Т1, вгорі) і входу (Т2, внизу) з колектора, °С										Коефіцієнт, К _г	Температура повітря, °С	Опади	Напрямок вітру	Швидкість вітру, м/с
		8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30					
60°	21.09	19	33	41	51	58	57	52	43	34	22	0,9	13	Димка	Зх	1,0
		12	18	20	23	25	24	22	19	18	15					
	22.09	25	37	51	62	64	63	58	48	37	21	0,9	12,5	Димка	Зх	1,0
		15	20	22	23	27	27	24	20	19	17					
	23.09	18	28	36	42	47	46	42	34	27	20	0,55	14,8	Димка	Зх	1,0
		15	18	19	22	24	25	23	20	18	12					
	24.09	26	38	51	62	66	64	60	49	39	22	0,9	148	Димка	Зх	10
		13	19	21	24	26	25	23	20	19	16					
25.09	24	36	47	57	63	61	54	43	33	20	0,8	16,1	Димка	Зх	1,0	
	16	19	20	23	25	26	24	21	19	13						
45°	26.09	20	30	39	47	53	50	48	37	28	18	0,6	10,9	Немає	Пн	1,0
		12	18	20	23	25	24	22	19	17	15					
	27.09	20	36	45	52	58	56	50	40	32	18	0,7	9,3	Немає	Пд	1,0
		15	17	19	22	24	25	23	20	18	12					
	28.09	20	33	49	57	62	59	53	44	31	18	0,75	13,3	Димка	Пд	1,0
		13	17	21	24	26	22	21	18	17	15					
	29.09	20	36	47	55	62	59	57	43	30	18	0,8	12,7	Димка	Пд	10
		11	16	18	21	23	22	20	17	15	13					
30.09	14	25	31	36	41	37	33	29	23	17	0,4	12,8	Димка	Пн	1,0	
	12	17	19	21	23	22	20	17	15	13						
30°	1.10	14	22	27	33	36	34	32	26	19	15	0,3	11,2	Димка	Пн	1,0
		10	16	48	21	23	24	22	18	15	13					
	2.10	12	20	25	31	33	32	30	24	17	13	0,3	9,8	Димка	Пд	1,0
		8	14	16	19	21	20	18	15	13	11					
	3.10	15	25	32	38	41	40	37	31	22	16	0,4	12,6	Димка	Пд	1,0
		11	15	19	22	24	23	21	18	16	14					
	4.10	16	26	33	36	42	41	38	32	23	17	0,4	12,6	Димка	Пд	2,0
		12	16	20	21	25	24	22	19	117	15					
5.10	45	23	29	34	38	36	32	27	21	16	0,3	13,6	Дощ	Пд	2,0	
	43	18	20	22	24	23	21	18	16	14						
15°	6.10	16	23	33	35	41	40	37	31	21	17	0,4	11,1	Димка	Пд	2,0
		12	16	18	19	23	22	20	18	16	14					
	7.10	16	25	35	37	44	42	39	33	21	17	0,5	10,3	Димка	Пд	1,0
		40	14	15	48	21	20	18	16	15	12					
	8.10	16	23	31	34	40	39	36	30	24	17	0,4	11	Димка	Штиль	0
		11	15	18	19	22	22	20	17	16	14					
	9.10	13	18	23	25	30	32	28	22	19	15	0,2	11	Дощ	Штиль	0
		10	14	17	18	22	22	20	17	16	14					
	10.10	10	18	22	27	29	28	26	20	15	11	0,25	9,8	Димка	Сх	1,0
		8	13	15	18	19	18	16	13	11	9					

Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата
-----	-----	---------	--------	------

КРБ 19-057.00.00.000ПЗ

Арк

29

Об'єми виконаних випробовувань на першому етапі склали:

- загальний час роботи лабораторної установки - 194 год 12 хв;
- кількість води, що пройшла через лічильник - 2813 л;
- кількість надходження тепла - 277620 кДж;
- кількість отриманого тепла - 111048 кДж;
- потужність установки - 158,8 Вт;
- максимальна температура води-63,2 °С;
- середній ККД колектора - 40,4 %.

Об'єми виконаних випробовувань на другому етапі склали:

- загальний час роботи лабораторної установки - 440 год;
- кількість води, що пройшла через лічильник - 13200 л;
- кількість надходження тепла -113 9499 кДж;
- кількість отриманого тепла509087 кДж;
- потужність установки - 220 Вт;
- максимальна температура води - 66,0 °С;
- середній ККД колектора - 45,0 %.

3.2 Опис геліоустановки

З метою проведення випробовувань була виготовлена багатоцільова експериментальна геліотермічної установка на базі плоского колектора сонячної енергії (КСЕ) (рис. 3.3). Установка виконана по одноконтурній схемі, без бака-акумулятора, і включала в себе наступні конструктивні елементи.

Колектор сонячної енергії має наступну конструкцію. Корпус виготовлений з соснової дошки, товщиною 25 мм, тильна сторона - з деревоволокнистих плит товщиною 5 мм. Фронтальна сторона КСЕ має двошарове скління з силікатного скла товщиною 3,5 мм, виконане у вигляді

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		30

герметичного склопакета з повітряним зазором 15 мм. Корпус КСЕ має внутрішнє теплоізоляційне покриття з пінопласту ПХВ - 1 товщиною 50 мм - тильна поверхня, 25 мм - бічні поверхні. Зовнішні приєднувальні патрубки КСЕ виготовлені зі сталевих водогазопровідних труб з умовним проходом 20 мм і мають зовнішнє теплоізоляційне покриття з пінополіуретану товщиною 25 мм.

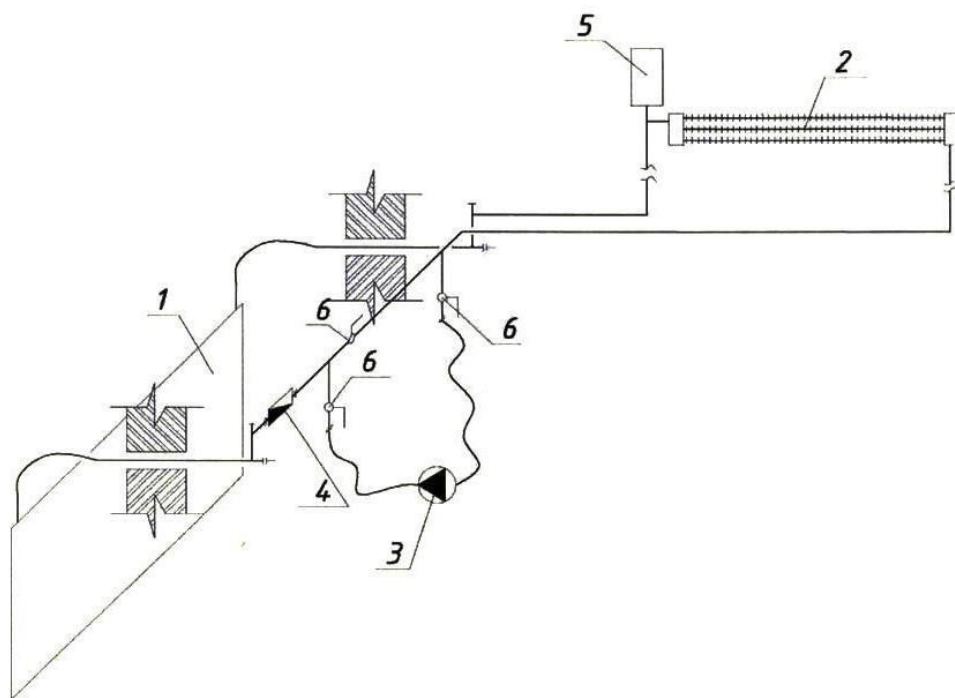


Рисунок 3.3 - Принципова схема лабораторної установки;

1 - КСЕ; 2 - конвектор (служить для скидання сприйманого КСЕ тіла в приміщення); 3 - циркуляційний насос; 4 - лічильник циркулюючого теплоносія; 5 - розширювальний бак; 6 - запірна арматура

Поглиналине покриття абсорбера вибрано з урахуванням даних, викладених в [10, 11], і являє собою селективну поверхню з оксиду міді (II) CuO . Поглиналине покриття було виготовлено в такий спосіб. На очищену до металевого блиску лицьову сторону радіатора було нанесено тонкий шар розрідженого ацетоном алкидного лаку. Далі ще на не просохлу поверхню було розпорошено крізь дрібне капронове сито дрібнодисперсний порошок

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		31

CuO і залишений до повної просушки на 24 години. Потім надлишки порошку CuO були видалені пензлем. В результаті виконаних операцій була отримана селективна поверхня чорного матового кольору з шорсткою мелкопористою фактурою. Порошок CuO був отриманий з мідного купоросу і гідроксиду натрію.

Корпус КСЕ виконаний герметичним. Всі дерев'яні частини корпусу прооліфлені і пофарбовані масляною фарбою за 2 рази. Технологічні пази і отвори герметизовані силіконовим герметиком. Зовнішня теплоізоляція прошпакльована і просякнута епоксидною композицією. Для зниження радіаційних тепловтрат внутрішнє теплоізоляційне покриття обліковано алюмінієвою фольгою товщиною 0,2 мм, тильна сторона абсорбера і зовнішня поверхня корпусу КСЕ пофарбована «під хром» нітрофарбою. Для запобігання внутрішнього запотівання засклення КСЕ в холодну пору року і запобігання деталей від вологи у внутрішню порожнину корпусу поміщені 4 пакети з прожареним силікагелем загальною масою 100 гр. Для можливості зливу теплоносія з порожнини абсорбера передбачений зливний вентиль.

Площа поглинаючої поверхні КСЕ дорівнює 2,3 м².

Конвектор являє собою блок - секцію з 4-х оцинкованих труб довжиною 900 мм кожна з умовним, проходом 15 мм, які мають спіральні навивні ребра і об'єднані двома збірними колекторами. Зовнішній діаметр ребер 41 мм, крок між ребрами 3,5 мм.

Насосний блок включає в себе стандартний відцентровий насос від побутової пральної машини марки і колекторний електродвигун електричною потужністю 40 Вт, змонтованих на єдиній текстолітовій платформі. Крутний момент від електродвигуна до насоса передається за допомогою пружинної муфти. Управління частотою обертання електродвигуна здійснюється з лабораторного стенду за допомогою регулятора. Регулятором служить побутовий, тиристорний регулятор потужності марки РТ-3М1-УХЛ-4.2 максимальною потужністю - 350 Вт. Під

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

час експериментів насосний блок не використовувався, циркуляція здійснювалася природно, за рахунок різниці висот, що нагрівається і охолоджується частини контуру.

Лічильник об'єму циркулюючого теплоносія має наступні основні технічні дані і характеристики:

- діаметр умовного проходу 15 мм;
- діапазон зміни температури води 1 - 90 °С;
- витрати води :
 - найменший 0,03 м³/год (нижче похибка не нормується);
 - номінальний 1,50 м³/год (половина від максимального);
 - найбільший 3,00 м³/год (робота не більше 1 години на добу);
- поріг чутливості 0,015 м³/год;
- межі середньоквадратичної відносної похибки $\leq \pm 2,1\%$.

Циркуляційний контур експериментальної установки виконаний з водогазопровідних труб з умовним проходом 20 мм - центральні частини, 15 мм - обвідна ділянка з насосним блоком. Контур має відкритий розширювальний бак і гнучкі гумокордові вставки для підключення КСЕ і насосного блоку.

Засоби вимірювання температури включають в себе ртутні рідинні термометри з лінійною шкалою, систему з первинних термоелектричних перетворювачів марки ТХК 2088 і вторинного вимірювального приладу - автоматичного потенціометра КСП 4 - 0,65 - УХЛ 4.2, розташованого на лабораторному стенді, з'єднані між собою за допомогою мідних провідників. Зазначений потенціометр має заводське градуювання ПР і, відповідно з даними [12], в ньому відсутня вбудована компенсаційна манганінова котушка для автоматичної - поправки на температуру вільних кінців-термопар (температуру повітря в приміщенні). З огляду на ці особливості,

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		33

крім двох основних термоелектричних перетворювачів, які фіксують температури теплоносіїв на вході і виході КСЕ до колодок потенціометра підключений додатковий датчик, вільні кінці якого знаходяться в безпосередній близькості від вільних кінців основних термопар, що дозволяє автоматично фіксувати зміну температури повітря в приміщенні і вводити відповідну поправку. Однак, слід зазначити, що в тих випадках, коли температура теплоносія нижче температура вільних кінців термоелектричних перетворювачів, так само як і температури повітря в приміщенні (що можливо в початкові періоди виходу установки на робочий режим, особливо в холодну пору року), автоматичний контроль за зміною температур неможливий без зміни полярності підключення: датчиків, і контроль за зазначеними параметрами слід здійснювати за допомогою рідинних термометрів.

