

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: ***Енергоефективність суміщення фотогальванічного модуля та сонячного колектора для спільного вироблення електричної та теплової енергії***

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

спеціальності (напряму підготовки) _____

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Невідомий О.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(підпис)

Белякова І.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____

(підпис)

Коваль В.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему «Енергоефективність суміщення фотогальванічного модуля та сонячного колектора для спільного вироблення електричної та теплової енергії» містить 98 сторінок основного тексту, 44 рисунки, 9 таблиць та 21 літературне джерело.

Метою роботи: моделювання та дослідження енергоефективності автономних сонячних теплоелектростанцій.

У роботі визначено фактори, які впливають на ефективність роботи сонячних колекторів; запропонована методика розрахунку для PV/T колекторів; проведено моделювання енергоефективності PV/T колектора; розраховано економічну ефективність PV/T колектора; представлена фізична модель гібридної PV/T сонячної панелі.

Ключові слова: PV/T КОЛЕКТОР, СОНЯЧНА ЕНЕРГІЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
<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>Невідомий О.І.</i>					3	
<i>Перевірів</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>			<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>			

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	9
1.1. Сонячні енергетичні установки і їх класифікація та сонячні теплові електростанції. Історична довідка	9
1.2. СЕС, що використовують пряме перетворення сонячної енергії в електричну	10
1.2.1. Термоелектричний метод	10
1.2.2. Термоемісійний перетворювач	13
1.3. Сонячні теплові електростанції	14
1.3.1. СЕС баштового типу	15
1.3.2. СЕС на параболо-циліндричних концентраторах	21
1.3.4. СЕС із використанням оптичних лінз	24
1.4. Висновки до розділу	25
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	27
2.1 Початкові умови для моделювання	27
2.2. Продуктивність з точки зору енергії та ексергії	27
2.3. Параметри колектора та його характеристики	31
2.4. Моделювання енергоефективності PV / T продуктивності з TRNSYS	33
2.4.1. PV/T колектор для нагрівання води	33
2.4.2. Теоретична модель PV / T колектора	33
2.4.2.1. Загальне характеристичне рівняння PV / T колектора	34
2.4.2.2. Загальне рівняння теплоємності PV / T колектора	35
2.4.2.3. Енергія колектора	38
2.4.2.4. Втрати тепла в колекторі	40
2.4.2.5. Корисна енергія колектора	41
2.4.2.6. Ефективність колектора	42

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Невідомий О.І.						
Перевірів		Белякова І.В.					4	
Консульт.		Белякова І.В.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

2.4.3. Програмне моделювання	44
2.4.4. Ефективність PV/Т колектора	47
2.4.5. Річна продуктивність водогрійних PV/Т колекторів	54
2.4.5.1. Вплив теплової потужності колектора на щорічне виробництво енергії.....	54
2.4.5.2. Річна корисна робота	54
2.4.5.3. Ефективність енергії за рік	55
2.4.6. Перевірка точності моделювання	61
2.5. Фізична модель гібридної PV/Т сонячної панелі.....	62
2.6. Висновки до розділу	65
РОЗДІЛ 3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	67
3.1. Алгоритм та програмне моделювання у програмі TRNSYS	67
3.2. Висновки до розділу	77
РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	78
4.1. Визначення економічної ефективності енергозберігаючих заходів	78
4.2. Економічна ефективність сонячної PV/Т панелі	80
4.3. Висновки до розділу	82
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	83
5.1. Класифікація приміщень за небезпекою електротравм.....	84
5.2. Причини електротравм, напруга кроку	85
5.3. Запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах електроенергетики	87
РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ	90
6.1. Екологічні аспекти нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії.....	90
6.2. Методи прогнозування стану навколишнього природного середовища.....	92
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	97

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Актуальність теми. У наш час дуже загострена світова енергетична криза. Сьогодні треба думати про енергетичну безпеку не лише в масштабах країни, але і свого будинку. Автономне електропостачання в першу чергу асоціюється з різними автономними генераторами, які працюють на дизельному паливі. Дійсно, мати таку портативну електростанцію дуже корисно. Від неї цілком може працювати насос, що підіймає воду з колодязя або свердловини; працюватиме система ламп освітлення у будинку і на подвір'ї; основні електроприлади. При цьому, сучасні дизельні генератори електроенергії не такі вже «ненажерливі». Автономний електрогенератор – єдиний надійний спосіб отримати електрику в безлічі дачних селищ, які не мають ЛЕП (а таких ділянок більше, ніж ви можете собі уявити). Його екологічною альтернативою є автономна сонячна електростанція.

Зростання потреб в енергоресурсах і ріст цін на органічне паливо в поєднанні зі станом електричних мереж і обладнання, а також негативний вплив традиційних енергетичних об'єктів на навколишнє середовище викликає необхідність в пошуках альтернативних джерел енергії.

Нині впровадження альтернативних джерел енергії, автономних і децентралізованих, в багатьох країнах вигідніше, як з економічної, так і з екологічної точки зору. Викопне паливо стає джерелом енергії вчорашнього дня, яке не може забезпечити стійкий розвиток людства в довгостроковій перспективі. Сьогодні в майбутнє сміливо заглядають інші форми енергії, одна з яких - ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ.

Сонячна фотоелектрична система - це сонячна електростанція, в якій використовується спосіб прямого перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну. Установка складається з набору сонячних

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Невідомий О.І.</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Беякова І.В.</i>					6	
<i>Консульт.</i>		<i>Беякова І.В.</i>				<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

модулів - панелей, що розміщуються на опорній конструкції або даху житлового будинку, акумуляторної батареї, регулятора заряду-розряду акумулятора, і інвертора, на випадок, коли необхідно мати напругу змінного струму. Поряд із електричною, із енергії сонця можна отримувати і теплову. Поєднання у одному пристрої перетворювача сонячної енергії на електричну та теплову є актуальним, так як дозволить підвищити ефективність використання площі.

Предмет дослідження: енергоустановки, засновані на комплексному використанні сонячної та теплової енергії.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення сонячної та теплової енергії в електричну і теплову та методи і технічні засоби підвищення енергоефективності даного перетворення.

Мета і завдання дослідження: моделювання та дослідження енергоефективності автономних сонячних теплоелектростанцій.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- 1) визначено фактори, які впливають на ефективність роботи сонячних колекторів;
- 2) запропонована методика розрахунку PV/T колекторів;
- 3) проведено моделювання енергоефективності PV/T колектора;
- 4) розраховано економічну ефективність PV/T колектора;
- 5) представлена фізична модель гібридної PV/T сонячної панелі.

Методи та способи вирішення поставлених завдань. В даній магістерській роботі для вирішення поставлених завдань застосовувались методи математичного моделювання, аналізу та порівняння.

Наукова новизна проведеного дослідження:

1. Встановлено вплив коефіцієнта поглинання та випромінювання на оптичну ефективність колектора та втрати тепла;

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. Запропоновано методику розрахунку енергетичних показників PV/Т колектора на основі енергетичний балансу, який враховує, всю енергію яка входить і виходить із колектора.

3. На основі отриманого рівняння балансу енергії PV/Т колектора виявлено характер залежності його теплової ефективності від ККД фотовольтаїчного.

Практичне значення одержаних результатів. Результати виконаного дослідження призначені для використання при проектуванні установок для тепlopостачання споживачів. PV/Т колектор буде працювати краще при роботі із низькими температурами на вході теплоносія, завдяки цій властивості PV/Т колектор можна використати в якості підігрівачого колектора який з'єднаний послідовно з іншим колектором.

Апробація роботи.

Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній студентській науково-технічній конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2019 року. ТНТУ, 2019 р.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 6 частин, висновків та переліку посилань. Об'єм роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 98 арк. формату А4, графічна частина – аркушів презентації.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Сонячні енергетичні установки

Сонячна енергія досить універсальна з точки зору можливостей її використання людиною для своїх потреб. Вона може бути відносно легко перетворена в теплову, механічну і електричну енергію, а також використана в хімічних і біологічних процесах. СЕУ працюють в системах опалення та охолодження житлових, громадських і промислових будівель, в технологічних процесах, що протікають при будь-яких температурах (від дуже низьких до ультрависоких). Самі технологічні процеси перетворення і використання СІ за своєю технологічною складністю можуть бути дуже різними [1]. Самі СЕУ можуть бути за своїми габаритами також різними: від мікромініатюрних джерел живлення мікрокалькуляторів і наручних годинників до величезних технічних конструкцій в баштових СЕС висотою 100 м і вагою в сотні тонн.

Залежно від технологічних схем СЕУ можуть істотно відрізнятися один від одного - від найпростіших нагрівальних плоских поверхонь до найскладніших систем управління для стеження за Сонцем з метою отримання максимального приходу сонячного випромінювання на приймач [2].

СЕУ використовуються в процесах сушіння різних матеріалів і сільгосппродуктів, для отримання гарячої води, для опріснення морської води, для отримання прісної води тощо. Сонячне випромінювання є необхідною умовою для реалізації процесів фотосинтезу, розвитку і росту рослин, завдяки сонячному випромінюванню відбуваються на Землі різні фотохімічні процеси.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 1					
<i>Розробив</i>	<i>Невідомий О.І.</i>							<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Белякова І.В.</i>								9	
<i>Консульт.</i>	<i>Белякова І.В.</i>							<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Коваль В.П.</i>									
<i>Зав каф.</i>	<i>Тарасенко М.Г.</i>									

Існує безліч різних технологічних схем перетворення сонячного випромінювання в електричну на основі широко відомих в техніці теплових циклів (наприклад, цикли Ренкіна або Карно), теплоелектричних і термоемісійних процесів [3]. В останні роки найбільш інтенсивно розвивається у всьому світі сонячні фотоелектричні установки (СФЕУ), що базуються на величезних успіхах світової техніки в галузі створення вискоелективних фотоелектричних перетворювачів. При проектуванні енергоефективного будинку, використання сонячних батарей та колекторів є обов'язкове [4], оскільки дозволяє забезпечити помешкання як електроенергією так і гарячою водою.

1.2. СЕС, що використовують пряме перетворення сонячної енергії в електричну

1.2.1. Термоелектричний метод

В основу роботи термоелектронного (термоіонного) генератора або ТЕГ покладено фізичний ефект, виявлений в 1883 р Едісоном і названий ім термоелектронної або термоіонної емісії.