Отримані експериментальні значення за кількістю енергії, що надходить і середнього коефіцієнта ясності для липня в м. Тернопіль, де були розпочаті випробування (табл. 3.2), практично не відрізняються від аналогічних даних, наведених у довідниках.

Таблиця 3.2 – Енергетичні показники місяця випробувань

Величина	Значення
Середній коефіцієнт ясності	0,7
Загальна кількість енергії, що надійшла на похилу поверхню КСЕ, кДж	193118,3

3.3 Розрахунок показників роботи геліоустановки за результатами вимірювань

Розрахунок проводимо за поступленою та поглинутою енергією для кожного дня з розрахунком середніх значень для кожної години. При цьому

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		34

миттєві середні значення обчислюються для середини кожної години (8:30; 9:30 і т.д.), а значення кількості енергії визначаються за поточну годину, тобто якщо миттєве значення визначено для 8:30, то значення енергії дорівнюватиме енергії, що надійшла починаючи з 8:00 і закінчуючи 9.00. Розрахунки представлені в наступних таблицях.

Розрахунок енергії, що надійшла на похилу поверхню КСЕ, 25 вересня, кут нахилу колектора до горизонту 60° .

Таблиця 3.3 - Загальні дані для всього дня

		cos	sin
Широта місця розташування φ , град	49°33	0,563	0,827
Число, місяць	25 вересня		
Коефіцієнт ясності атмосфери K_T	0,8		
Частка дифузійної радіації f_d	0,150		
Коефіцієнт відбивання від землі p	0,2		
Коефіцієнт відбивання від стіни p	0,7		
Кут нахилу колектора β , град.	60	0,500	0,866
Азимут поверхні КСЕ α_k град.	0	1,000	0,000
Кут схилення сонця δ , град.	2,74	0,999	0,048
Щільність потоку сонячної енергії у верхній межі атмосфери E_0 , Вт/м ²	1353		

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків показників енергії, яка поступає на поглинаючу поверхню

Вихідні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16: 30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Годинний кут ω , град.	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75
cos годинного кута ω	0,500	0,707	0,866	0,966	1	0,966	0,866	0,707	0,500	0,259
sin годинного кута ω	0,866	0,707	0,500	0,259	0	-0,26	-0,500	-0,707	-0,866	-0,97
cos Z	0,387	0,533	0,645	0,716	0,740	0,736	0,645	0,533	0,387	0,217
Випромінювання на горизонтальній поверхні E , Вт/м ²	418,9	577,0	698,3	774,6	800,6	774,6	698,3	577,0	418,9	234,8

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розсіяне випромінювання E_d , Вт/м ²	63,0	86,8	105,0	116,5	120,4	116,5	105,0	86,8	63,0	35,3
Пряме випромінювання E_b , Вт/м ²	355,9	490,2	593,3	658,1	680,2	658,1	593,3	490,2	355,9	199,5
cos γ - кута падіння проміння на поверхню КСЕ	0,471	0,670	0,824	0,920	0,953	0,920	0,824	0,670	0,471	0,238
Кут падіння променів на поверхню КСЕ γ , град,	62,0	47,9	34,6	23,1	17,7	23,1	34,6	47,9	62,0	76,3
Щільність випромінювання (без урахування відбитої від стіни) на 1 м ² похилої поверхні КСЕ E_T , Вт/м ²	501,1	710,5	871,1	972,1	1007	972,1	871,1	710,5	501,1	257,2
Щільність випромінювання, відбитого від стіни будівлі на 1 м ² поверхні КСЕ E_{Vid} , Вт/м ²	19,7	27,1	32,8	36,4	37,6	36,4	32,8	27,1	19,7	11,0
Щільність повного випромінювання на 1 м ² похилій поверхні КСЕ E_t , Вт/м ²	520,7	737,6	903,9	1009	1044	1008,5	903,9	737,6	520,7	268,2
Кількість енергії що надходить на площину КСЕ без урахування відбитої від стіни будівлі, кДж/м ²	1803,8	2557,6	3136,0	3500	3624	3499,6	3136,0	2557,6	1804	925,9
Повний за поточний годину кількість енергії, надходить на площину КСЕ H_I^K кДж/м ²	1874,7	655,2	3254,1	3631	3759	3630,6	3254,1	2655,2	1875	965,6

Розрахунок енергії, поглиненої поверхнею сонячного колектора 25 вересня, кут нахилу колектора до горизонту 60 °.

Таблиця 3.5 – Загальні дані для всього дня

Середня зовнішня температура 1м , ° С	16,1
опади	димка
Напрямок , швидкість вітру , м / с	Західний
Маса води в колекторі $m_{в\text{ кс}}$, кг	1,46
Маса води в контурі $m_{в\text{ к}}$, кг	8,0
Площа поверхні КСЕ $S_{к}$, м ²	2,3

Таблиця 3.6 – Розрахунок поглиненої енергії

Вихідні , виміряні , обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Температура в подавальному трубопроводі t_1 , ° С	24	36	47	57	63	61	54	43	33	20
Ентальпія води i_1 , кДж / кг	100,1	150,1	196	237,7	262,7	254,4	225,2	179,3	1137,6	83,4
Температура в зворотному , трубопроводі t_2 , ° С	13	19	21	24	26	25	23	20	19	16
Ентальпія води i_2 , кДж / кг	54,21	79,23	87,57	100,1	108,4	104,3	95,91	83,4	79,23	66,7
Щільність води ρ , кг/м ³	998,5	997,7	996,1	994,6	993,2	991,4	992,2	992,5	992,5	993
Різниця температур Δt , ° С	11	17	26	33	37	36	31	23	14	4
Різниця ентальпій Δi , кДж / кг	45,87	70,89	108,4	137,6	154,3	150,1	129,3	95,91	58,38	16,7
Середня температура в контурі $t_{ср,к}$, ° С	18,5	27,5	34	40,5	44,5	43	38,5	31,5	26	18
Приріст температури за 1 годину циркуляції води $\Delta t_{ср}$, ° С	9	6,5	6,5	4	-1,5	-4,5	-7	-5,5	-8	
Витрата за даний інтервал часу $g_{к}$, л	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Те ж $g_{к}$, кг	29,95	29,93	29,88	29,84	29,80	29,74	29,77	29,78	29,78	29,8
Тепло , віддане контуром в приміщення $H_{кон}$, кДж	1374	2122	3240	4106	4597	4465	3848	2856	1738	497
Тепло , накопичене в контур $H_{нак}$, кДж	54,79	216,8	216,8	133,4	-50,0	-150	-234	-184	-267	0

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Загальне тепло, сприйняте за 1 годину роботи, $H_{заг}$, кДж	1429	2339	3457	4239	4547	4315	3614	672	471	497
Теоретично сприйнятий тепловий потік h , кДж/м ²	621,2	1017	1503	1843	1977	1876	1571	4162	639,8	216
Щільність сприйнятого випромінювання $I_{св}$, Вт/м ²	172,6	282,4	417,5	512	549,2	521,1	436,5	322,7	177,7	53,6

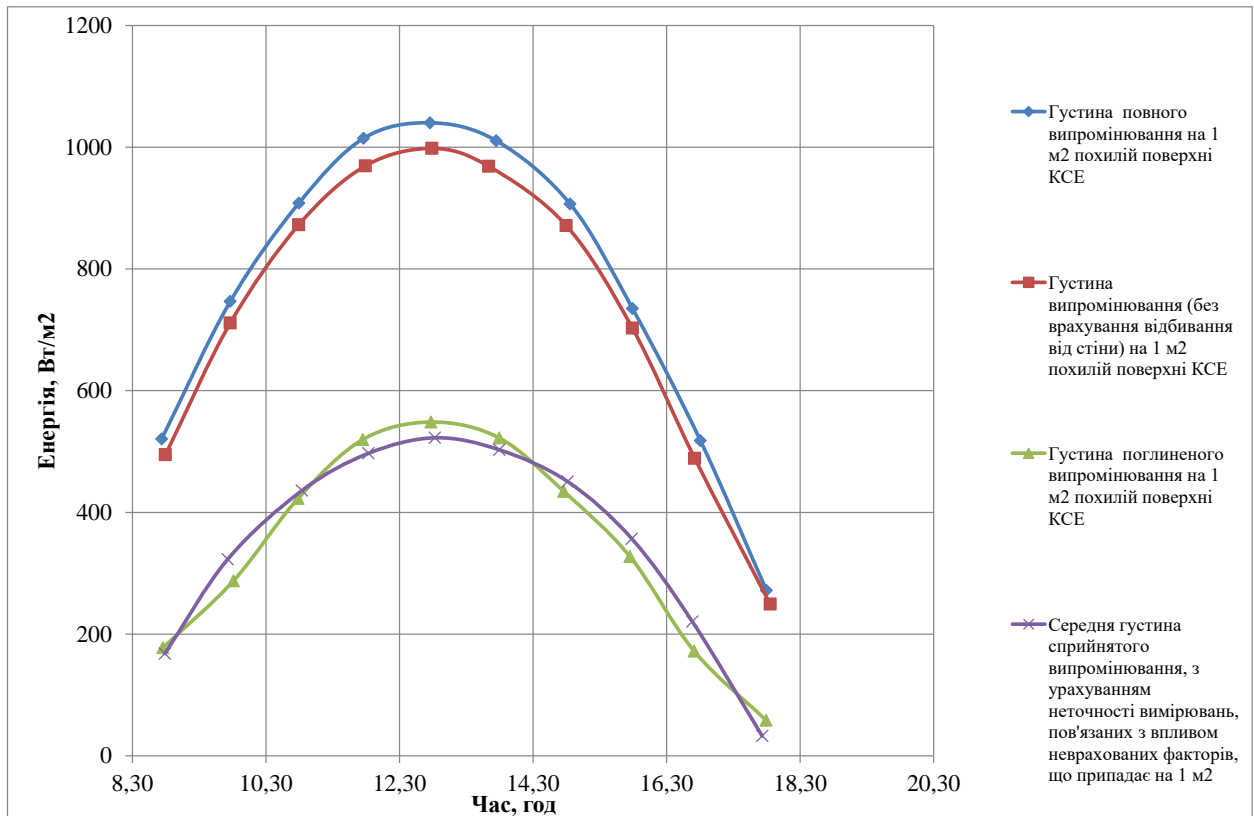


Рисунок 3.4 - Надходження і сприймання променевої енергії 25 вересня, кут нахилу колектора до горизонту 60 °

Обчислюємо середній теплової ККД для цього дня без урахування відбитої енергії від стіни будівлі :

$$\eta_k = \frac{12403,2}{26543,5} \cdot 100 = 46,7\% .$$

Обчислюємо то ж з урахуванням відображеної енергії від стіни будівлі

$$\eta_k = \frac{12403,2}{27553,8} \cdot 100 = 45,0\% .$$

Відбита енергія від стіни будівлі дала надбавку до ККД колектора в розмірі 1,7 % при куті нахилу до горизонту 60 °.

Розрахунок сумарних показників робіт и КСЕ при нахилі колектора до горизонту 60 °.

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку

Обчислені величини	21 вересня	22 вересня	23 вересня	24 вересня	25 вересня	сума
Повно кількість енергії, яка надійшла на похилу площину КСЕ за час проведення випробовувань H_k , кДж/м ²	25538,0	32204,7	16940,3	32241,8	27553,6	134478,4
Кількість енергії, що надійшла на похилу площину КСЕ без урахування відбитої енергії від будівлі, кДж/м ²	24389,3	31058,8	16242,0	31101,8	26543,6	129335,6
Сумарна кількість енергії, поглинута похилою площиною КСЕ за час проведення випробування h_k , кДж/м ²	11487,6	14483,8	7684,4	14499,4	12403,4	60558,6

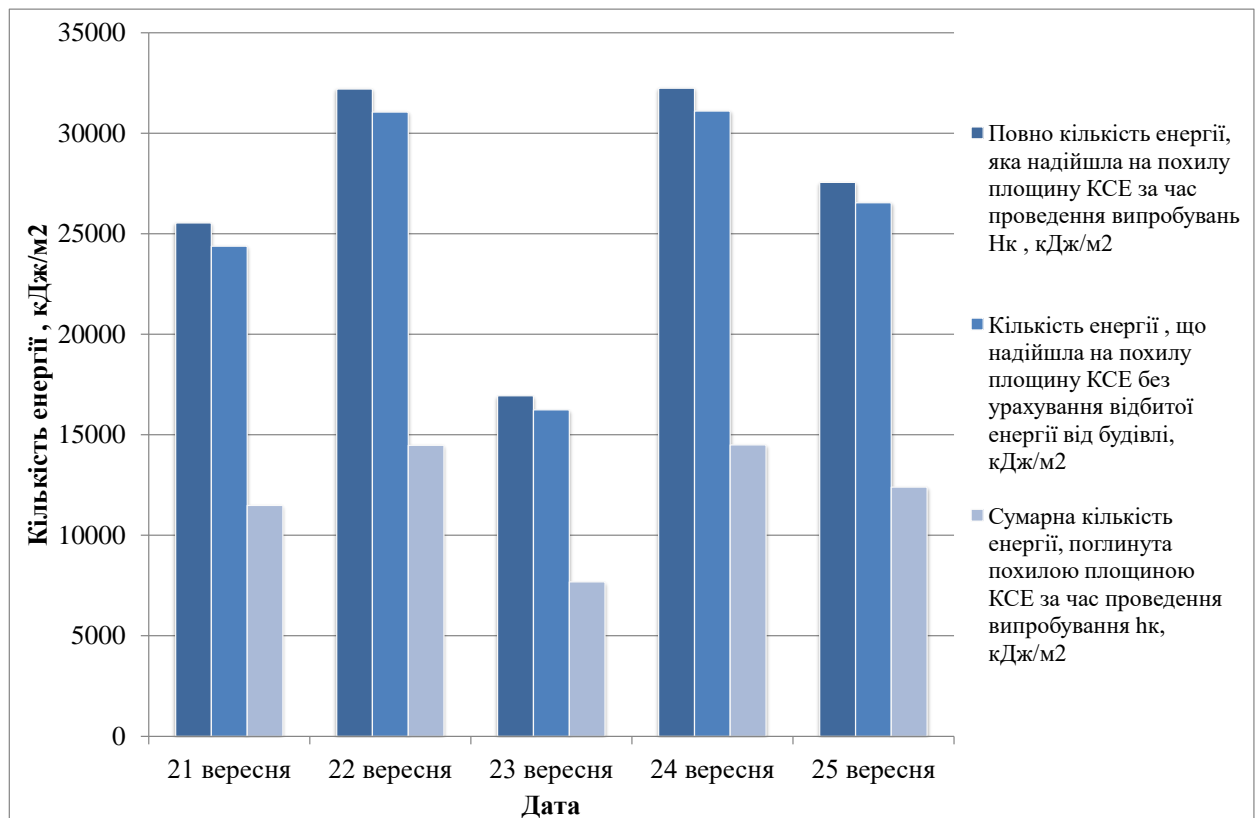


Рисунок 3.5 - Надходження і поглинання сонячної енергії при нахилі колектора до горизонту 60°

Розрахунок енергії, що надійшла на похилу поверхню КСЕ, 30 вересня, кут нахилу колектора до горизонту 45° .

Таблиця 3.8 - Загальні дані для всього дня

		cos	sin
Широта місця розташування φ , град	49°33	0,563	0,827
Число, місяць	30 вересня		
Коефіцієнт ясності атмосфери K_T	0,4		
Частка дифузійної радіації f_d	0,595		
Коефіцієнт відбивання від землі p	0,2		
Коефіцієнт відбивання від стіни p	0,7		
Кут нахилу колектора β , град.	45	0,707	0,707
Азимут поверхні КСЕ α_k град.	0	1,000	0,000
Кут схилення сонця δ , град.	2,74	0,999	0,037
Щільність потоку сонячної енергії у верхній межі атмосфери E_0 , Вт/м ²	1353		

Таблиця 3.9 – Результати розрахунків показників енергії, яка поступає на поглинаючу поверхню

Вихідні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16: 30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Годинний кут ω , град.	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75
cos годинного кута ω	0,500	0,707	0,866	10,966	1	0,966	0,866	0,707	0,500	0,259
sin годинного кута ω	0,866	0,707	0,500	0,259	0	0,259	0,500	0,707	0,866	0,97
cos Z	0,379	0,525	0,638	0,708	0,732	0,708	0,638	0,525	0,379	0,209
Випромінювання на горизонтальній поверхні E , Вт/м ²	205,3	284,4	345,1	383,2	396,2	383,2	345,1	284,4	205,3	113,2
Розсіяне випромінювання E_d , Вт/м ²	122,1	169,2	205,3	228,0	235,7	228,0	205,3	169,2	122,1	67,3
Пряме випромінювання E_b , Вт/м ²	83,1	115,2	139,8	155,2	160,5	155,2	139,8	115,2	83,1	45,8
cos γ - кута падіння проміння на поверхню КСЕ	0,500	0,707	0,866	0,965	0,999	0,965	0,866	0,707	0,500	0,259
Кут падіння променів на поверхню КСЕ γ , град,	60,0	45,0	30,1	15,1	2,0	15,1	30,1	45,0	60,0	75,0
Щільність випромінювання (без урахування відбитої від стіни) на 1 м ² похилої поверхні КСЕ E_T , Вт/м ²	219,9	307,7	375,1	417,5	431,9	417,5	375,1	307,7	219,9	17,6
Щільність випромінювання, відбитого від стіни будівлі на 1 м ² поверхні КСЕ $E_{Від}$, Вт/м ²	21,1	29,2	35,4	39,3	40,7	39,3	35,4	29,2	21,1	11,6
Щільність повного випромінювання на 1 м ² похилій поверхні КСЕ E_t , Вт/м ²	241,0	336,9	410,5	456,8	472,6	456,8	410,5	336,9	241,0	129,2

Продовження таблиці 3.9

Кількість енергії що надходить на площину КСЕ без урахування відбитої від стіни будівлі, кДж/м ²	791,7	1107,8	1350,4	1503	1555	1502,8	1350,4	1107,8	791,7	423,5
Повний за поточний годину кількість енергії, надходить на площину КСЕ H_I^K кДж/м ²	867,5	1212,9	1477,8	1644	1701	1644,4	1477,8	1212,9	867,5	465,3

Розрахунок енергії, поглиненої поверхнею сонячного колектора 30 вересня, кут нахилу колектора до горизонту 45 °.

Таблиця 3.10 – Загальні дані для всього дня

Середня зовнішня температура 1м, ° С	16,1
опади	димка
Напрямок, швидкість вітру, м / с	Північний
Маса води в колекторі $m_{в\text{ КС}}$, кг	1,46
Маса води в контурі $m_{в\text{ К}}$, кг	8,0
Площа поверхні КСЕ S_K , м ²	2,3

Таблиця 3.11 – Розрахунок поглиненої енергії

Вихідні, виміряні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Температура в подавальному трубопроводі t_1 , ° С	14	25	31	36	40,5	37	33	29	23	17
Ентальпія води i_1 , кДж / кг	58,38	104,3	129,3	150,1	168,9	154,3	137,6	120,9	95,91	70,9
Температура в зворотному, трубопроводі t_2 , ° С	12	17	19	21	23	22	20	17	15	13
Ентальпія води i_2 , кДж / кг	50,04	70,89	79,23	87,57	95,91	91,74	83,4	170,89	62,55	54,2
Щільність води ρ , кг/м ³	998,5	997,7	996,1	994,6	993,2	991,4	992,2	992,5	992,5	993

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ					Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата						42

Продовження таблиці 3.11

Різниця температур Δt , °С	2	8	12	15	17,5	15	13	12	8	4
Різниця ентальпій Δi , кДж /кг	8,34	33,36	50,04	62,55	72,98	62,55	54,21	50,04	33,36	16,7
Середня температура в контурі $t_{ср,к}$, °С	13	21	25	28,5	31,75	29,5	26,5	23	19	15
Приріст температури за 1 годину циркуляції води $\Delta t_{ср}$, °С	8,00	4	3,5	3,25	-2,25	-3	-3,5	-4	-4	
Витрата за даний інтервал часу g_k , л	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Те ж g_k , кг	29,95	29,93	29,88	29,84	29,80	29,74	29,77	29,78	29,78	29,8
Тепло , віддане контуром в приміщення $H_{кон}$, кДж	249,8	998,5	1495	1866	2174	1860	1614	1490	993,3	497
Тепло , накопичене в контур $H_{нак}$, кДж	48,71	133,4	116,8	108,4	-75,1	-100	-117	-133	-133	0
Загальне тепло, сприйняте за 1 годину роботи, $H_{заг}$, кДж	298,5	1132	1612	1975	2099	1760	1497	11357	859,9	497
Теоретично сприйнятий тепловий потік h , кДж/м ²	129,8	492,1	700,9	858,6	912,8	765,3	650,8	589,8	373,9	216
Щільність сприйнятого випромінювання $I_{св}$, Вт/м ²	36,05	136,7	194,7	238,5	253,5	212,6	180,8	163,8	103,9	53,6

Обчислюємо середній тепловий ККД для цього дня без урахування відбитої енергії від стіни будівлі :

$$\eta_k = \frac{5667}{11483,7} \cdot 100 = 49,35\% .$$

Обчислюємо то ж з урахуванням відображеної енергії від стіни будівлі

$$\eta_k = \frac{5667}{12571,6} \cdot 100 = 45,08\% .$$

Відбита енергія від стіни будівлі дала надбавку до ККД колектора в розмірі 4,27 % при куті нахилу до горизонту 45 °.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

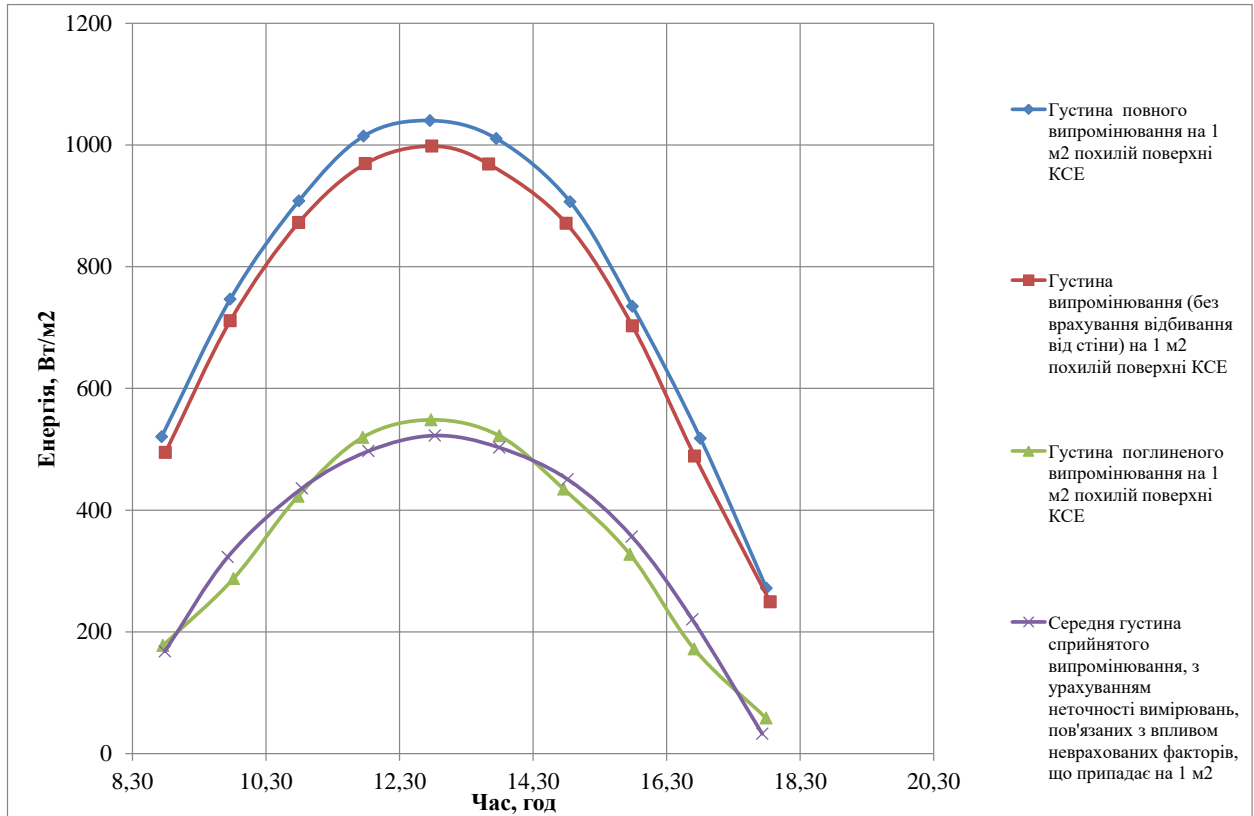


Рисунок 3.6 - Надходження і сприймання променевої енергії 30 вересня, кут нахилу колектора до горизонту 45 °

Розрахунок сумарних показників робіт и КСЕ при нахилі колектора до горизонту 45 °.