Нехай поруч один з одним перебувають два металевих елемента, один з яких називається катодом, а інший - анодом. При прямому нагріванні катода, наприклад за рахунок сонячного випромінювання, до значно високої температури (5000-25000 К) частина електронів катода отримує енергію, при якій вони можуть покинути поверхню катода і потрапити на близько розташовану металеву поверхню - анод (тобто емітувати катод) при умови, що обидва зазначених електрода з'єднані зовнішньої струмопровідним колом. Якщо останнього не буде, то зростання надлишкового відємного заряду електронів на поверхні анода буде перешкоджати руху до нього емітованих електронів. Поєднавши анод і катод в ПЕК струмопровідним колом з корисним навантаженням можна змусити робити на навантаженні ту чи іншу

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

роботу за рахунок проходження через неї електричного струму.

ККД такої СЕУ сьогодні не перевищує 10-15 % з наступних причин. Для нормальної роботи ТЕГ потрібно значні температури нагріву катода. При цьому, природно, виникають неминучі теплові втрати, з одного боку. З іншого боку, нагріватися буде і анод, який також почне емітувати електрони, тим самим зменшуючи електричний струм у зовнішній кола на навантаженні. Для уникнення цього потрібні значні витрати енергії ТЕГ на його охолодження.

В основу принципу дії ТЕГ належить фізичне явище, що відкрив учений Вольта в XVIII столітті. Його суть це - виникненні контактної різниці потенціалів при контакті двох провідників із різною роботою виходу електронів.

Однією з фундаментальних робіт в цій галузі фізики, що поклала початок дослідженням в області термоелектрики, є стаття вченого Зеєбека «До питання про магнітної поляризації деяких металів і руд, що виникає в умовах різниці температур», опублікованій в «доповідях Пруської академії» наук» в 1822

Суть фізичного явища, що спостерігалось Зеєбеком в процесі його дослідів і увійшов далі в фізику під терміном "ефект Зеєбека" полягала в наступному. Якщо взяти два спаї з двох різнорідних металевих матеріалів і забезпечити їм різний температурний режим і з'єднати між собою ці спаї струмопровідним колом, то магнітна стрілка буде повертатися на деякий кут, пропорційний електричному струму, який виникає в такому колі, тобто вести себе так, як в присутності деякого магнітного поля.

Зазначені вище спаї в ТЕГ зазвичай прийнято з'єднувати послідовно через малу величину різниці потенціалів на кожному парі провідників на одиницю різниці температур. Зазвичай зазначена реальна різниця температур в 500 °K забезпечує в ТЕГ вихідну напругу не більше 0,2 В.

У ТЕГ внутрішні незворотні втрати пов'язані головним чином з

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

перетіканням тепла від додатної 3 до від'ємної 4 гілки від гарячих 1 (рис. 1.1, а) до холодних 5 спаїв (спаї, виконані зазвичай з міді, відокремлюють від гілок антидифузійними шарами 2. Незворотні втрати тим нижче, чим вище добротність використовуваних матеріалів. Проте теорія і багаторічна практика показали, що величина добротності близько $3 \cdot 10^{-3}$ 1/град є, мабуть, її граничним значенням [5].

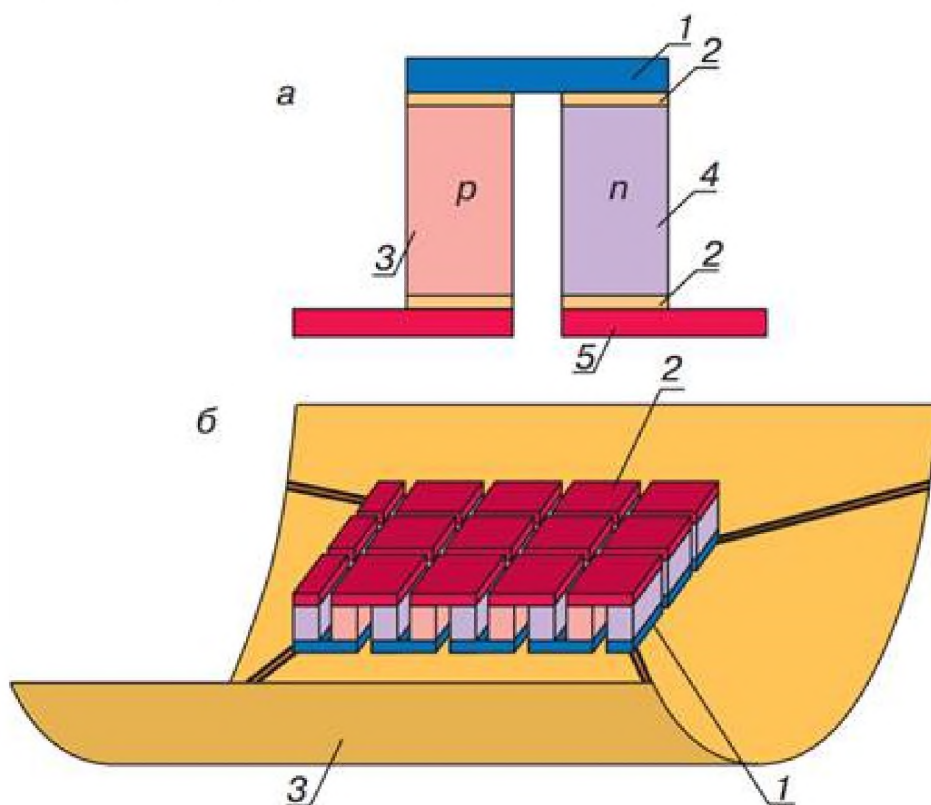


Рис. 1.1. Схема термоелектричного перетворювача:
а – окремий термоелемент; б – термоелектричний модуль на концентраторі

Поєднуючи між собою окремі термоелементи, можна створити досить потужні термобатареї, одна з яких показана на рис. 1.1, б). Батарея розміщена в фокальній площині концентратора 3; її гарячі спаї 1 безпосередньо обігріваються сонячної концентрованої радіацією, а відведення тепла від холодних спаїв 2 здійснюється випромінюванням.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.2.2. Фотоелектричний метод перетворення енергії

У СФЕУ використовується явище фотоелектру, що полягає в можливості прямого перетворення сонячного випромінювання (СВ) в електроенергію в деяких матеріалах, які називаються напівпровідниками, відкритими в 1887 р Герцем і детально дослідженими в 1888 р Столетова.

Суть фотоелектру полягає в тому, що фотони світла, як основа СВ, можуть вибивати електрони або з поверхні тіл (зовнішній фотоелектр) або тільки з кристалічної решітки всередині напівпровідника (внутрішній фотоелектр), а також у виникненні під дією СВ, що падає на границю пари метал-напівпровідник деякої ЕРС, що викликає появу або зміну струму в зовнішньому колі, що з'єднує зазначену пару (фотоелектр замикаючого шару або вентильний фотоелектр).

У СЕ під дією падаючого СВ відбувається просторовий перерозподіл зарядів і виникає ЕРС. Сьогодні переважна більшість СЕ є кремнієві напівпровідникові діоди вперше створені в 1954 р

Принципова схема і пристрій СЕ показано на рис.1.2.

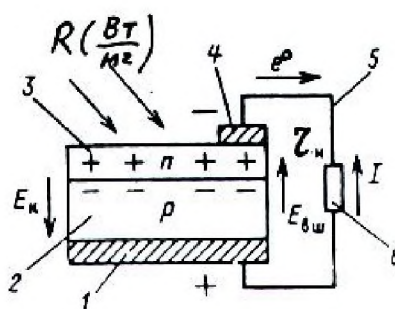


Рис. 1.2. Принципова схема фотоелемента

Металевий електрод 1 наноситься на тильну сторону кристалічної кремнієвої основи. Ця основа легована шляхом дифузії або іонного бомбардування в своїй нижній частині домішковими (акцепторними) атомами бору або алюмінію, а у верхній, більш тонкій частині - донорними

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

атомами фосфору або миш'яку. В результаті цього легування утворюється шар 2-напівпровідників р - типу з основними носіями зарядів додатного типу або дірками, а також тонкий шар 3-напівпровідник n-типу з основними носіями зарядів від'ємного знаку або вільними електронами. На лицьову сторону кристала-кремнію наноситься лицьовий контакт або електрод 4. До електродів 1 і 4 припаюється провідники 5, що утворюють зовнішнє коло з навантаженням або іншими СЕ. СЕ об'єднують у сонячні модулі та батареї (рис. 1.3) [7].

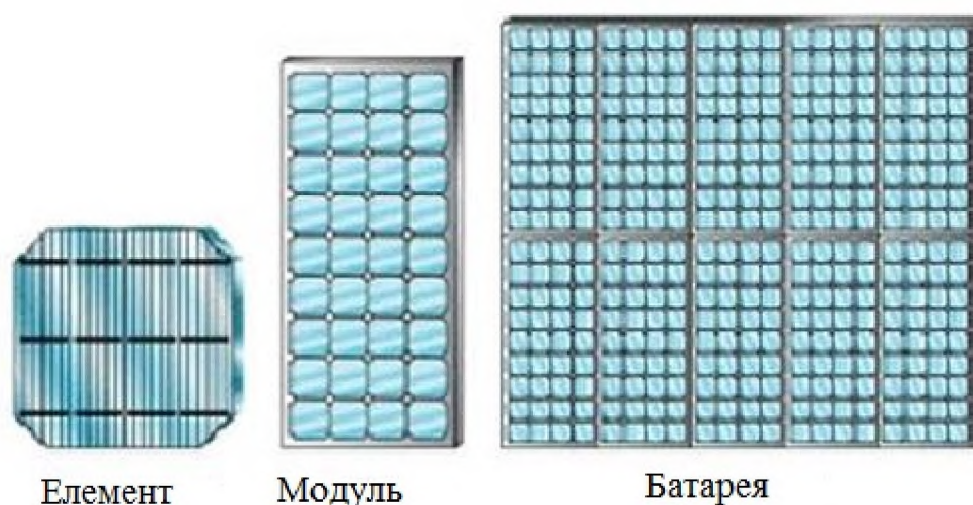


Рис. 1.3. Сонячні батареї

1.3. Сонячні теплові електростанції

Головним елементом будь-якої теплової сонячної електростанції є сонячний колектор. Сонячний колектор – пристрій для збору теплової енергії Сонця (геліоустановка), яку переносять видимим світлом і ближнім інфрачервоним випромінюванням.

В залежності від будови та принципу дії всі теплові сонячні електростанції (або ж електростанції на основі термодинамічних циклів) поділяють на:

- СЕС баштового типу;
- СЕС, що використовують параболоциліндричні концентратори;

						ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

- СЕС тарілкового типу (що використовують параболічні концентратори);
- аеростатні сонячні електростанції;
- комбіновані СЕС.