Таблиця 3.12 – Результати розрахунку

Обчислені величини	26 вересня	27 вересня	28 вересня	29 вересня	30 вересня	сума
Повно кількість енергії, яка надійшла на похилу площину КСЕ за час проведення випробовувань H_k , кДж/м ²	20766,2	25175,9	27463,3	29815,2	12571,9	115792,6
Кількість енергії, що надійшла на похилу площину КСЕ без урахування відбитої енергії від будівлі, кДж/м ²	19116,4	23255,6	25412,4	27633,2	11483,6	106901,3
Сумарна кількість енергії, поглинута похилою площиною КСЕ за час проведення випробування h_k , кДж/м ²	9354,2	11319,5	12362,8	13413,6	5666,9	52117

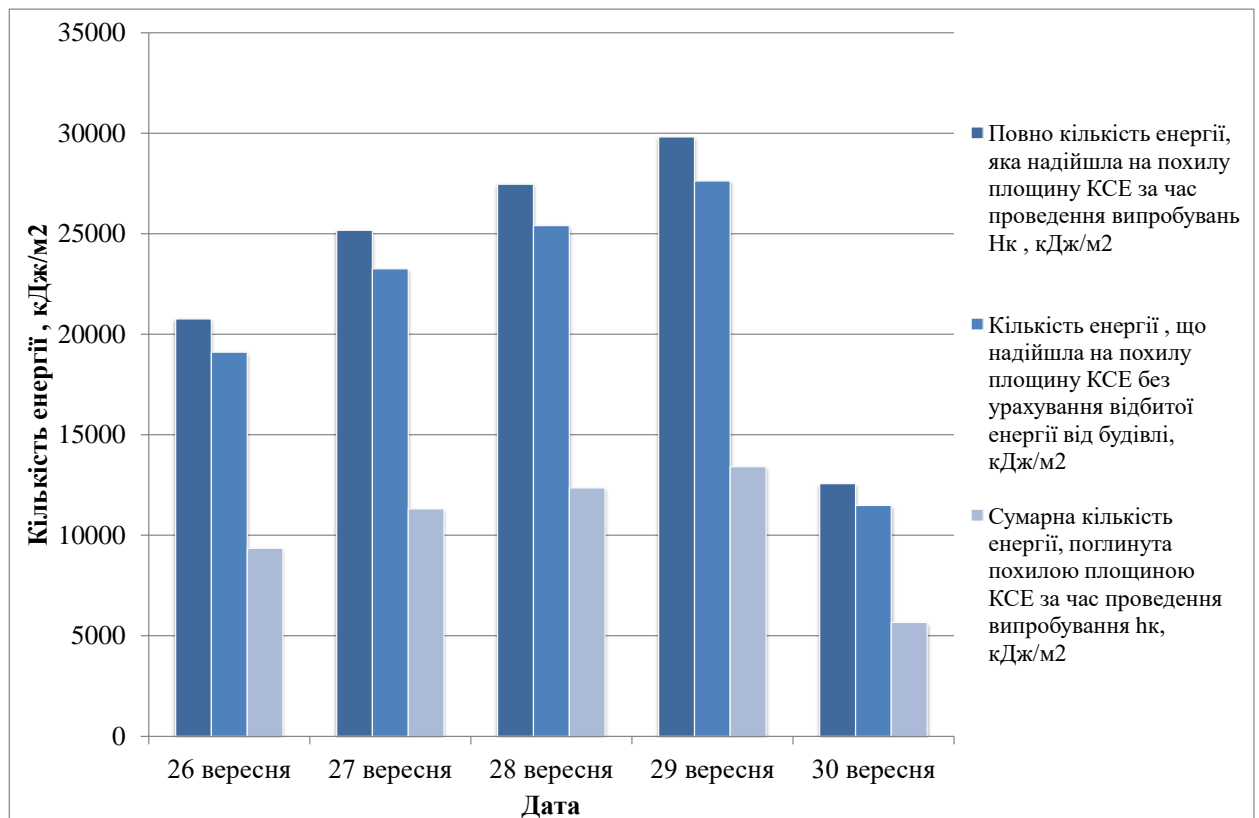


Рисунок 3.7 - Надходження і поглинання сонячної енергії при нахилі колектора до горизонту 45°

Розрахунок енергії, що надійшла на похилу поверхню КСЕ, 5 жовтня, кут нахилу колектора до горизонту 30° .

Таблиця 3.13 - Загальні дані для всього дня

		cos	sin
Широта місця розташування φ , град	$49^\circ 33'$	0,563	0,827
Число, місяць	5 жовтня		
Коефіцієнт ясності атмосфери K_T	0,725		
Частка дифузійної радіації f_d	0,150		
Коефіцієнт відбивання від землі p	0,2		
Коефіцієнт відбивання від стіни p	0,7		
Кут нахилу колектора β , град.	30	0,866	0,500
Азимут поверхні КСЕ α_k град.	0	1,000	0,000
Кут схилення сонця δ , град.	1,46	1,000	0,025
Щільність потоку сонячної енергії у верхній межі атмосфери E_0 , Вт/м ²	1353		

Таблиця 3.14 – Результати розрахунків показників енергії, яка поступає на поглинаючу поверхню

Вихідні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16: 30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Годинний кут ω , град.	60	45	30	15	0	-15	30	-45	-60	-75
cos годинного кута ω	0,500	0,707	0,866	0,966	1	0,966	0,866	0,707	0,500	0,259
sin годинного кута ω	0,866	0,707	0,500	0,259	0	-0,259	-0,500	-0,707	-0,866	-0,97
cos Z	0,372	0,518	0,630	0,700	0,724	0,700	0,630	0,518	0,372	0,201
Випромінювання на горизонтальній поверхні E , Вт/м ²	150,8	210,1	255,7	284,3	294,0	284,3	255,7	210,1	150,8	81,7
Розсіяне випромінювання E_d , Вт/м ²	109,3	152,3	185,3	206,1	213,2	206,1	185,3	152,3	1109,3	59,2
Пряме випромінювання E_b , Вт/м ²	41,5	57,8	70,3	78,2	80,9	78,2	70,3	57,8	41,5	22,5
cos γ - кута падіння проміння на поверхню КСЕ	0,490	0,690	0,843	0,939	0,972	0,939	0,843	0,690	0,490	0,257
Кут падіння променів на поверхню КСЕ γ , град,	60,7	46,4	32,6	20,1	13,6	20,1	32,6	46,4	60,7	75,1
Щільність випромінювання (без урахування відбитої від стіни) на 1 м ² похилої поверхні КСЕ E_T , Вт/м ²	158,7	221,9	270,5	301,0	1311,4	301,0	270,5	221,9	158,7	85,1
Щільність випромінювання, відбитого від стіни будівлі на 1 м ² поверхні КСЕ $E_{Від}$, Вт/м ²	26,4	36,8	44,8	49,8	51,5	49,8	44,8	36,8	26,4	14,3
Щільність повного випромінювання на 1 м ² похилій поверхні КСЕ E_t , Вт/м ²	185,1	258,7	315,2	350,7	362,8	350,7	315,2	258,7	185,1	99,4

Продовження таблиці 3.14

Кількість енергії що надходить на площину КСЕ без урахування відбитої від стіни будівлі, кДж/м ²	571,3	799,0	973,6	1083	1121	1083,4	973,6	799,0	571,3	306,2
Повний за поточний годину кількість енергії, надходить на площину ' КСЕ H_I^K кДж/м ²	666,4	931,4	1134,8	1263	1306	1262,6	1134,8	931,4	666,4	357,7

Розрахунок енергії, поглиненої поверхнею сонячного колектора 5 жовтня, кут нахилу колектора до горизонту 30 °.

Таблиця 3.15 – Загальні дані для всього дня

Середня зовнішня температура 1м, ° С	13,6
опад	Дощ
Напрямок, швидкість вітру, м / с	Півданий
Маса води в колекторі $m_{в\text{ кс}}$, кг	1,46
Маса води в контурі $m_{в\text{ к}}$, кг	8,0
Площа поверхні КСЕ $S_{к}$, м ²	2,3

Таблиця 3.16 – Розрахунок поглиненої енергії

Вихідні, виміряні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Температура в подавальному трубопроводі t_1 , ° С	15	23	29	34	38 -	36	32	27	21	16
Ентальпія води i_1 , кДж / кг	62,55	95,91	120,9	141,8	158,5	150,1	133,4	112,6	87,57	66,7
Температура в зворотному, трубопроводі t_2 , ° С	13	18	20	22	24	23	21	18	16	14
Ентальпія води i_2 , кДж / кг	54,21	75,06	83,4	91,74	100,1	95,91	87,57	75,06	66,72	58,4
Щільність води ρ , кг/м ³	998,5	997,7	996,1	994,6	993,2	991,4	992,2	992,5	992,5	993
Різниця температур Δt , ° С	2	5	9	12	14	13	11	9	5	2

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ					Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата						47

Продовження таблиці 3.16

Різниця ентальпій Δi , кДж /кг	8,34	20,85	37,53	50,04	58,38	54,21	45,87	37,53	20,85	8,34
Середня температура в контурі $t_{cp,k}$, °С	14	20,5	24,5	28	31	29,5	26,5	22,5	18,5	15
Приріст температури за 1 годину циркуляції води Δt_{cp} , °С	6,50	4	3,5	3	-1,5	-3	-4	-4	-3,5	
Витрата за даний інтервал часу g_k , л	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Те ж g_k , кг	29,95	29,93	29,88	29,84	29,80	529,74	29,77	129,78	29,78	29,8
Тепло, віддане контуром в приміщення $H_{кон}$, кДж	249,8	624	1122	1493	1740	1612	1365	1118	620,8	249
Тепло, накопичене в контур $H_{нак}$, кДж	39,57	133,4	116,8	100,1	-50	-100	-133	-133	-117	0
Загальне тепло, сприйняте за 1 годину роботи, $H_{заг}$, кДж	289,4	757,5	1238	1593	1689	1512	1232	984,1	504,1	249
Теоретично сприйнятий тепловий потік h , кДж/м ²	125,8	329,3	538,4	692,7	734,6	657,5	535,6	427,9	219,2	108
Щільність сприйнятого випромінювання $I_{св}$, Вт/м ²	34,95	91,48	149,6	192,4	204	182,6	148,8	118,8	60,88	26,8

Обчислюємо середній тепловий ККД для цього дня без урахування відбитої енергії від стіни будівлі :

$$\eta_k = \frac{4357,4}{8281,9} \cdot 100 = 52,6\% .$$

Обчислюємо те ж з урахуванням відображеної енергії від стіни будівлі

$$\eta_k = \frac{4357,4}{9654,4} \cdot 100 = 45,1\% .$$

Відбита енергія від стіни будівлі дала надбавку до ККД колектора в розмірі 7,5 % при куті нахилу до горизонту 30 °.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		48

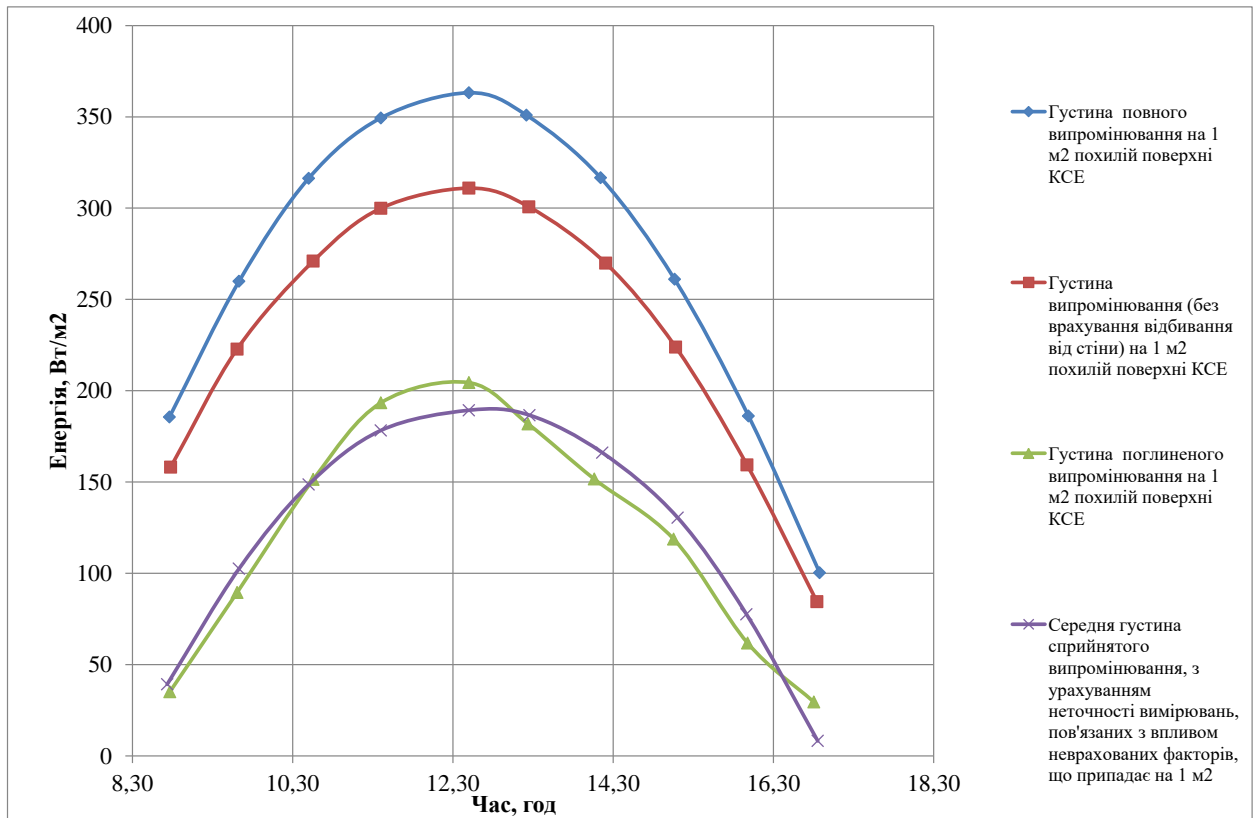


Рисунок 3.8 - Надходження і сприймання променевої енергії 5 жовтня, кут нахилу колектора до горизонту 30 °

Розрахунок сумарних показників робіт и КСЕ при нахилі колектора до горизонту 30 °.

Таблиця 3.17 – Результати розрахунку

Обчислені величини	1 ЖОВТНЯ	2 ЖОВТНЯ	3 ЖОВТНЯ	4 ЖОВТНЯ	5 ЖОВТНЯ	сума
Повно кількість енергії, яка надійшла на похилу площину КСЕ за час проведення випробувань H_k , кДж/м ²	9740,2	9718,6	13470	13442,4	9653,8	56024,6
Кількість енергії, що надійшла на похилу площину КСЕ без урахування відбитої енергії від будівлі, кДж/м ²	8352,7	8334,7	11628	11607,5	8282,5	48205,4
Сумарна кількість енергії, поглинута похилою площиною КСЕ за час проведення випробування h_k , кДж/м ²	4420,9	4366,8	6096,5	6042,4	4357,4	25284,0

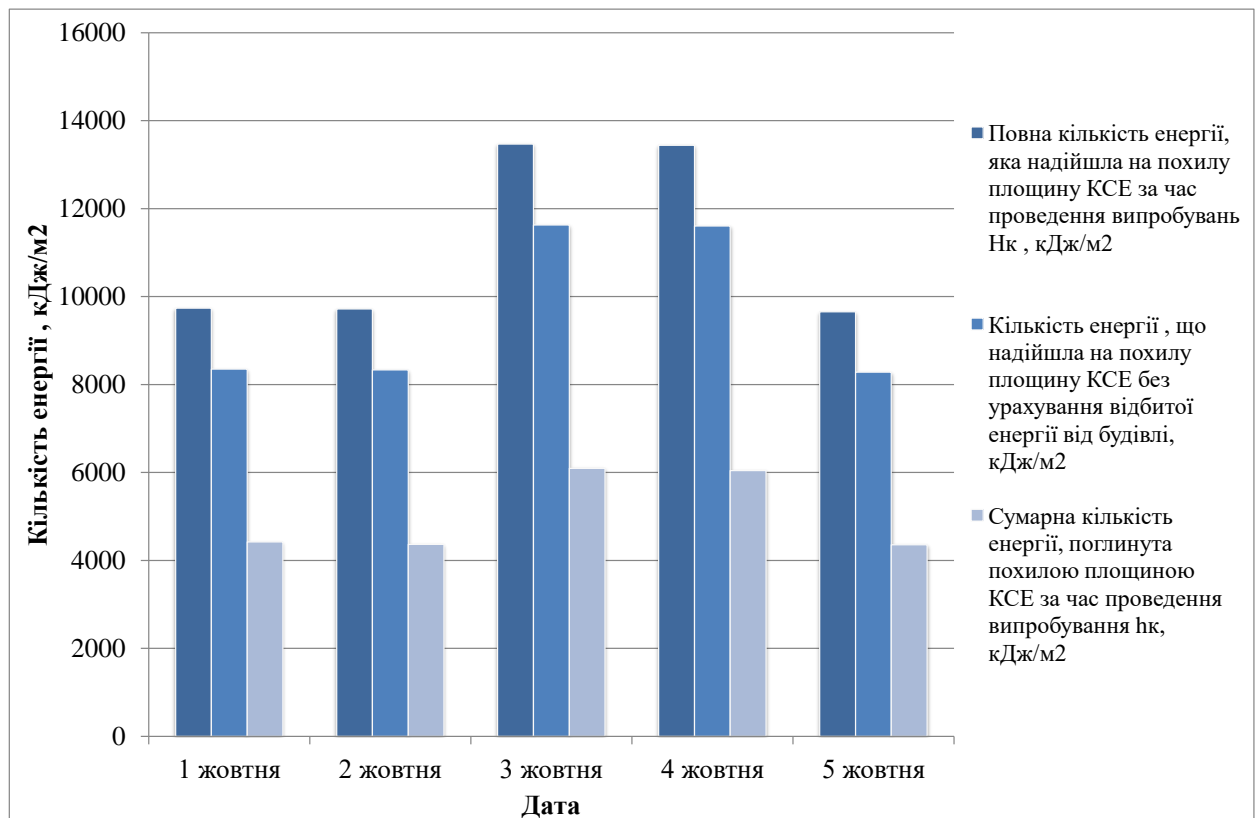


Рисунок 3.9 - Надходження і поглинання сонячної енергії при нахилі колектора до горизонту 30°

Розрахунок енергії, що надійшла на похилу поверхню КСЕ, 10 жовтня вересня, кут нахилу колектора до горизонту 15° .

Таблиця 3.18 - Загальні дані для всього дня

		cos	sin
Широта місця розташування φ , град	49°33	0,563	0,827
Число, місяць	10 жовтня		
Коефіцієнт ясності атмосфери K_T	0,25		
Частка дифузійної радіації f_d	0,794		
Коефіцієнт відбивання від землі p	0,2		
Коефіцієнт відбивання від стіни p	0,7		
Кут нахилу колектора β , град.	15	0,966	0,259
Азимут поверхні КСЕ α_k град.	0	1,000	0,000
Кут схилення сонця δ , град.	0,81	1,000	0,014
Щільність потоку сонячної енергії у верхній межі атмосфери E_0 , Вт/м ²	1353		

Таблиця 3.19 – Результати розрахунків показників енергії, яка поступає на поглинаючу поверхню

Вихідні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16: 30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Годинний кут ω , град.	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75
cos годинного кута ω	0,500	0,707	0,866	0,966	1	0,966	0,866	0,707	0,500	0,259
sin годинного кута ω	0,866	0,707	0,500	0,259	0	-0,259	-0,500	-0,707	-0,866	-0,97
cos Z	0,364	0,510	0,622	0,693	0,717	0,693	0,622	0,510	0,364	0,193
Випромінювання на горизонтальній поверхні E , Вт/м ²	123,0	172,5	210,4	234,3	242,4	234,3	210,4	172,5	123,0	65,4
Розсіяне випромінювання E_d , Вт/м ²	97,7	137,0	167,1	186,0	192,5	186,0	167,1	137,0	97,7	51,9
Пряме випромінювання E_b , Вт/м ²	25,3	35,5	43,3	48,2	49,9	48,2	43,3	35,5	25,3	13,5
cos γ - кута падіння проміння на поверхню КСЕ	0,487	0,687	0,840	0,936	0,969	0,936	0,840	0,687	0,487	0,254
Кут падіння променів на поверхню КСЕ γ , град,	60,9	46,7	32,9	20,6	14,2	20,6	32,9	46,7	60,9	75,3
Щільність випромінювання (без урахування відбитої від стіни) на 1 м ² похилої поверхні КСЕ E_T , Вт/м ²	126,7	177,9	217,2	241,9	250,4	241,9	217,2	177,9	126,7	67,1
Щільність випромінювання, відбитого від стіни будівлі на 1 м ² поверхні КСЕ $E_{Від}$, Вт/м ²	21,5	30,2	36,8	1,0	42,4	41,0	36,8	30,2	21,5	11,5
Щільність повного випромінювання на 1 м ² похилої поверхні КСЕ E_t , Вт/м ²	148,3	208,1	254,1	283,0	292,8	283,0	254,1	208,1	148,3	78,5

Продовження таблиці 3.16

Кількість енергії що надходить на площину КСЕ без урахування відбитої від стіни будівлі, кДж/м ²	456,2	640,6	782,1	871,0	901,4	871,0	782,1	640,6	456,2	241,4
Повний за поточний годину кількість енергії, надходить на площину КСЕ H_I^K кДж/м ²	533,7	749,3	914,7	1018,7	1054,1	1018,7	914,7	749,3	533,7	282,6

Розрахунок енергії, поглиненої поверхнею сонячного колектора 10 жовтня, кут нахилу колектора до горизонту 15 °.

Таблиця 3.20 – Загальні дані для всього дня

Середня зовнішня температура 1м, °С	9,8
опади	димка
Напрямок, швидкість вітру, м/с	Західний
Маса води в колекторі $m_{вк}$, кг	1,46
Маса води в контурі $m_{вк}$, кг	8,0
Площа поверхні КСЕ S_k , м ²	2,3

Таблиця 3.21 – Розрахунок поглиненої енергії

Вихідні, виміряні, обчислені величини	8:30	9:30	10:30	11:30	12:30	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Температура в подавальному трубопроводі t_1 , °С	10	18	22	27	29	28	26	20	15	11
Ентальпія води i_1 , кДж/кг	41,7	75,1	91,7	113	121	117	108	83,4	62,6	45,9
Температура в зворотному, трубопроводі t_2 , °С	8	13	15	18	19	18	16	13	11	9
Ентальпія води i_2 , кДж/кг	33,4	54,2	62,6	75,1	79,2	75,1	66,7	54,2	45,9	37,5
Щільність води ρ , кг/м ³	998	998	996	995	993	991	992	993	993	993
Різниця температур Δt , °С	2	5	7	9	10	10	0	7	4	2

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ					Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата						52

Продовження таблиці 3.21

Різниця ентальпій Δi , кДж /кг	8,34	20,9	29,2	31,5	41,7	41,7	41,7	29,2	16,7	8,34
Середня температура в контурі $t_{ср,к}$, °С	9	15,5	18,5	22,5	24	23	21	16,5	13	10
Приріст температури за 1 годину циркуляції води $\Delta t_{ср}$, °С	6,50	3	4	1,5	-1	-2	-4,5	-3,5	-3	
Витрата за даний інтервал часу g_k , л	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Те ж g_k , кг	30	29,93	29,88	29,84	29,80	29,74	29,77	29,8	29,78	29,8
Тепло, віддане контуром в приміщення $N_{кон}$, кДж	250	624	872	1120	1243	1240	1241	869	497	249
Тепло, накопичене в контур $N_{нак}$, кДж	39,6	100	133	50	-33,4	-66,7	-150	-117	-100	0
Загальне тепло, сприйняте за 1 годину роботи, $N_{заг}$, кДж	289	724	1006	1170	1209	1173	1091	1752	397	249
Теоретично сприйнятий тепловий потік h , кДж/м ²	126	315	437	509	526	510	474	327	172	108
Щільність сприйнятого випромінювання $I_{св}$, Вт/м ²	35	87,5	121	141	146	142	132	90,9	47,9	26,8