На відміну від сонячних батарей, які виробляють безпосередньо електрику, сонячний колектор здійснює нагрів матеріалу-теплоносія. Для високотемпературних установок чи «сонячних печей» підвищення густини випромінювання на приймачі призводить до нагрівання до 3 000 °С і вище, що дозволяє проводити синтез всіх тугоплавких матеріалів. Для сонячних електростанцій з тепловими циклами перетворення енергії концентратори дозволяють створити температуру, необхідну для отримання пару з визначеними параметрами. В принципі, в якості теплоносія в колекторі може використовуватись, окрім води водянопарової суміші, повітря або інший агент із високою температурою кипіння.

Розглянемо детальніше будову та принцип дії теплових СЕС кожного типу [8].

1.3.1. СЕС баштового типу

Ідея, закладена в основу технологічного циклу баштовій СЕС (БСЕС) була запропонована більш 370 років тому. Практичну реалізація БСЕС розпочато в 1965 р, і в 80-ті роки ХХ століття цей тип СЕСУ отримав найбільший розвиток у світі через його значні переваг перед іншими типами СЕСУ (див. табл. 1.1) В основі БСЕС лежить широко відомий термодинамічний цикл ТЕС (рис. 1.4), де замість парового котла, що нагрівається за рахунок спалювання органічного палива (газ, нафта, вугілля, торф і т.д.) використовується аналогічний котел з різними рідкими або пароподібними теплоносіями, що нагріваються за рахунок тепла СЕ.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

БСЕС побудовані вкінці ХХ ст.

БСЕС	Місце розміщення	Країна	Запуск в експлуатацію (рік)	Електрична потужність (МВт)	Теплоносій
SSPS	Алькерія	Іспанія	1981	0,5	Рідкий натрій
EURELIOS	Сицилія	Італія	1981	1,0	водяна пара
SUNSHINE	НіоТовн	Японія	1981	1,0	–
CESA-1	Алькерія	Іспанія	1983	1,0	–
THEMIS	Targasonne	Франція	1982	2-2,5	розплав солей
SolarOne	Барстоу	США	1982	10	водяна пара
SolarTwo	–	–	1999	10	рідкий натрій
CEC-5	Крим	УРСР	1986	5,0	водяна пара

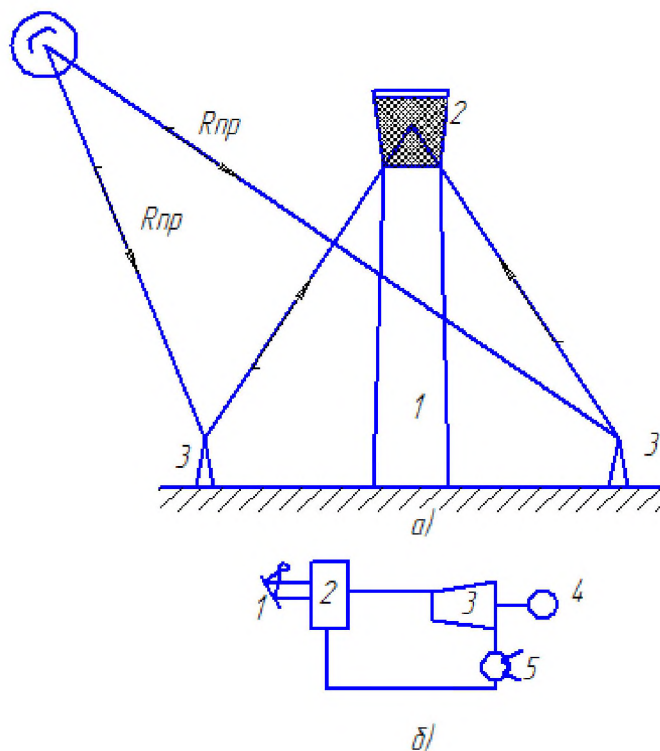


Рис. 1.4. а) Основні споруди БСЕС:

1 – башта; 2 – котел-теплоприймач СЕ; 3 – геліостати,

б) Принципова схема перетворення СЕ в електричну:

1 – геліостати; 2 – котел; 3 – турбіна; 4 – генератор; 5 – конденсатор

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Приймач СЕ (котел) розміщується високо над Землею на вежі (звідси і назва СЕУ – баштові), на який концентрується СЕ з допомогою безлічі автоматично керованих дзеркальних відбивачів (геліостатів). Іншими словами реалізується дуже старовинна ідея Архімеда, жителя Сіракуз, за допомогою якої був спалений ворожий флот в порту цього ж міста. СЕ концентрується на теплопоглинаючій поверхні котла, де утворюється пара – теплоносій, який далі надходить безпосередньо в парову турбіну або в теплообмінники. На одному валу з паровою турбіною розміщується ротор генератора, що виробляє електричний струм заданої напруги і частоти [9].

Потужність БСЕС багато в чому визначається висотою вежі з котлом-приймачем, де збирається сонячна енергія від численних геліостатів. У цьому випадку висока вежа виключає ефект взаємного затінення геліостатів. Для потужності БСЕС в 50÷100 МВт потрібно вежа висотою 200÷300 м з використовуваною площею полем геліостатів в 2÷3 км² (близько 15÷25 тисяч) [10].

Для БСЕС потужністю 150÷200 МВт потрібно вежа висотою 350÷400 м, що утруднено реалізувати на практиці. У зв'язку з цим реальна потужність побудованих БСЕС обмежена 5,0 ÷ 10,0 МВт з висотою вежі 70÷100 м [7].



Рис. 1.5. СЕС баштового типу

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для БСЕС характерні великі витрати земельної площі для установки численних геліостатів, які потребують індивідуальної АСУ для кожного з них у часі для можливості постійної концентрації відбитого від геліостата сонячного проміння на котел на вежі. На острові Сицилія (Італія) з 1981 р працює БСЕС EURELIOS потужністю 1 МВт з вежею в 50 м. У теплоприймачі виробляється водяна пара з температурою 600 °С, яка безпосередньо використовується в традиційній паровій турбіні. Також з 1981 р в Алькерії на півдні Іспанії працює БСЕС потужністю 0,5 МВт, де первинним теплоносієм в вежі є рідкий натрій, який через теплообмінник передає своє тепло водяній парі і далі традиційній паровій турбіні. Натрієвий теплоносій одночасно тут є й акумулятором тепла в часі. З урахуванням циклічного і випадкового характеру сонячного випромінювання подібні СЕС можуть бути тільки джерелом дублюючої потужності в енергосистемі і призначаються для економії дефіцитного органічного палива. Для підвищення ефективності роботи подібних СЕС в їх технологічну схему можуть включатися різні накопичувачі енергії, за допомогою яких можна перерозподіляти в часі сонячну енергію, що надходить тільки в світлий час доби. Для ілюстрації сказаного на рис.1.6 а) і б) представлені дві найбільші БСЕС з акумуляторами теплоти [10].

У схемі рис.1.6 а) акумулятор тепла прямо послідовно включений в загальний технологічний ланцюжок перетворення сонячного випромінювання в БСЕС. У схемі ж рис.1.6 б) у тепловий акумулятор відводиться тільки частина нагрітого у вежі СЕС робочого тіла.

У 1985 р. на Керченському півострові в селищі Щолкіно Кримської області колишньої УРСР була введена в експлуатацію перша дослідна БСЕС «СЕС-5» електричною потужністю 5 МВт (рис. 1.7, 1.8). Сонячна енергія концентрувалася на центральний приймач у вигляді відкритого циліндра на вежі висотою 89 м який слугував парогенератором. Поверхня нагріву котла –

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

154 м², що дозволяло виробляти 28 т на годину насиченої пари з тиском 4 МПа і $t=250$ °С. Щільність теплового потоку сонячного випромінювання – 130 кВт/м², реалізованого за допомогою 1600 плоских дзеркальних квадратних геліостатів площею 25,5 м² кожен, які мають коефіцієнт відбиття 0,71.

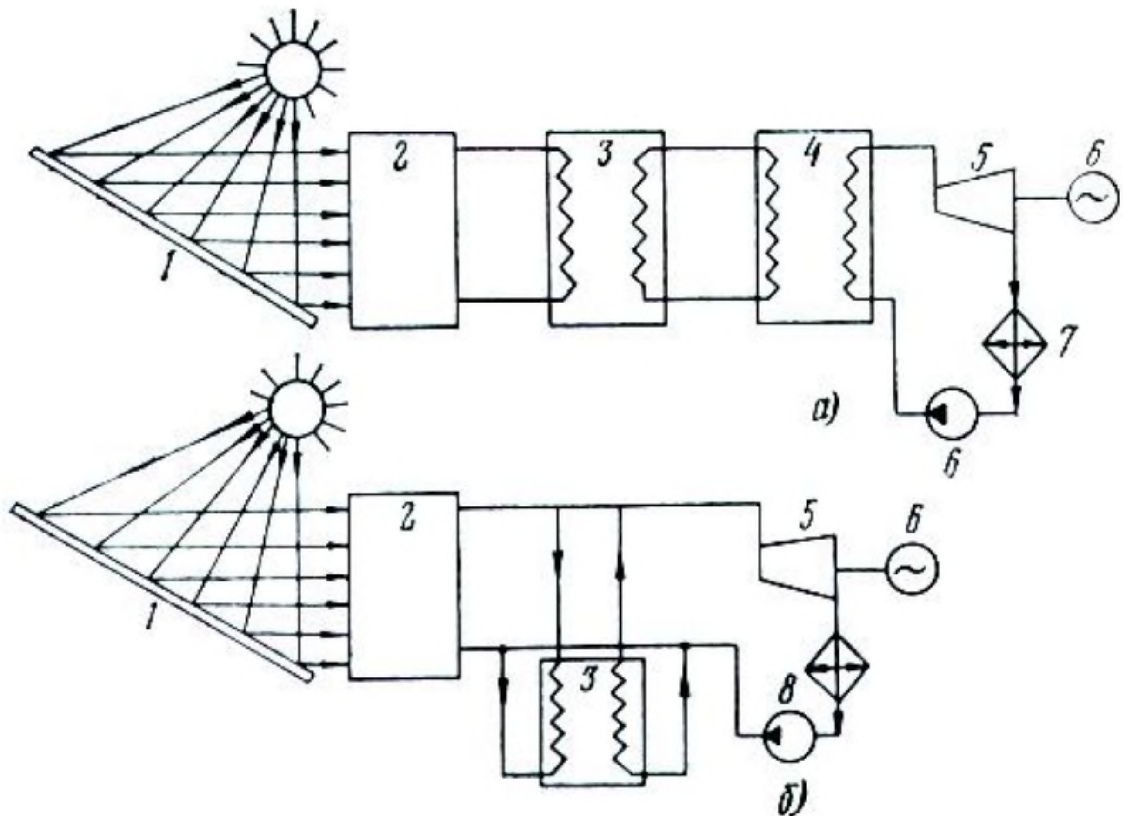


Рис. 1.6. Спрощена технологічна схема баштової сонячної електростанції з акумулятором:

1 – геліостати, 2 – приймач (котел), 3 – тепловий акумулятор, 4 – теплообмінник, 5 – парова турбіна, 6 – генератор, 7 – конденсатор, 8 – насос

Планове число годин роботи цієї БСЕС – 1920 год/рік. Відношення загальної площі геліостатів до поверхні котла склало 211. Через деякий час на СЕС-5 було встановлено пароводяний акумулятор (ПВА) тепла ємністю 500 м³. В середині 90 років цей проект припинив свою роботу [10].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

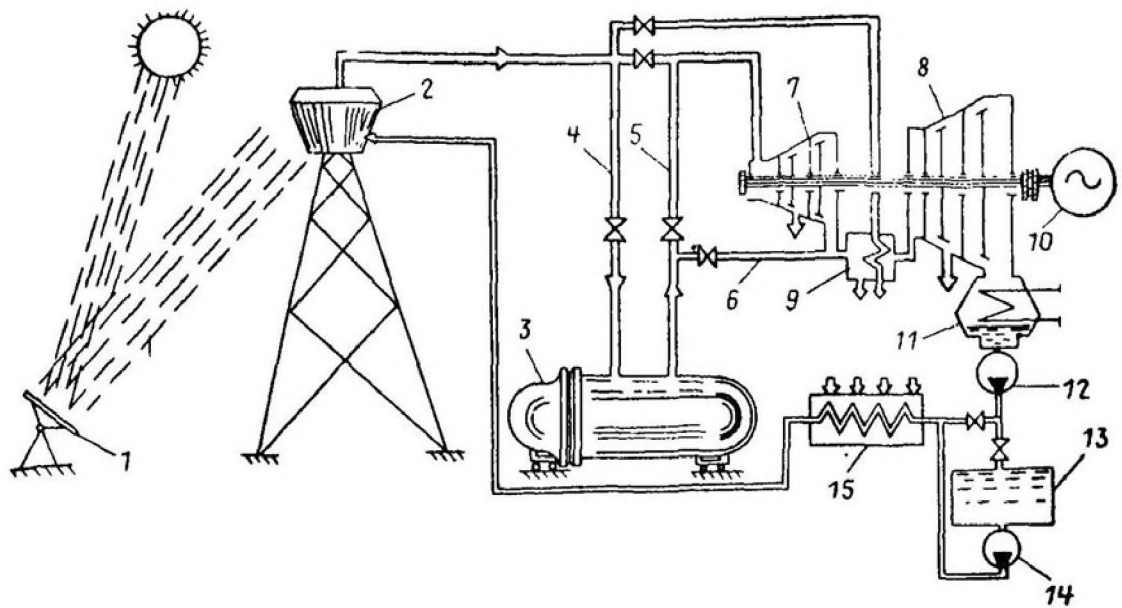


Рис. 1.7. Принципова схема станції СЕС-5 з ПВА:

1 – геліостати; 2 – сонячний парогенератор; 3 – ПВА; 4 – зарядний паропровід; 5,6 – розрядні паропроводи; 7,8 – частини високого і низького тиску парової турбіни; 9 – пароперегрівач; 10 – електрогенератор; 11 – конденсатор; 12 – насос основного конденсату; 13 – бак холодного конденсату; 14 – конденсатний насос; 15 – система регенеративного підігріву та деаерації живильної води.



Рис. 1.8. СЕС-5 під час будівництва

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

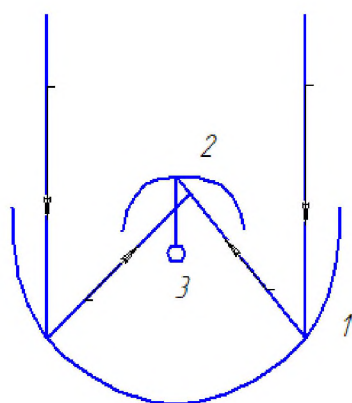
Арк.

20

1.3.2. СЕС на параболо-циліндричних концентраторах

Сонячні параболоциліндричні концентратори – СЕС, які використовують параболічні дзеркала (лотки або ж «корита»). Специфіка геометрії дзеркала не дозволяє фокусувати сонячні промені на видалених точкових об'єктах, таких як приймач випромінювання, розташований на вежі, тому приймач обов'язково повинен бути протяжним об'єктом – циліндром (трубкою) (рис. 1.9).

На рис. 1.9 а) представлені так звані параболічні або параболоциліндричні концентратори сонячного випромінювання, які сьогодні досить широко використовуються в світі для отримання високих температур застосовуваного робочого тіла (наприклад, рідкий кремній з температурою не більше 400 °С). У таких концентраторах випромінювання відбивається від параболічного концентратора 1 і потрапляє на циліндричний концентратор 2, а від нього – на поглинач тепла з робочим тілом – 3. Великою перевагою подібних концентраторів є відносно малі значення відношення площі відбивача до площі приймача сонячного випромінювання (не більше 4-6).



а)



б)

Рис. 1.9. Параболоциліндричний концентратор СЕС

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

21

У той же час для БСЕС ця відповідність знаходиться в межах сотень і навіть тисяч одиниць, що означає потребу в набагато більших площах Землі для отримання потрібних потужностей. Параболоциліндричні дзеркала виготовляють довжиною до 50 метрів. Дзеркала орієнтують по осі північ-південь, і розташовують рядами через кілька метрів [10].

У 1913 році Франк Шуман побудував в Єгипті водоперекачуючу станцію з параболоциліндричних концентраторів. Станція складалася з п'яти концентраторів кожен 62 метри в довжину. Відображаючі поверхні були виготовлені зі звичайних дзеркал. Станція виробляла водяну пару, за допомогою якої перекачувала близько 22 500 літрів води за хвилину [5].

В 1984 р. вступила в дію перша сонячна теплова електростанція поблизу каліфорнійського містечка Крамер Джанкшен, що знаходиться в пустелі Мохаве, рис. 1.10 та 1.11). Станція отримала невиразну назву Solar Energy Generating System, або скорочено SEGS, що перекладається просто як «сонячна електростанція». Оптична потужність дзеркал станції SEGS становить від 70 до 90 сонць. У фокусі кожного дзеркала проходить труба, а по трубі тече рідина, спеціальне синтетичне масло. Так, пройшовши десятки дзеркал-корит, масло нагрівається до 370-400 °С, а потім надходить у радіатор-теплообмінник, де перетворює воду на гарячу пару, який потім подається під тиском у 20 атмосфер на турбіну, розкручує генератор, щоб виробляти електрику.



Рис. 1.10. SolarEnergyGeneratingSystem в Мохаве

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

22



Рис. 1.11. SolarEnergyGeneratingSystem в Мохаве

Перша черга станції запрацювала в 1984 р., а в 1986 р. почалася її промислова експлуатація. Зараз у КрамерДжанкшен функціонують 5 енергоблоків потужністю по 35 МВт кожен. Ще два енергоблоки по 90 МВт знаходяться в декількох кілометрах на північний схід, на висохлому озері Айвенпа. Всього на станції понад 12 000 дзеркальних корит та понад 900 тисяч індивідуальних замінних дзеркальних панелей. У пустелі часто буває сильний вітер, і дзеркала забруднюються і псуються, так що 3 000 панелей доводиться замінювати щорічно - в середньому 8 на день.

А от для мийки дзеркал побудована спеціальна мийна машина. Загальна площа «сонячних полів» станції становить 6,4 км², а загальна довжина дзеркальних «рядів» більше 350 км. У пустелі Мохаве в середньому тільки 25 похмурих днів у році, і в похмуру погоду станція перемикається на природний газ.

Нещодавно увійшла в роботу станція такого ж типу в Неваді, неподалік від м. Боулдер. Станція генерує до 75 МВт електроенергії. Персонал станції – 28 осіб.

Максимальна за потужністю СЕС подібного типу (190 МВт) побудована в США в Каліфорнії підприємством Luis-Ingenering. Робоче тіло тут рідкий кремній з $t=400$ °С. Другий пароводяний контур – насичена пара, нагрітий до 540 °С. Подібними СЕС займаються сьогодні Індія, Ізраїль, Саудівська

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Аравія та інші.

СЕС на основі параболоциліндричних концентраторів отримали сьогодні достатнє поширення у світі. У серпні 2010 року фахівці NREL випробували установку компанії SkyFuel. Під час випробувань була продемонстрована термальна ефективність параболоциліндричних концентраторів 73 % при температурі нагріву теплоносія 350 °С [10].

1.3.3. СЕС із використанням оптичних лінз

На рис. 1.12 а). представлена розрахункова схема концентрації сонячного випромінювання з допомогою простої прозорої двоопуклої лінзи площею F_1 . За допомогою цієї лінзи потік променів з площі F_1 концентрується на приймачі сонячного випромінювання площею $F_2 < F_1$. У цьому випадку коефіцієнт концентрації сонячного випромінювання або K_k буде дорівнює:

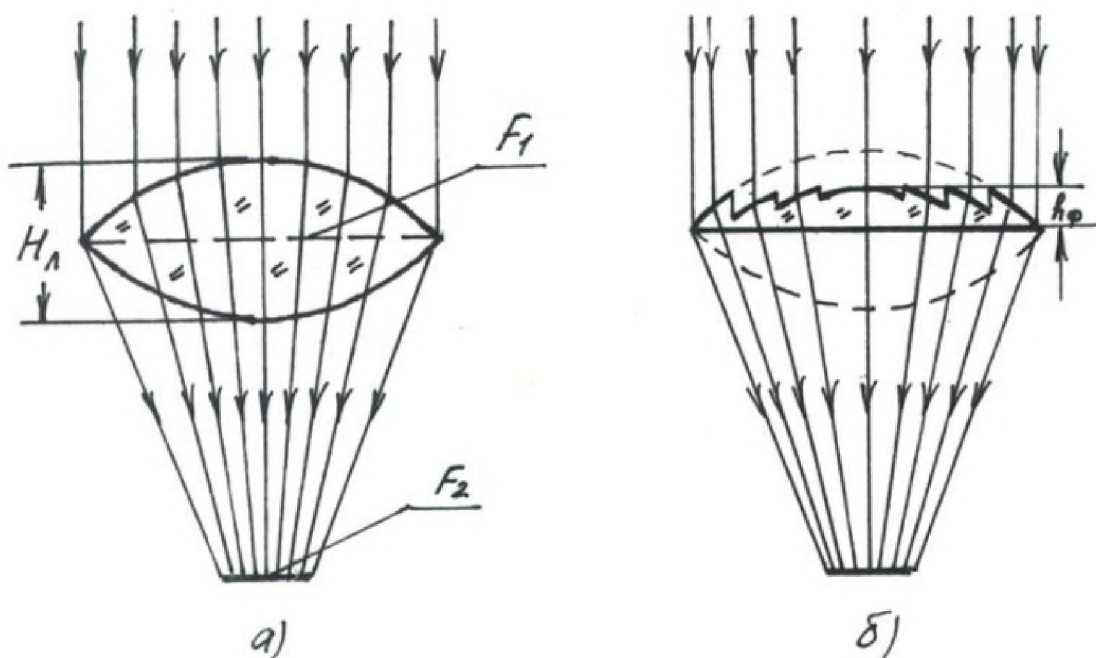


Рис. 1.12. Зображення а) простої двоопуклої лінзи та б) лінзи Френеля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$K_k = F_2/F_1.$$

Для круглих лінз площею F_1 і круглих приймачів площею F_2 коефіцієнт K_k буде дорівнює відношенню квадратів радіусів, тобто

$$K_k = (r_1/r_2)^2$$

Для отримання більших значень K_k потрібні лінзи значної товщини, що технологічно важко піддається реалізації на практиці при їх масовому використанні. Цю проблему сьогодні успішно вирішують так звані плоскі лінзи Френеля (див. рис. 1.12 б), які представляють собою набір концентричних поверхонь, кожна з яких паралельна аналогічній поверхні товстої простий лінзи, при істотно меншій товщині. При цьому матеріалом лінз Френеля з успіхом можуть служити легкі полімерні дешеві матеріали.