Обчислюємо середній тепловий ККД для цього дня без урахування відбитої енергії від стіни будівлі :

$$\eta_k = \frac{3292,9}{6642,4} \cdot 100 = 52,6\% .$$

Обчислюємо то ж з урахуванням відображеної енергії від стіни будівлі

$$\eta_k = \frac{3492,9}{7769,5} \cdot 100 = 45,0\% .$$

Відбита енергія від стіни будівлі дала надбавку до ККД колектора в розмірі 7,6 % при куті нахилу до горизонту 15 °.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
						53
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

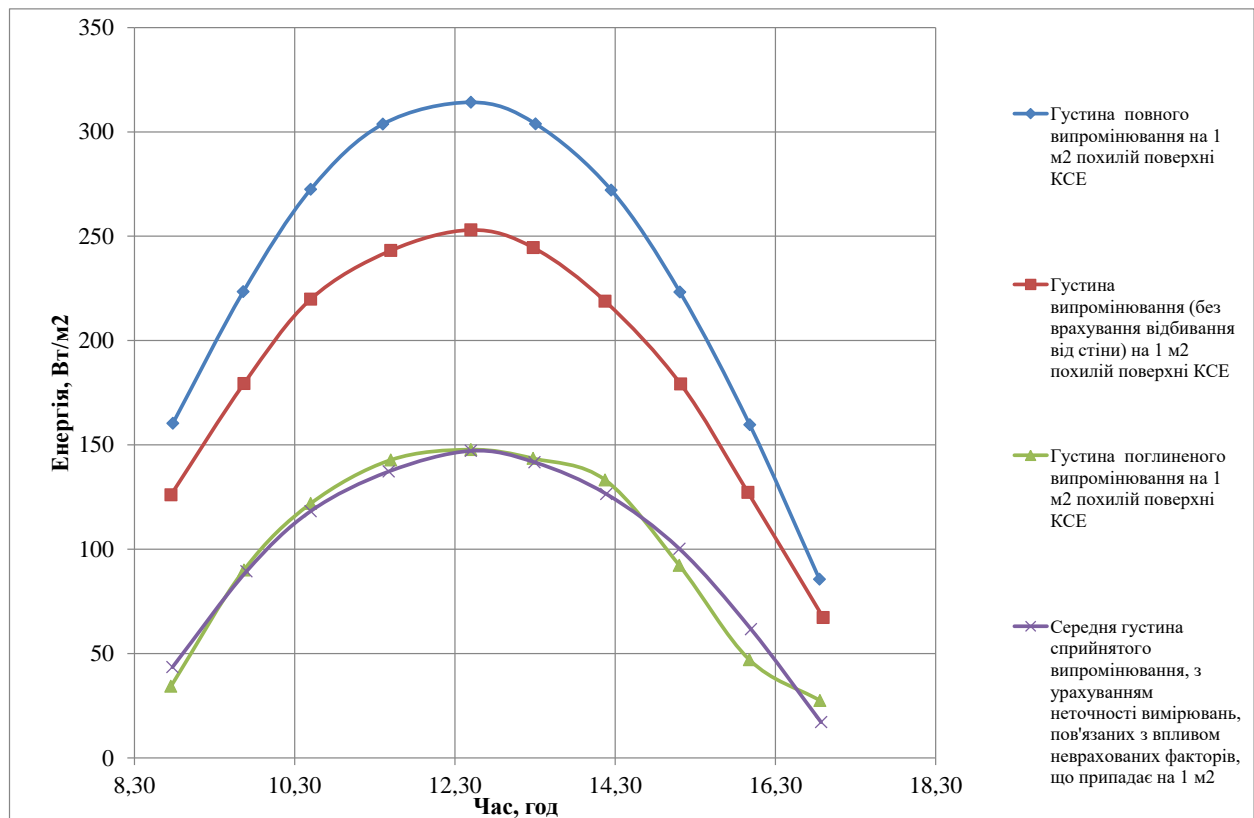


Рисунок 3.10 - Надходження і сприймання променевої енергії 10 жовтня, кут нахилу колектора до горизонту 15 °

Розрахунок сумарних показників робіт и КСЕ при нахилі колектора до горизонту 13.

Таблиця 3.22 – Результати розрахунку

Обчислені величини	6 жовтня	7 жовтня	8 жовтня	9 жовтня	10 жовтня	сума
Повно кількість енергії, яка надійшла на похилу площину КСЕ за час проведення випробовувань H_k , кДж/м ²	13938,5	17736,7	13869,9	6594,45	7769,7	59909,3
Кількість енергії, що надійшла на похилу площину КСЕ без урахування відбитої енергії від будівлі, кДж/м ²	11234,7	14366,3	11181,6	5254,4	6642,4	48679,4
Сумарна кількість енергії, поглинута похилою площиною КСЕ за час проведення випробування h_k , кДж/м ²	6301,8	7986,5	6257,9	2971,9	3492,9	27011

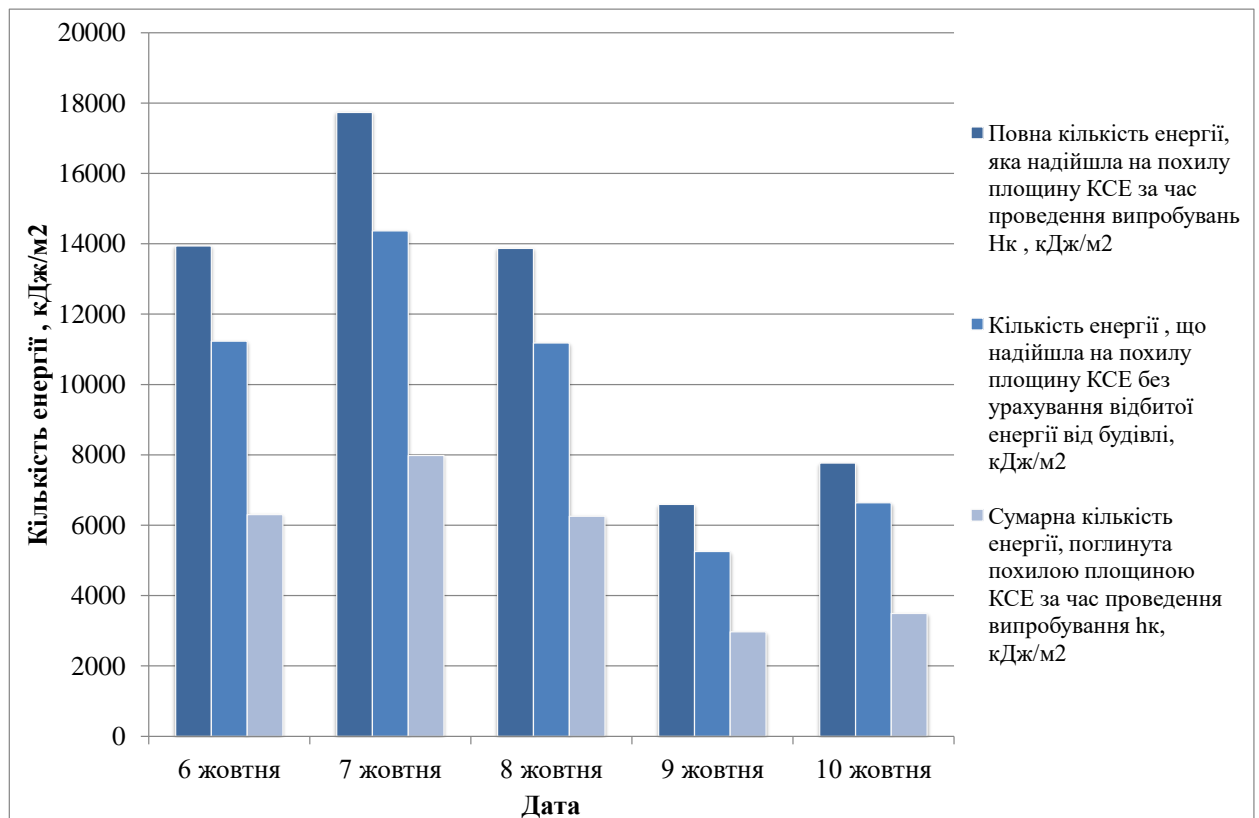


Рисунок 3.11 - Надходження і поглинання сонячної енергії при нахилі колектора до горизонту 15 °

Розрахунок зроблений на ПК в табличній формі. Приклад розрахунок для 25-го, 30-го вересня, 5-го і 10-го жовтня див. табл. 3.3 - 3.22. Вихідні дані до розрахунку представлені в табл. 3.1.

Крім цього, за результатами розрахунків побудовані графіки залежності надходження і сприйняття сонячної енергії від часу доби (див. рис. 3.4; 3.6; 3.8; 3.10). Після закінчення розрахунку по кожному куті будується загальна діаграма з обчисленням сумарних показників для даного кута нахилу сонячного колектора (див. рис. 3.5 - кут 60 °; рис. 3.7 - кут 45 °; рис. 3.9 - кут 30 °; рис. 3.11 - кут 15 °).

Всі необхідні для кожного з розрахунків вихідні дані, загальні для всього дня представлені у відповідних таблицях. Інші вихідні дані, які змінюються залежно від часу доби, представлені в графах основних таблиць.

Розрахунки зроблені в порядку зменшення кута нахилу колектора до горизонту, починаючи з 60° і закінчуючи 15° .

3.4 Аналіз показників роботи експериментальної, сонячної установки за результатами розрахунків

Розглянемо окремих випадок розподілу щільності прихідної і отриманої енергії по годинах 25 вересня (див. рис. 3.4). З графіків видно, як розподіляється сприйняття сонячної енергії протягом дня: а саме, найменша ефективність після запуску установки спостерігається в ранковий час, що пояснюється необхідністю прогріву всієї конструкції колектора. В вечірній час ефективність максимальна, що знову ж таки пояснюється масивністю конструкції колектора, так як вона віддає накопичене протягом дня тепло.

На рис. 3.12 показана залежність ККД колектора від середньої зовнішньої температури повітря. Можна бачити, що в межах зміни температури від -8 до $16,5^\circ\text{C}$ ККД колектора падає при низьких (від 0°C) температурах, що свідчить про теплові втрати через теплоізоляційну конструкцію колектора.

Також побудована залежність ККД колектора від зовнішньої температури повітря. Лінія на рис. 3.13 «Ефективність колектора без урахування відбитої енергії, %» фактично характеризує не ККД колектора, а ефективності системи колектор - стіна будівлі. Ефективність колектора значно зростає при зменшенні кута нахилу, оскільки коефіцієнт альбедо стіни будівлі свідомо вище, ніж це ж значення для поверхні землі. Нагадаємо, що складові прихідної енергії сонячного випромінювання на похилу поверхню це:

- Пряме випромінювання.
- Розсіяне випромінювання.
- Випромінювання, відбите від земної поверхні.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		56

У нашому випадку до цих трьох складових додається четверта:
Випромінювання, відбите від поверхні будівлі.