Лінзи Френеля використовуються для концентрації сонячного випромінювання на поверхні фотоелектричного елемента або на трубці з теплоносієм. Застосовуються як кільцеві, так і поясні лінзи. В англійській мові вживається термін LFR – linearFresnelreflector [10].

1.4. Висновки до розділу

1. Сонячні електростанції використовують для отримання електроенергії за допомогою вловлювання сонячних променів. Це екологічно чистий спосіб отримання електричної та теплової енергії, при цьому не завдаючи шкоди навколишньому середовищу. Сьогодні сонячні електростанції будують там, де інші джерела електроенергії відсутні, але їх відсутність економічно компенсуються достатком сонячного випромінювання.

2. Серед проблем використання сонячних фотоелементів – їх вартість та утилізація. Проблема вартості поступово вирішується – ціни на

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

фотоелементи знижуються приблизно на 4 % в рік. З утилізацією проблемніше, так як сонячні елементи містять отруйні речовини (свинець, галій, кадмій і миш'як) і виробництво їх споживає ще більше шкідливих речовин. Через недовгий термін служби, поставити виробництво сонячних батарей на потік неможливо, оскільки поки що немає прийняттого, з екологічної точки зору, способу їх утилізації.

3. Використання системи охолодження сонячних батарей збільшить їх ефективність, оскільки температура буде менша. Разом з тим отримане тепло можна використовувати для потреб гарячого водопостачання.

4. На основі аналізу існуючих досліджень, встановлено, що на даний час не встановлено енергоефективність використання вторинної теплової енергії на фото-вольтаїчних електростанціях.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Початкові умови для дослідження

Наданий час ще не до кінця встановлено, чи будь-який PV/T колектор ефективніший, за окремий модуль PV чи сонячний колектор. Це залежить від наступних питань на які потрібно дати відповіді:

- чи є важливим габарити, або коли загальна площа колектора несуттєва?
- чи потребує постійного навантаження процес виробництва теплової та електричної енергії?
- чи стане установка конструктивно простішою, ніж в двох окремих системах?
- чи буде збільшено витрати на виробництво за рахунок складнішої конструкції?

Для того, щоб описати характеристики PV/T традиційними системами рівнянь для сонячних теплових колекторів потрібно враховувати, що: єдина різниця PV / T колектора в тому, що додатково зібрана енергія є теплом.

2.2. Продуктивність з точки зору енергії та ексергії

В програмі Microsoft Excel виконано моделювання процесів для двох згаданих PV/T типів колекторів. Були досліджені такі варіанти, а саме:

- а) стандартний модуль PV з ідеальною задньою поверхнею охолодження, фотоелектричні елементи грають роль поглинача;
- б) таке ж як і а), але з товстим (15 мм) акриловим захисним склом;

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 2	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Невідомий О.І.</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Белякова І.В.</i>					27	
<i>Консульт.</i>		<i>Белякова І.В.</i>				<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

в) таке ж як і б), але з теплоізоляційним шаром між склом і фотоелектричними елементами.

Результати розраховані в стандартних умовах які, використовуються для розрахунку характеристик теплових колекторів, а саме поступлення сонячної енергії $G=800\text{Вт/м}^2$, швидкість вітру $v=5\text{ м/с}$, і температура оточуючого середовища $t_{\text{н}}=293\text{К}$ [11].

Коли оцінюються різні типи PV/T колекторів, виникає принципове питання – яку частину складає електрична енергія в порівнянні з тепловою, яку генерують колектори? Споживання електроенергії і тепла в значній мірі будуть мати певне значення, і навіть якщо ці показники були використані але в результаті не будуть загальнообов'язкові. Тому ми обрали дві ключові системи для кожного з колекторів:

Перша: загальний вихід енергії на рік для датського еталонного року (TRY). Розрахунки проводяться відповідно до першого закону термодинаміки, відомим як енергоефективність.

Друга: загальна ексергія на рік, це частина енергії, яку теоретично можна буде перетворити в ідеальному процесі Карно. Розрахунки проводяться відповідно за другим закон термодинаміки, який відомий як ефективність ексергії.

Енергоефективність розраховується як:

$$\eta_{\text{тепл}} = \frac{W_{\text{тепл}}}{G}; \quad (2.1)$$

$$\eta_{\text{ел}} = \frac{W_{\text{ел}}}{G}; \quad (2.2)$$

$$\eta_{\text{загл}} = \frac{W_{\text{тепл}} + W_{\text{ел}}}{G}; \quad (2.3)$$

У той час як ефективність ексергії розраховується як:

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$\Sigma_{менн} = \frac{W_{менн} \left[1 - 293K / (293K + (\Delta t - t_{II})) \right]}{G}; \quad (2.4)$$

$$\Sigma_{ел} = \eta_{ел} = \frac{W_{ел}}{G}; \quad (2.5)$$

$$\Sigma_{загл} = \frac{W_{менн} \left[1 - 293K / (293K + (\Delta t - t_{II})) \right]}{G} + \frac{W_{ел}}{G}; \quad (2.6)$$

де

$$W_{ел} = \eta_{с.е.} \cdot \left[1 - \beta_e \cdot (\Delta t - t_n) \right] \cdot G; \quad (2.7)$$

$$W_{менн} = \left[\eta_a - \alpha_\varepsilon \cdot \frac{(\Delta t - t_{II})}{G} \right] \cdot G; \quad (2.8)$$

Постійні та розрахункові змінні для використання у зазначених вище виразах можна знайти в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 і криві на рис.2.1 показують, що високий коефіцієнт втрати тепла через низький опір теплопередачі скла призводить до низької ефективності охолодження при температурі вище 20 °C над температурою навколишнього середовища.

Таблиця 2.1

Постійні і змінні що використовуються у виразах (2.1) – (2.8)

	Без скла	15мм акрилове скло безпосередньо на фотоелементі	15мм акрилове скло з теплоізоляційним шаром між склом і PV елементами
G	800 Вт/м ²	800 Вт/м ²	800 Вт/м ²
α_T	0,6101	0,6236	0,6100
α_ε	14,8192	8,3618	7,2165
\square	12,5 %	12,5 %	12,5 %
$\eta_{с.е.}$	0,005	0,005	0,005
Δt	293K	293K	293K

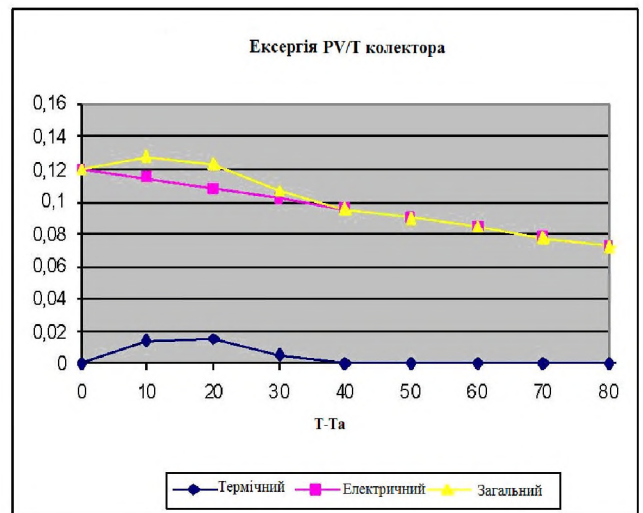
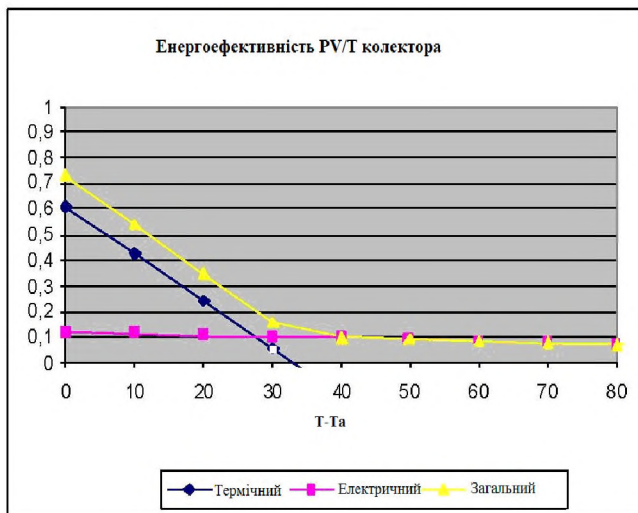