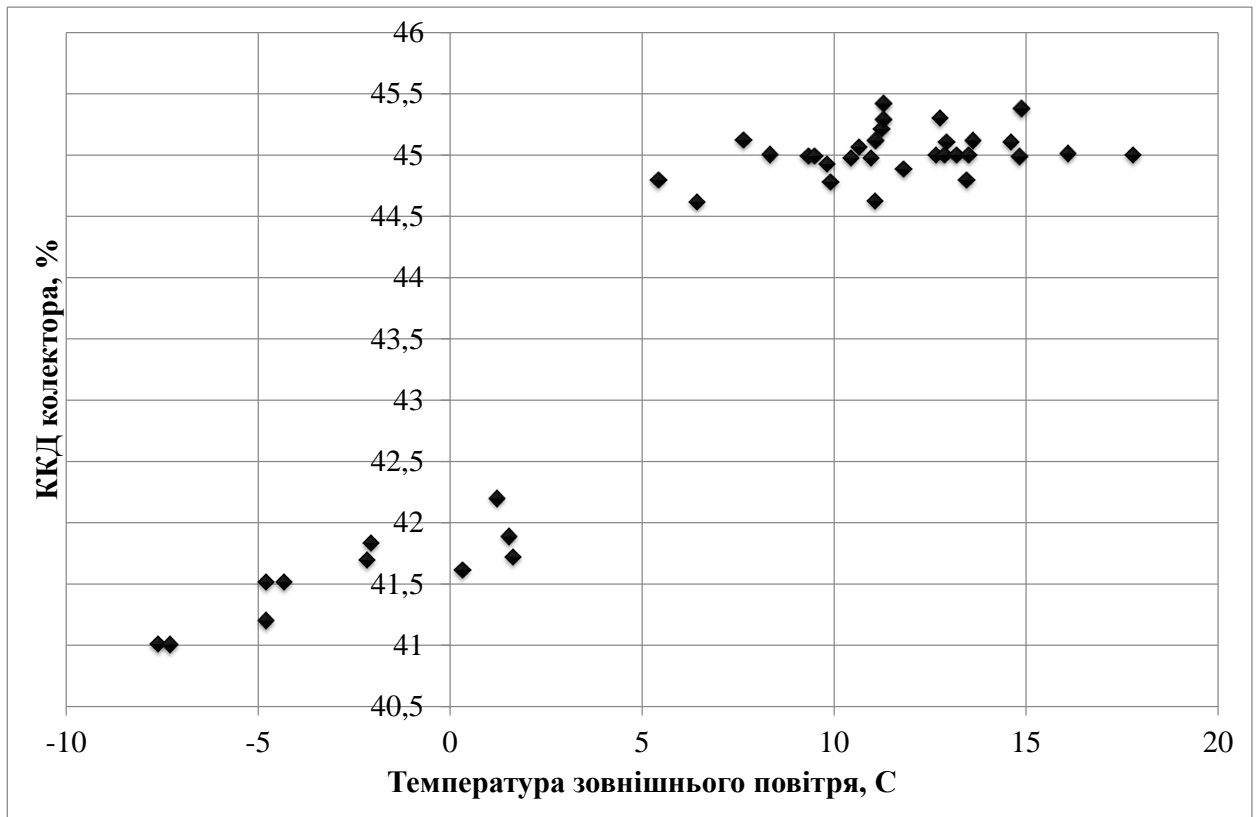


Рисунок 3.12 - Залежність ККД колектора від зовнішньої температури повітря

Рисунок 3.13 наочно показує, скільки енергії втратилося б при установці колектора з цими ж характеристиками на даху будівлі. При цьому для замкнутого контуру теплоносія потрібна була б витрата енергії на живлення циркуляційного насосу. Лінія на рис. 3.13 «Ефективність колектора з урахуванням відбитої енергії, %» показує реальне значення теплової ефективності цього колектора.

Як видно з табл. 3.2 і рис. 3.4, при куті нахилу колектора в 15 ° виграш ККД становить 10,4 %, а це дуже важливо при власному ККД колектора в 45 %

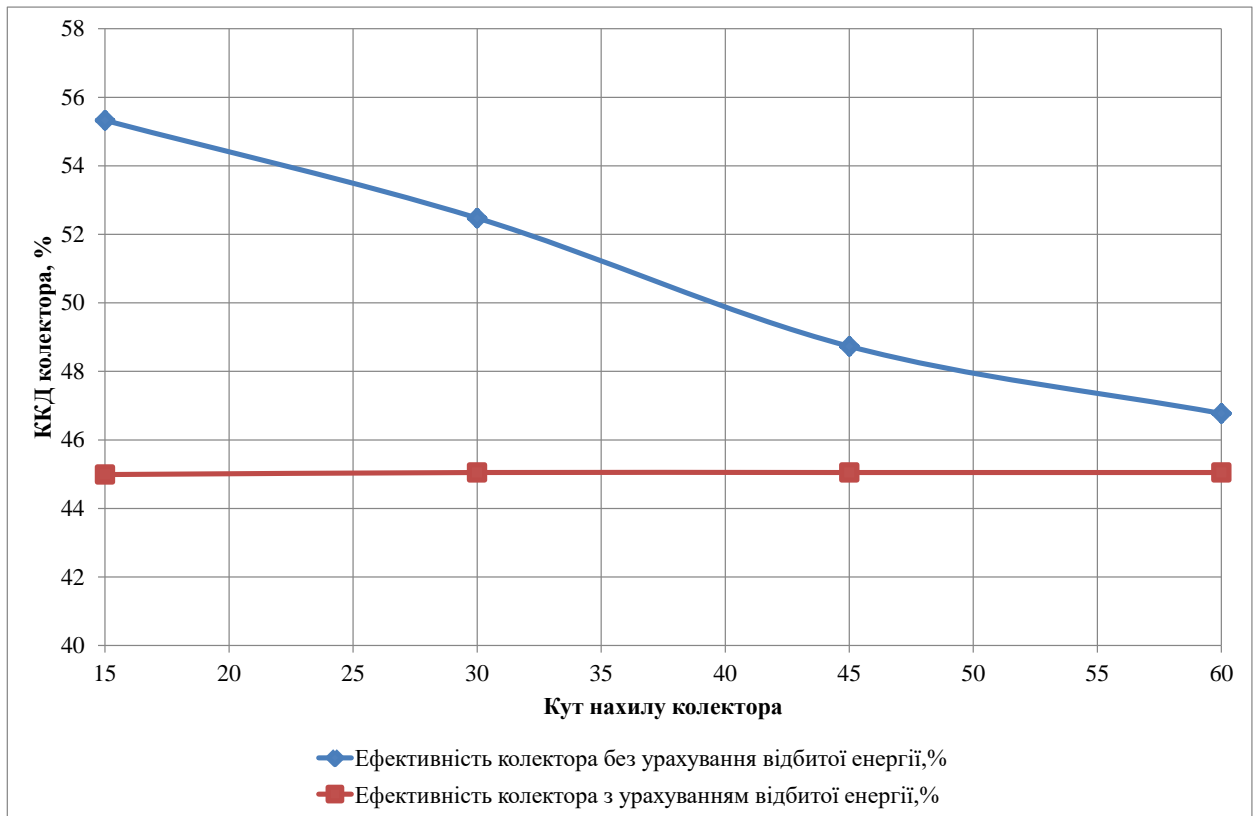


Рисунок 3.13 - Залежність ефективності колектора від його кута нахилу

3.5 Розрахунок теплової ефективності плоских сонячних колекторів при їх установці на стіні будівлі. Установка і вибір оптимального кута

При розрахунку ефективності сонячних колекторів, що встановлюються на стіні будівлі, слід брати до уваги не тільки явне надходження сонячної енергії, а й можливу відбиту радіацію від стіни будівлі. Зокрема, розрахунок енергії, що надходить на похилу поверхню слід вести за типовою методикою, але враховуючи при цьому вираз (3.3).

$$I_{Tt}^K = K_T \cdot I_o \cdot \cos Z_i \cdot \left[\begin{array}{l} 1 - f_{di} \cdot \frac{\cos y_i}{\cos Z_i} + 0,5 \cdot f_{di} \cdot 1 - \cos \beta + .. \\ + 0,5 \cdot \rho_3 \cdot 1 - \cos \beta + 0,5 \cdot \rho_{cm} \cdot 1 - \sin \beta \end{array} \right] \quad (3.3)$$

де $K_T \cdot I_o \cdot \cos Z_i \cdot 0,5 \cdot \rho_3 \cdot 1 - \sin \beta$ - складова, яка характеризує енергію, відбиту від стіни;

ρ_3 - коефіцієнт альbedo землі;

ρ_{cm} - коефіцієнт альbedo стіни.

Практично може бути залежність, через яку можна було б визначити оптимальний кут нахилу колектора з урахуванням місцевих умов. Як відомо, оптимальне розташування колектора по сторонах світу - південний напрямок. Якщо ця умова не врахована, то слід розглядати всі інші можливі змінні фактори:

φ - широта місця розташування точки (кут між лінією що з'єднує точку А з центром Землі, і її проекцією на площину екватора), град. ;

δ - схилення Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора), град. Залежить від η - порядкового номера дня в році.

Фактично оптимальний кут нахилу повинен бути таким, щоб пряме сонячне випромінювання падало перпендикулярно поверхні колектора. Кут, що характеризує падіння променів на похилу поверхню, γ - кут між напрямком сонячного променя і перпендикуляра до площини колектора, град. Найбільш вигідний кут $\gamma = 0^\circ$.

Тоді, прийнявши південну орієнтацію площині колектора, формула для розрахунку повної енергії, яка поступає на буде виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned} \cos \gamma_i = & \sin \beta \cdot \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega_i - \sin \delta \cdot \cos \varphi + .. \\ & + \cos \beta \cdot \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \omega_i - \sin \delta \cdot \cos \varphi \end{aligned} \quad (3.4)$$

Далі, якщо не проводити погодинне стеження за сонцем, можна спростити вираз (3.4), прийнявши годинний кут нахилу сонця ω - кут, виміряний в екваторіальній площині між проекцією лінії, що проходить через

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		59

центр Землі і точку А, і проекцією лінії, що з'єднує центри Землі і сонця, рівним 0°. Це буде о 12.30 (саме в цей час на землю надходить найбільша кількість сонячної радіації). Тоді $\cos \gamma$ буде рівним:

$$\cos \gamma_i = \sin \beta \cdot \cos \delta \cdot \sin \varphi - \sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \beta \cdot \cos \delta \cdot \sin \varphi - \sin \delta \cdot \cos \varphi \quad (3.5)$$

Підставляючи у вираз (3.5) $\cos 0^\circ$, ми отримуємо рівняння з однією невідомою, а саме кутом β . Якщо слід визначитися з кутом нахилу для конкретної місцевості (φ), необхідно визначити:

1. В який період часу буде працювати система.
2. Взяти порядковий номер дня, що знаходиться посередині розглянутого періоду часу, і для нього розрахувати значення кута δ .
3. Підставивши всі ці значення в (3.5) отримаємо шуканий оптимальний кут.

Можливо зробити пристрій систем сонячного теплопостачання з відстеженням положення сонця. Тоді за допомогою виразу (3.4) використовуючи годинний кут ω аналогічно розраховується оптимальний кут для кожної години або іншого проміжку часу.

3.6 Оцінка теплової ефективності сонячного колектора

Як показали розрахунки по можливості необхідно використовувати і відбиту енергію від стіни-будівлі або від інших конструкцій. Це актуально при влаштуванні колекторних систем в приватних будинках, при невеликих площах променепоглинаючих поверхонь. Влітку, при установці колектора під кутом до горизонту 45 - 15° і коефіцієнті відбиття конструкції 0,7 можливе підвищення ефективності на 4-10,4%. Якщо це сезонні нагрівачі, які використовуються для гарячої води в літній час то, тим самим можливе скорочення сумарної площі колекторів на ті ж 4% або збільшення

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		60

потенціалу вже встановленої системи при невеликій модернізації покриття стіни простого фарбування її в білий колір.

Не можна обійти увагою і той факт, що при установці променепоглинаючих панелей на стіні будівлі (будь, то теплові або фотоелектричні елементи) і підвищення коефіцієнта відбивання цієї стіни ми знижуємо теплопоступлення в приміщення в літню пору, тим самим підтримуємо більш комфортні умови, економимо енергію на вироблення холоду кондиціонером. Значення цієї складової залежить від масивності огорожувальних конструкцій.

Дуже важливо відзначити, що описане випробування проводилось осінню при зовнішній температурі навколишнього повітря не більше 8-14 °С, при високій хмарності. Колектором, площею 2,3м², за 20 днів з 8.00 до 18.00 було сприйнято 379340 кДж. Оптимальний кут нахилу для цього періоду (21.09 - 10.10) обчислюємо для дати 1 жовтня:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{284 - 274}{365}\right) = 1,97^\circ \quad (3.6)$$

Обчислюємо кут β , який дорівнює в даному випадку - 43 °. Найбільш близький кут, за яким були отримані експериментальні дані - 45°. Розглянемо результати вимірювань, отримані при цьому куті нахилу (див. таблицю 3.22).

Сума отриманої енергії за 5 днів - 119869 кДж;

Середній коефіцієнт ясності за 5 днів - 0,65;

Збільшення ККД за рахунок відбитої енергії - 3,74 %;

Середня потужність установки (1 колектор 2,3м²) - 277 Вт.

Ці ж показники для інших кутів:

60 °

Сума отриманої енергії за 5 днів - 139 285 кДж;

Середній коефіцієнт ясності за 5 днів - 0,81;

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		61

Збільшення ККД за рахунок відбитої енергії - 1,8 %;

Середня потужність установки (1 колектор 2,3 м²) - 322 Вт.

30 °

Сума отриманої енергії за 5 днів - 58 153 кДж;

Середній коефіцієнт ясності за 5 днів - 0,34;

Збільшення ККД за рахунок відбитої енергії - 7,3 %;

Середня потужність установки (1 колектор 2,3 м²) - 135 Вт.

15 °

Сума отриманої енергії за 5 днів - 62033 кДж;

Середній коефіцієнт ясності за 5 днів - 0,35;

Збільшення ККД за рахунок відбитої енергії - 10,4 %;

Середня потужність установки (1 колектор 2,3 м²) - 144 Вт.