Рис.2.1. Ефективність PV / Т колектора без захисного скла

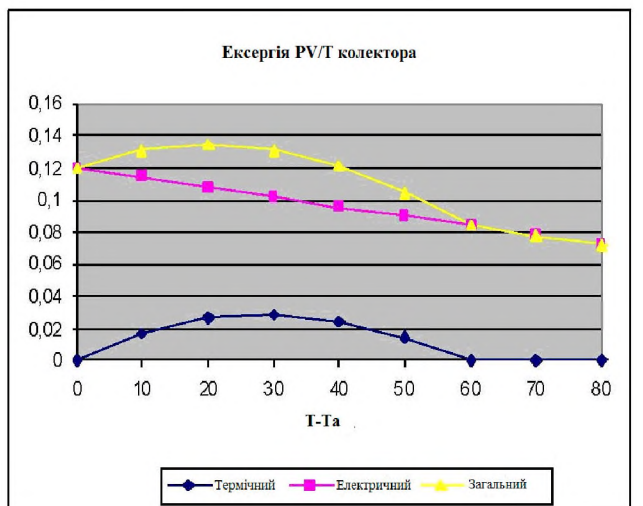
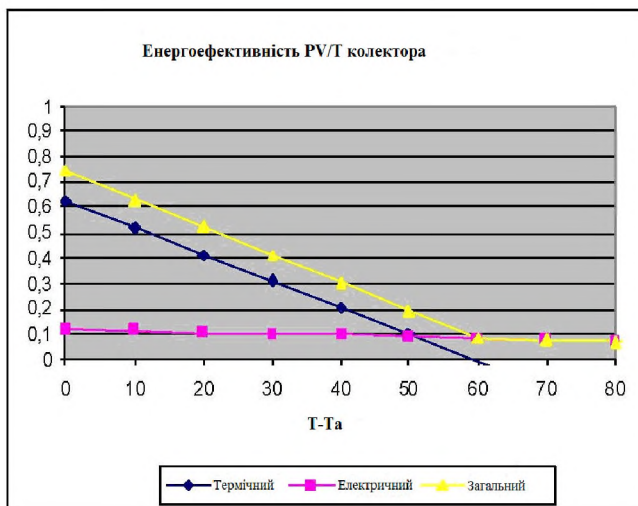


Рис.2.2. Ефективність PV / Т колектора з 15 мм акриловим склом

У другому випадку тепла ефективність підвищується для температур вище на 10 °C від температури навколишнього середовища. Електрична потужність майже та ж сама для двох, так як акрил має дуже хороші оптичні властивості тому його товщина не є важливим недоліком.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

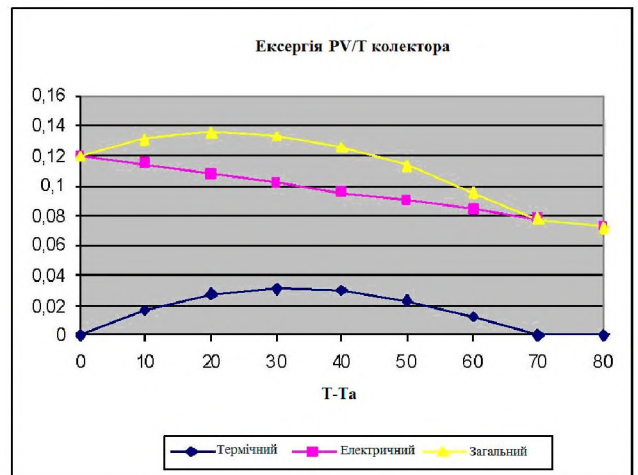
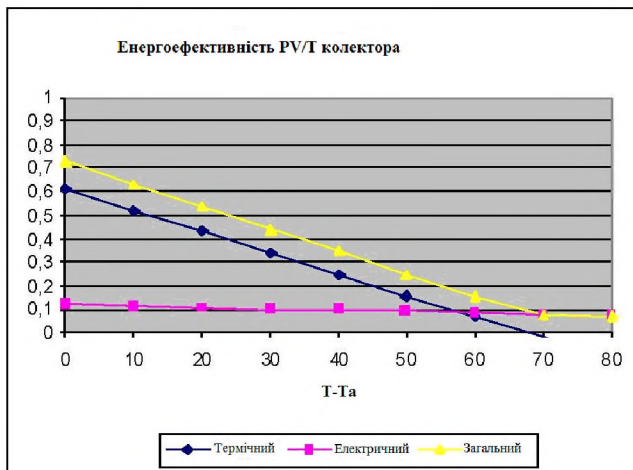


Рис. 2.3. Ефективність PV / Т колектора з 15 мм акриловим склом і теплоізоляційним шаром між склом і фотоелектричними елементами

Якщо ввести повітряний зазор між поглиначем тепла від фотоелектричними елементами і задньою стінкою, то теплова ефективність дещо покращиться, але не до рівня сучасних сонячних колекторів з селективним покриттям. Всі розрахунки були зроблені з ізоляції задньої стіни 30 мм мінеральною ватою і при ідеальній передачі тепла від сонячних батарей з колектора із робочим тілом (водою) [12].

2.3. Параметри колектора та його характеристики

Початкові розрахунки представлені в розділі 2.2., показали великий потенціал PV / Т колектора. Наступний крок полягає у виявленні найбільш перспективних варіантів виконання PV / Т колекторів відповідно до потреб застосування:

- водяні PV / Т колектори для гарячого водопостачання;
- повітряні PV / Т колектори для нагрівання повітря.

Детальні математичні моделі були створені для зазначених вище варіантів виконання PV / Т з використанням програми для моделювання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

продуктивності PV / водогрійних і PV / повітряно-опалювальних колекторів – TPNSYS.

Для того щоб визначити оптимальну конструкцію PV/Т колекторів були проведені декілька параметричних аналізів. Було враховано:

- коефіцієнт поглинання абсорбера (фотоелементів);
- якість теплового контакту між фотоелектричними елементами та абсорбером;
- кінцевий ККД;
- товщина теплоізоляції;
- температурний коефіцієнт опору фотоелектричних елементів;
- ефективність фотоелектричних елементів.

Результати цих аналізів представлені в розділі 2.4. Після вибору оптимальної методики розрахунку було визначено вплив цих параметрів на продуктивність системи (тобто крива ефективності) для двох основних типів колектора (селективний і неселективний поглинач).

Що стосується повітряних PV колекторів, то існує два різних припущення:

- фотоелементи діють як поглинач і повністю поглинають випромінювання, яке надходить на їх поверхню;
- або
- фотоелементи діють як поглинач і частково прозорі, для випромінювання, яке поступає на їх поверхню.

При аналізі падаючої енергії ми розглядаємо три найбільш важливі шляхи енергоспоживання від PV / Т:

- електрична енергія, яка генерується впродовж всього типового року;
- необхідність в тепловій енергії для опалення приміщень, яка генерується PV / Т колектор;
- наявність теплової енергії для нагрівання води, яка генерується PV / Т колектором – використовуючи повітряно-водяний теплообмінник.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Багатофакторний аналіз проведений завдяки використанню двох опорних конструкцій повітряного PV / T колектора. Перша конструкція припускає значну прозорість для сонячного спектру і друга прозорість до 80 %.

Перший крок у тому, щоб визначити швидкість потоку теплоносія, що призводить до максимальної річної ефективності для розрахунку PV / T варіанту конструкції. Після визначення оптимальної витрати повітря для конкретної системи, наступним кроком є визначення оптимальних конструктивних параметрів, що приведе до отримання максимальної вихідної енергії [13].

2.4. Моделювання енергоефективності PV / T продуктивності з TRNSYS

2.4.1. PV/T колектор для нагрівання води

Базова структура гібридного теплового та фотоелектричного колектора (PV/T) показана на рис. 2.4. PV елементи знаходяться в тепловому контакті з поглиначем. Частка сонячної енергії, що падає на поверхню колектора перетворюється в електроенергію в той час як решта сонячної енергії перетвориться в теплову енергію так само, як і для звичайного сонячного теплового колектора.

2.4.2. Теоретична модель PV / T колектора

Теплові характеристики колектора, як правило, описують корисні теплові потужності залежно від вхідного випромінювання і робочу температуру колектора відносно його середовища. Коли рівняння кривої ефективності, сонячного колектора відомо то, розробник системи має інструмент необхідний для обрахунку методик щоденного, сезонного або річного прогнозування обсягу виробництва енергії колектором в очікуваних

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

умовах використання системи. Аналітичний опис цієї ефективності, коротко наведено в наступному підрозділі [14].

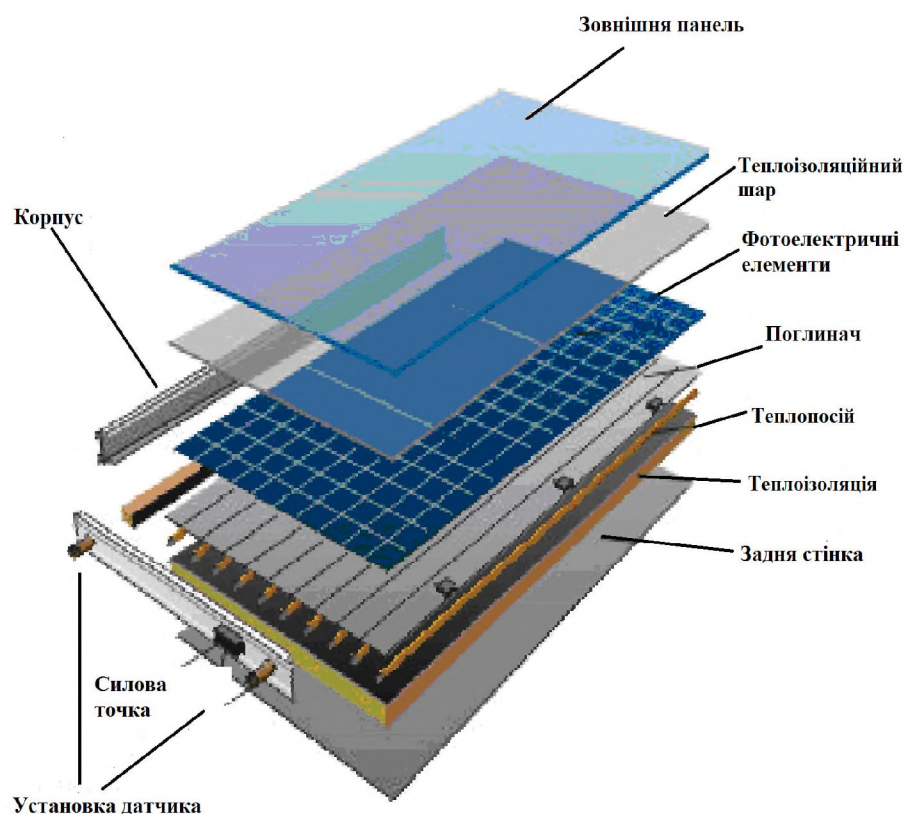


Рис. 2.4. Конструкція PV/T колектора для нагрівання води

2.4.2.1. Загальне характеристичне рівняння PV / T колектора

Для того щоб охарактеризувати продуктивність PV / T сонячного колектора належним чином, потрібно виконати енергетичний баланс, який враховує, всю енергію яка входить і виходить із колектора. Для типового застосування плоскою пластиною сонячного колектора з фотоелектричним елементом, як поглинач, цей баланс може бути виражений як:

$$q_k = q_c - (q_{em} + q_T) - q_E \quad (2.9)$$

де q_E – електрична енергія, яка генерується колектором;

q_T – енергії накопичена всередині колектора;

q_{em} – втрати енергії в колекторі;

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

q_c – сонячне випромінювання, яке поглинається колектором;

q_k – корисна енергія, яка поступає на колектор.