Якщо порівнювати показники по кутах 45 ° і 60 °, то видно, що при значно менш вигідних умовах:

- різниця в коефіцієнті ясності 0,16;
- експеримент при куті 60 ° ставилося 21.09-25.09, а при куті 45 ° - 26.09-30.09, тобто пізніше, і, отже, сумарне надходження енергії є меншим ніж навіть при рівних умовах хмарності.
- Потужність колектора при цьому відрізняється всього лише на 55 Вт.

Дані по кутах 15 ° і 30 ° якраз наочно показують значення відбитої енергії в системі. При приблизно рівних метеорологічних умовах, за рахунок відбитої радіації (різниця 3,1 %) потужність колектора при куті 15 ° більше на 9 Вт, ніж при 30 °. Хоча, як уже встановлено, на похилу поверхню під кутом 30 ° приходить більше енергії, ніж на поверхню під кутом 15 °.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		62

3.7 Висновки до розділу

1. У результаті проведеної роботи були виявлені залежності теплової ефективності колектора від різних факторів які залежать або не залежать від людини. Зокрема, залежним є кут нахилу колектора до горизонту і відбиваюча здатність стіни, а незалежними - зовнішня температура повітря, коефіцієнт ясності атмосфери і швидкості вітру.

2. Встановлено фактори, що впливають на ефективність роботи плоского сонячного колектора (в порядку їх значимості):

- 1) кут нахилу колектора до горизонту;
- 2) коефіцієнт відбивання від стіни, на якій встановлена променепоглинаюча поверхня;
- 3) температура зовнішнього повітря;
- 4) коефіцієнт ясності атмосфери;
- 5) швидкість вітру.

3. Розглянуто такі незалежні фактори, які впливають на ККД колектора: коефіцієнт ясності атмосфери і температура зовнішнього повітря. Останню можна не враховувати, якщо утеплення колектора виконано із високо теплоізоляційних матеріалів і теплові втрати не суттєві. Коефіцієнт ясності надає менш помітний вплив, але нехтувати ним не слід. Від коефіцієнта ясності безпосередньо залежить співвідношення щільності розсіяного і прямого сонячного випромінювання, що надходить на площину КСЕ.

4. Виконано перерахунок енергії, яка поступає на колектор з урахуванням всіх можливих факторів, що впливають за допомогою описаних в роботі виразів. Запропоновано рівняння для обчислення найбільш енергоефективного кута нахилу поверхні, орієнтованої на південь в будь-якій точці північної півкулі, в будь-який день року.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		63

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організаційні та технічні заходи електробезпеки

До роботи на електроустановках допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж та навчання з безпечних методів праці, перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади та кваліфікаційної групи з електробезпеки, і які не мають проти показів, визначених Міністерством охорони здоров'я України [13].

Для забезпечення безпеки робіт у діючих електроустановках належить виконувати наступні організаційні заходи:

- призначення осіб, які відповідають за організацію та проведення робіт;
- оформлення наряду чи розпорядження на проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення робіт, перерв у роботі, переведення на інші робочі місця.

До технічних заходів, які необхідно виконувати в діючих електроустановках для забезпечення безпеки робіт належать:

1. При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках чи поблизу них:

- вимкнення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;

механічне блокування приводів апаратів, які здійснюють вимкнення, зняття запобіжників, від'єднання кінців лінії, яка

- здійснює електропостачання та інші заходи, що унеможливають

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>			4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Коваль В.П.</i>					64	
<i>Консульт.</i>		<i>Гурик О.Я.</i>				<i>зр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н.Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

випадкову подачу напруги до місця проведення робіт;

- встановлення знаків безпеки та захисних огорож біля струмопровідних частин, що залишаються під напругою і до яких в процесі роботи можливе доторкання або наближення на недопустиму відстань;
- встановлення заземлення (ввімкнення заземлювальних ножів чи встановлення переносних заземлень);
- огороження робочого місця та вивішування плакатів безпеки;

2. При проведенні робіт на струмопровідних частинах, які знаходяться під напругою та поблизу них:

- виконання робіт за нарядом не менш ніж двома працівниками зі застосуванням електрозахисних засобів, під постійним наглядом, із забезпеченням безпечного розташування працівників, використовуваних механізмів та пристосувань.

4.2 Захист від статичної електрики

Статична електрика – це сукупність явищ, що пов'язані з виникненням, накопиченням та релаксацією вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектричних та напівпровідникових речовин, матеріалів та виробів. Виникнення зарядів статичної електрики є результатом складних процесів перерозподілу електронів чи іонів при стиканні двох різнорідних тіл (речовин) [13].

Порушення поверхневого контакту при терті тіл призводить до електризації - виникнення електричних зарядів, які можуть утримуватись на поверхні цих тіл протягом тривалого часу. Такі заряди, на відміну від рухомих зарядів динамічної електрики (електричний струм) знаходяться у статичному стані.

Електричні заряди виникають:

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		65

- при терті діелектричних тіл один об одного або об метал (наприклад, пасові передачі);
- при переливанні, перекачуванні, перевезенні в ємностях горючих та легкозаймистих рідин;
- при транспортуванні горючих газів трубопроводом;
- при подрібненні діелектриків;
- при переміщенні сухого запиленого повітря зі швидкістю понад 15 – 20 м/с і т.п.

Систематичний вплив електростатичного поля підвищеної напруженості негативно впливає на організм людини, викликаючи, в першу чергу, функціональні розлади центральної нервової та серце-судинної систем. Відповідно до ГОСТ 12.1.045-84 гранично допустима напруженість електричного поля $E_{доп}$ на робочих місцях не повинна перевищувати 60 кВ/м, якщо час впливу t_v не перевищує 1 год; при $1 \text{ год} < t_v < 9 \text{ год}$ – $E_{доп} = 60\sqrt{t_v}$.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів досягається трьома основними способами:

- запобіганням виникнення та накопичення статичної електрики,
- прискоренням стікання електростатичних зарядів, нейтралізацією електростатичних зарядів.

4.3 Причини електротравм, напруга кроку

Як і при інших видах травм, при електротравмах виділяють технічні, організаційно-технічні, організаційні і організаційно-соціальні їх причини [13].

До технічних причин належать: недосконалість конструкції електроустановки і засобів захисту, допущені недоліки при виготовленні, монтажі і ремонті електроустановки.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		66

До основних організаційних причин електротравм належать:

- відсутність (непризначення наказом) на підприємстві особи, відповідальної за електрогосподарство або невідповідність кваліфікації цієї особи чинним вимогам;
- недостатня укомплектованість електротехнічної служби працівниками відповідної кваліфікації;
- відсутність на підприємстві посадових інструкцій для електротехнічного персоналу та інструкцій із безпечного обслуговування та експлуатації електроустановок;
- недостатня підготовленість персоналу з питань електробезпеки, несвоєчасна перевірка знань, невідповідність групи з електробезпеки персоналу характеру робіт, що виконуються;
- недотримання вимог щодо безпечного виконання робіт в електроустановках за нарядами-допусками, розпорядженнями та в порядку поточної експлуатації;
- неефективний нагляд, відомчий і громадський контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні робіт в електроустановках та їх експлуатації.

До основних організаційно-соціальних причин електротравм належать: змушене виконання не за спеціальністю електронебезпечних робіт; негативне ставлення до виконуваної роботи, обумовлене соціальними чинниками; залучення працівників до понадурочних робіт; порушення виробничої дисципліни; залучення до роботи осіб віком до 18 років.

При переміщенні людини в зоні розтікання струму в землі її ноги будуть торкатися ділянок землі з різними потенціалами, а на людину буде діяти напруга, яка визначається різницею цих потенціалів і відома під назвою *напруга кроку* - різниця потенціалів між двома точками на поверхні землі в зоні розтікання струму, які знаходяться на відстані кроку (0,8 м) одна від одної. З наближенням до місця замикання на землю величина напруги кроку

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		67

буде зростати, і вона може досягти небезпечних для людини значень вже при напрузі електроустановок 0.4 кВ, а в сиру погоду та за зволоженого ґрунту і при меншій напрузі. Тому Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів при наявності замикання на землю забороняють наближатися до місця замикання ближче 8 м поза приміщенням і 4 м в приміщенні без застосування засобів захисту - діелектричні боти, галоші, суха дошка, сухе гумове взуття тощо.

У цілому, заходи захисту людини від дії напруги кроку зводяться до розірвання мережі струму через людину по петлі "нога-нога", або різкого збільшення опору в цій петлі за рахунок використання різних підручних засобів. За необхідності невідкладного входу в зону небезпечних напруг кроку для надання допомоги потерпілим і т.ін. і відсутності під рукою засобів захисту, доцільно переміщуватися в цій зоні обережно, пересуваючи ступні по землі так, щоб вони постійно торкались одна другої.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		68

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що на даний час основне завдання у використанні сонячної енергії у приватному секторі – це підвищення ефективності геліосистем опалення та охолодження будинків, що пов'язано із застосуванням більш досконалого геліотехнічного обладнання в поєднанні з оптимальними архітектурно-технічними рішеннями, спрямованими на скорочення теплових втрат і відповідне зниження потреби в енергії, а також на використання конструкцій самої будівлі для уловлювання сонячної енергії.

2. На підставі аналізу методик розрахунку поступаючої сонячної енергії в роботі виокремлено алгоритм розрахунку, що відрізняється простотою, який можна рекомендувати для практичних розрахунків.

3. Фактори, що впливають на ефективність роботи плоского сонячного колектора (в порядку їх значимості):

- кут нахилу колектора до горизонту;
- коефіцієнт відбивання від стіни, на якій встановлена поглинальна поверхня;
- температура зовнішнього повітря;
- коефіцієнт ясності атмосфери;
- швидкість вітру.

4. В результаті проведеної роботи були виявлені залежності теплової ефективності колектора від різних факторів як залежних, так і незалежних від людини. Зокрема, залежним з'явився кут нахилу колектора до горизонту і відбиваюча здатність стіни, а незалежними - зовнішня температура повітря, коефіцієнт ясності атмосфери і швидкості вітру.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ			
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Матвеев Е.О.</i>					69	
<i>Перевірів</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Вакуленко О.О.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>			гр.ЕТЗс-42, ФПТ, ТНТУ			

5. Виконано перерахунок поступлення енергії з урахуванням всіх можливих факторів, що впливають. Запропоновано рівняння для обчислення оптимального кута нахилу поверхні, орієнтованої на південь в будь-якій точці північної півкулі, в будь-який день року.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		70

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бекман У. и др. Расчет систем солнечного теплоснабжения: Пер.: с англ. /У. Бекман, С.Клейн, Дж.Даффи. - М.: Энергоиздат, 1982, 80 с.
2. NASA and World Energy Council. Global Energy Perspectives. Cambridge, 1998. 299 p.
3. Антропогенные изменения климата. Под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Из-раэля. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 406 с.
4. Гринкевич Р. Тенденции мировой электроэнергетики. «Мировая экономика и международные отношения», №4, 2003, С. 15-24.
5. Емельянов А. Нетрадиционная энергетика. «Экология и жизнь», №6, 2001, С. 24-26.
6. Еремин Л.М. О роли локальных источников небольшой мощности на рынке электроэнергии. «Энергетик», 2003, № 3. сс. 22-24.
7. Соминский М.С. Солнечная электроэнергия. - М., Наука, 1965.
8. Григораш О.В., Стрелков Ю.И. Нетрадиционные автономные источники электроэнергии. «Промышленная энергетика», 2001, № 4. с. 37
9. Волеваха Н.М., Волеваха В.А. Нетрадиционные источники энергии. Киев: Вища школа, 1988. 58 с.
10. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1990. 392 с.
11. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. - М.: Энергоатомиздат, 1991. 208 с.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ					
<i>Змн</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
<i>Розробив</i>	<i>Матвеев Е.О.</i>							<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевіриє</i>	<i>Коваль В.П.</i>								71	
<i>Консульт</i>	<i>Коваль В.П.</i>							зр.ЕТзс-42, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н Контр</i>	<i>Вакуленко О.О.</i>									
<i>Зав каф</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>									

12. Наладка средств измерений и систем технологического контроля: Справочное пособие. А.С.Клюев, Л.М.Пин, Е.И.Коломиец, С.А.Клюев; Под ред. А.С.Клюева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990. 400 с.
13. Жидецкий В.Ц. Основи охорони праці. Підручник/ В.Ц.Жидецкий, В.С Джигирей, О.В.Мельников. – Вид. 5-те, доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.

					КРБ 19-057.00.00.000ПЗ	Арк
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата		72