Термін q_c є функцією оптичних властивостей колектора, теплоізоляційного шару поглинача поверхні (PV - елемента). Величина $q_{от}$ залежить від якості теплоізоляції колектора від зовнішнього середовища. q_T є функцією маси і типу матеріалів колекторів.

2.4.2.2. Загальне рівняння теплосмності PV / T колектора

Для аналізу була використана модифікована багато-вузлова модель колектора. Вона має такі особливості:

– колектор моделюється з розподіленням потужностей в напрямку потоку;

– лінійна залежність коефіцієнта втрат тепла від швидкості навколишнього повітря, а також передбачено, різницю температур між колектором і атмосферою;

– використовується випадковість кута падіння променя і дифузного освітлення.

У цьому розділі коротко описані основні риси моделі.

Кожен вузол плоского колектора характеризується:

$$\frac{C_n dt_{\bar{\alpha}\alpha}}{dt} = A_n \eta [(\tau\alpha)_e G - \alpha_e (t_{\bar{\alpha}\alpha} - t_n)] - q_E - q_{\bar{\alpha}\alpha}; \quad (2.10)$$

де G є еквівалентом нормальної освітленості з урахуванням компонентів освітленості, помножене на відповідний кут падіння випромінювання:

$$G = \beta G_{II} + \gamma G_P + \varphi G_B; \quad (2.11)$$

α_e – коефіцієнт втрати тепла:

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ				

$$\alpha_{\varepsilon} = \alpha_0 + U_{\varepsilon} v + U_{\alpha} (t_{\bar{\alpha}a} - t_{\bar{\alpha}a-1}); \quad (2.12)$$

$q_{\bar{\alpha}a}$ – швидкість зміни енергії, накопиченої в баку-акумуляторі колектора:

$$q_{\bar{\alpha}a} = m_{\bar{\alpha}a} C_p (t_{\bar{\alpha}a} - t_{\bar{\alpha}a-1}); \quad (2.13)$$

$(\tau\alpha)_{\varepsilon}$ – сумарна ефективність пропускання-поглинання. Кут падіння прямого випромінювання розраховується видозміненим рівнянням ([5] Ambrosetti 1983):

$$\beta(\psi) = 1 - \tan^{1/r} \left(\frac{\psi}{2} \right); \quad (2.14)$$

Кут падіння для дифузного випромінювання, розраховується згідно з [13]. Кут падіння випромінювання для дифузного випромінювання і для альbedo передбачаються рівними. Вони обидва отримані з в залежності від параметру [13].

Таким чином, наступні параметри повною мірою характеризують представлену модель:

- оптична ефективність колектора, $\eta(\tau\alpha)_{\varepsilon}$;
- загальний коефіцієнт втрати тепла, якщо $t_{\bar{\alpha}a} = t_{\Pi}$ і $v=0$, α_0 ;
- коефіцієнт, що характеризує залежність коефіцієнта теплопровідності від вітру, U_v ;
- коефіцієнт, що характеризує температурну залежність коефіцієнта тепловіддачі, U_{α} .
- теплова потужність колектора, C .
- параметр надходження променевої енергії, r .

При збільшенні або зменшенні температури протягом дня, енергія зберігається або споживається з колекторної теплової маси. У більшості випадків, у квазістаціонарних умовах і спрощеній формі рівняння ефективною ємністю колектора можемо знехтувати:

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_k = q_c - q_{em} - q_E; \quad (2.15)$$

Теплова потужність колектора, може бути представлена графічно на кривій другого порядку, яка показана на рис. 2.5. Максимальна потужність досягається, коли колектор генерує енергію при різниці температур теплоносія то навколишнє середовище рівне «0». Частина енергії падаючого на колектор випромінювання відбивається від захисного скла або абсорбера, чи поглинається захисним склом.

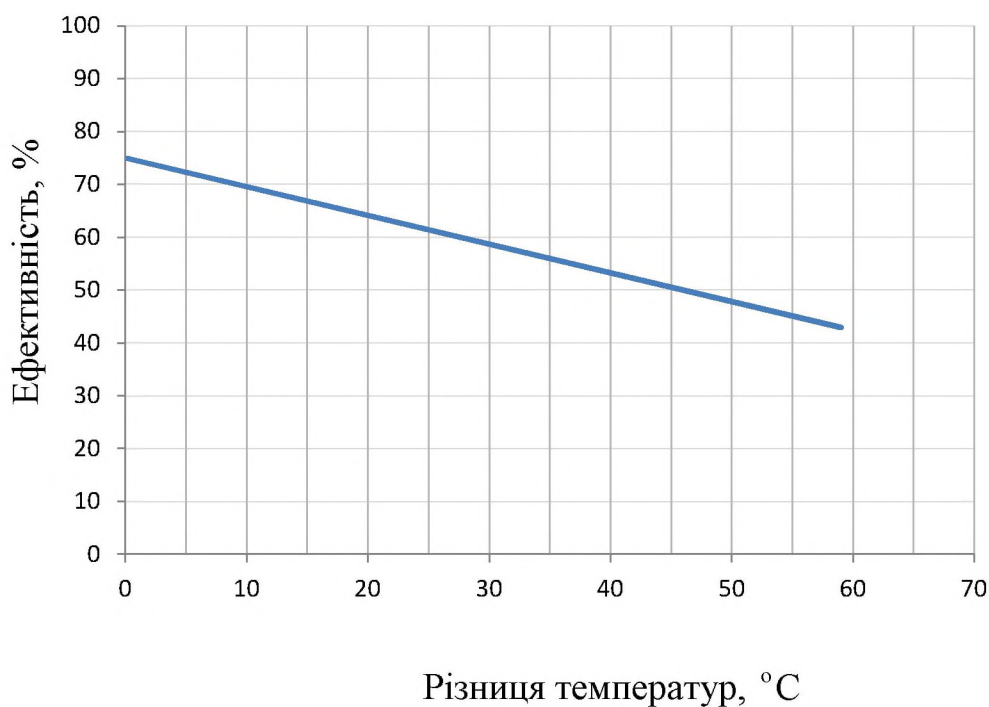


Рис. 2.5. Крива ефективності колектора (t_p - середня температура теплоносія і t_3 - зовнішня температура)

Корисне тепло відводиться від колектора і при більш високих температурах проте втрати енергії із збільшенням різниці температури колектора і середовища пропорційно зростають. При більш високих температурах теплоносія використовується рівняння ефективності для опису продуктивності колекторів, в якому висока різниця температур викликає

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

значну втрату тепла. Продуктивності колектора, в якому висока різниця температур викликає значну втрату тепла.

2.4.2.3. Енергія колектора

q_c – сонячне випромінювання, яке поглинається колектором, є функцією величини випромінювання, яке потрапляє на поверхню теплоізоляційного шару і оптичних та радіаційних властивостей матеріалів, із яких складаються захисне скло та поглинач. Оскільки ніякий скляний матеріал не є абсолютно прозорим, одна частина випромінювання, що виходить на поверхню поглинається, а інша частина відбивається від матеріалу скління. Тільки частина передається через скло. Променева енергія частково поглинається поглиначем і частково відбивається назад на поверхню скла, це відбите випромінювання знову частково проходить через поверхню, частково поглинена нею, а частково відбивається назад в абсорбер. Результатом багаторазового поглинання, відбивання і передачі випромінювання становить лише частину повного випромінювання, яке поглинається в кінцевому рахунку колектором.

$(\tau\alpha)_e$ – ефективність пропускання – поглинання – це параметр, який визначає кількісну здатність колектора до поглинання сонячного випромінювання. Опис вважається «ефективним» в той час коли енергія яка проглинається, в першу чергу залежить від α , коефіцієнта пропускання скління (τ) і, коефіцієнта поглинання абсорбера з поверхні пластини. Використовуючи $(\tau\alpha)_e$, можна виразити швидкість, з якою розраховується надходження сонячної енергії, на абсорбер колектора, може бути корисно використано:

$$q_c = G A_a (\tau\alpha)_e; \quad (2.16)$$

де G – поступлення сумарного випромінювання на поверхню колектора, вимірюється в площині колектора, і A_a – площа абсорбера колектора.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Залежність продуктивності колектора від фізичних властивостей покриття і поглинача є більш складною, ніж впливає з вище викладеного, так як ці властивості матеріалу також впливають на втрати тепла на випромінювання з пластини абсорбера. У зв'язку з цим залежність довжини хвилі радіаційних властивостей покриття і поглинаючих матеріалів можуть бути вигідно використані в проєктовані сонячного колектора. Матеріали для ідеального скління (прийняті мінімально з точки зору продуктивності) повинні бути прозорим для сонячного випромінювання, але непрозорим в інфрачервоної області, через яке втрачається тепло від абсорбера пластини.

Скло є одним із матеріалів, яке має дуже хороші характеристики. Воно практично непрозоре, для випромінювання з довжиною хвилі вище, ніж 3мм, але пропускає сонячне випромінювання, в той час якщо воно виконане із пластику то стає, прозорим для обох сонячних та інфрачервоних випромінювань. Аналогічним чином, доступний пластик, який має високий коефіцієнт поглинання в спектрі Сонця. Щоб максимізувати поглинання корисної радіації і низький коефіцієнт інфрачервоного випромінювання, а також щоб звести до мінімуму втрати тепла на випромінювання використовують матеріали, які називаються селективними. Селективний поглинач має коефіцієнт поглинання в спектрі Сонця щонайменше 0,85, а випромінювальну здатність у інфрачервоній області не більше ніж 0,6. Для колекторів використовують селективні поглинаючі поверхні, які як правило, мають більш низьку втрату тепла ($q_{вт}$), ніж для звичайних неселективних поглиначів, особливо при більш високій робочій температурі колектора.

Що стосується PV / T колектора, фотоелементи діють в ньому, як неселективний поглинач, що має коефіцієнт випромінювальної здатності приблизно 90 %.

2.4.2.4. Втрати тепла в колекторі

Теплові втрати від сонячних колекторів відбуваються в трьох напрямках: теплопровідністю, конвекцією і тепловим випромінюванням.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Якщо конструкцію колектора така що елементи кріплення не вступають до прямого теплового контакту з поглиначем або входом і виходом трубопроводу, то втрати тепла через провідник, як правило, незначні. Конвективні втрати є лінійною функцією від різниці температур між колектором скління і навколишнім середовищем. Ці втрати можуть бути значними при обуванні вітром поверхні скла. У колекторі, конвекція також передає тепло до скла (E) від абсорбера. Радіаційні втрати температури відносно невеликі при використанні звичайної побутової води або опаленні приміщень. Однак, оскільки ці втрати є функцією різниці між четвертим ступенем абсолютної температури абсорбера і абсолютній температурі, яка зазвичай на кілька градусів нижча, ніж температура навколишнього середовища, радіаційні втрати можуть стати значними при високих робочих температурах. Хоча конвекційні та радіаційні втрати відбуваються з усіх відкритих поверхонь колекторів. Тому загальна втрата тепла від колектора залежить від площі поглинача, A_a . Тому колектор є добре ізольований і в основі радіаційні та конвекційні втрати відбуватися в першу чергу через скло.

Для експериментальних і аналітичних розрахунків, зазвичай поєднують конвекційні і випромінювальні втрати тепла через коефіцієнт теплопередачі, який залежить від різниці температур між середньою температурою поглинання пластини колектора і температурою навколишнього середовища. Тоді теплопередачі повинен бути лінеаризованим. Таким чином:

$$\alpha_{\varepsilon} = \eta \cdot (U_{\text{конв}} + U_{\text{випр}}); \quad (2.17)$$

і

$$W_{\text{втр.к}} = \alpha_{\varepsilon} \cdot A_a (\bar{t} - t_n); \quad (2.18)$$

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

де $U_{\text{конв}}$ і $U_{\text{випр}}$ – загальні коефіцієнти теплопередачі конвекції і випромінювання, \bar{t} середня температура поглинача [16].

2.4.2.5. Корисна енергія колектора

Підставивши вирази, отримані раніше для q_c і $q_{\text{вт}}$, отримаємо рівняння, що описує квазістаціонарні властивості сонячного колектора:

$$q_k = A_n \eta \left[(\tau\alpha)_e G - \alpha_\varepsilon (t_{\text{ба}} - t_n) \right] - q_E; \quad (2.19)$$

Електрична енергія яка використовується колектором може бути апроксимована лінійною функцією випромінювання і різницею температур $(t_{\text{ба}} - t_n)$.

$$q_e = A_n E_{pv} \left[(\tau\alpha)_e G - E_t (t_{\text{ба}} - t_n) \right]; \quad (2.20)$$

де E_{pv} – ефективність фотоелектричних елементів і E_t – температурний коефіцієнт фотоелектричних елементів. Таким чином, ми можемо написати:

$$q_e = A_n E_{pv} \left[(\tau\alpha)_e G - E_t (t_{\text{ба}} - t_n) \right]; \quad (2.21)$$

Таким чином, ми можемо написати:

$$q_k = A_n \left[(\eta(\tau\alpha)_e - E_{pv}) G - (\eta\alpha_\varepsilon - E_t) (t_{\text{ба}} - t_n) \right]; \quad (2.22)$$

Позначимо $B_\varepsilon = \eta \cdot \alpha_\varepsilon - E_t$ і $\eta_{o,e} = \eta(\tau\alpha)_e - E_{pv}$, тоді це рівняння можна записати у вигляді:

$$q_k = A_n \left[\eta_{o,e} G - B_\varepsilon (t_{\text{ба}} - t_n) \right]. \quad (2.23)$$

Нові параметри B_ε і $\eta_{o,e}$, являють собою ефективний коефіцієнт втрати тепла і ефективну оптичну ефективність колектора, відповідно.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Ці рівняння в основному використовуються при розробці методики розрахунку параметрів продуктивності колектора. Корисна енергія яка зберігається або накопичується в колекторі може бути також визначена експериментально, шляхом вимірювання вхідних і вихідних температур колектора, при цьому властивості тепла та протікання рідини, і масову витрату цієї ж рідини через колектор, можна описати таким чином.

$$W_{\text{еф.к}} = m \cdot C_p (t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) \quad (2.24)$$

де $W_{\text{еф.к}}$ – корисна енергія колектора;

m – витрата теплоносія;

C_p – питома теплоємність теплоносія;

$t_{\text{вх}}$ – температура теплоносія на вході колектора;

$t_{\text{вих}}$ – температура теплоносія на виході із колектора [17].

2.4.2.6. Ефективність колектора

Теплова і електрична ефективність PV / T колектора повинна вимірюватися окремо. Теплова ефективність вимірюється відповідно до стандарту ISO 9806-1 і електричний ККД за вольт-амперної характеристики сонячної батареї.

Тепловий ККД плоскої пластини сонячного колектора визначається, як відношення зібраного корисного тепла до сумарної сонячної перетвореної енергії колектора:

$$\eta_t = \frac{\text{зібрана фактична корисна енергія}}{\text{перетворена колектором сонячна енергія}}$$

Підставляючи, ефективність колектора приймає вигляд:

$$\eta_t = (\tau\alpha)_e - \alpha_e (\bar{t} - t_n) / G; \quad (2.25)$$

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Складність у використанні цього рівняння є те, що середня температура пластини-поглинача \bar{t} , зазвичай невідома. Можна обґрунтовано оцінити точність температури рідини, що надходить в колектор, t_{ex} , оскільки температура рідини, яка надходить від бака-акумулятора або водопровідної магістралі. Таким чином, для того, щоб отримати більш конкретний вираз для ефективності колектора, Вайлер переписав це рівняння, замінивши \bar{t} на t_{ex} , і ввівши коефіцієнт втрат тепла колектора, F_R , щоб компенсувати зниження тепловтрат. Отже,

$$\eta_t = F_R \left[(\tau\alpha)_e - \alpha_\varepsilon (t_{ex} - t_n) / G \right]; \quad (2.26)$$

F_R - являє собою відношення фактичного приросту корисного енергії до максимально можливого корисного поступлення енергії. Максимально корисна енергія в сонячному колекторі буде тоді, коли різниця температур буде максимальна. У такому випадку, втрати тепла в навколишнє середовище будуть мінімальні. F_R не може перевищувати одиницю. Водяні колектори зазвичай мають значення F_R між 0,7 і 0,9.

Аналогічно, якщо ми використовуємо середню температуру колектора рідини ефективність буде визначатися за формулою:

$$\eta_t = \eta \left[(\tau\alpha)_e - \alpha_\varepsilon (\bar{t}_k - t_n) / G \right]; \quad (2.27)$$

де

$$\bar{t}_k = t_{ex} + \frac{t_{вих} - t_{ex}}{2}; \quad (2.28)$$

Якщо η , F_R , U , і $(\tau\alpha)_e$ величини сталі, ефективність колектора буде лінійною функцією зі зниженою температурною різницею Δt .

$$\eta_t = \eta_a - \eta \alpha_\varepsilon \Delta t; \quad (2.29)$$

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де

$$\Delta t = \frac{\bar{t}_k - t_n}{G}; \quad (2.30)$$

На практиці це не зовсім так, тому що α_ϵ залежить від рідини і температури повітря. Таким чином, кореляція більш високого порядку між η_t і Δt є більш точнішою у виразі:

$$\eta_t = \eta_a - a_1 \Delta t - a_2 G \Delta t^2; \quad (2.31)$$

де a_1 і a_2 є константи.

Величина, η_a , показує здатність колектора поглинати сонячну енергію і передати її теплоносію. Якщо електрична енергія виробляється в колекторі, то ця здатність зводиться до $\eta_{o,e}$ відповідно до першого закону термодинаміки. Величина, $\eta \alpha_\epsilon$, показує рівень тепловтрат колектора в навколишнє середовище. Якщо електрична енергія виробляється в колекторі, то ця властивість відображає B_e [18].

2.4.3. Програмне моделювання

Ефективність функціонування PV / T колектора залежить від конструктивних параметрів і різних погодних умов експлуатації, наприклад, освітленість, температура навколишнього середовища, швидкість вітру, температура на вході рідини і т.д. Тому необхідно розробити спрощену теоретичну модель для того, щоб здійснювати багато характеристикний аналіз.

Модуль для програми моделювання TRNSYS був розроблений для того, щоб описати роботу колектора і обчислити електричні та теплові властивості системи. Розроблена програма супроводжується зручним

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

інтерфейсом, що полегшує виконання необхідних обчислень. Користувач може просто використовувати параметри проектування, щоб побачити реальні експериментальні дані. Основний принцип програми моделювання, побудованого як підпрограма в програмі TRNSYS показано на рис 2.6. Многочисленна процедура для розрахунку таблиці і температури атмосферного повітря, повторюється для випадку без і з електричним навантаженням. Результат розрахунку, який відображається на екрані показаний на рис. 2.7.



Рис. 2.6. Блок-схема програми моделювання PV/Т колектора

\bar{t} – середня температура поглинача;

\bar{t}' – розрахована температура поглинача;

\bar{t}_k – температура кришки колектора або температура модуля PV;
 \bar{t}_k' – розрахована температура кришки колектора або температура модуля PV

TRANSIENT SIMULATION PHOTOVOLTAIC-THERMAL (PV/T) SYSTEMS
(Collectors for Water Heating)
Solar Energy Center Denmark

Location	
City	TERNOPIIL
Monthly ground reflectance profile	constant 0.2
Time Period for Simulation	
Month for simulation start	January
Day of month for simulation start	1
Length of simulation (days)	365
Time Step During Simulation	0.5 h
Graphics display during simulation?	yes
Collector Orientation	
Slope angle	40 deg
Azimuth angle	0 deg
Collector Specifications	
Area (m ²)	2
Emissance of absorber plate (-)	0.95
Emissance of cover (-)	0.88
Back Insulation Conductivity (W/K/m)	0.1
Back Insulation Thickness (mm)	50
Index of Refraction of Cover Material (-)	Glass
Absorptance of Absorber Plate (-)	0.95
Collector Fin Efficiency Factor (-)	0.95
Cell Efficiency (-)	0.15
Temperature Coefficient of PV Cell Type	mono Si
PV Reference Temperature (deg C)	25
Thickness of the Cover (mm)	4
Extinction Coefficient of the Cover Material (1/m)	Glass AR
wind velocity (m/s)	1
Consumer Specifications	
Inlet Fluid Temperature (Constant)	40
Flow Rate In kg/h/m ²	3600

Рис. 2.7. Зразок екрану користувача інтерфейсу для моделювання PV/T колектора на основі нагріву води

2.4.4. Ефективність PV/T колектора

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк. 46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб показати можливі варіанти впливу у виконанні PV/Т колектора, були прийняті до уваги такі параметри:

- коефіцієнт поглинання абсорбера (передня поверхня фотоелемента);
- коефіцієнт випромінювання абсорбента (фотоелементи передньої поверхні);
- якість теплового контакту між PV і теплообміннику;
- товщина теплоізоляції;
- температурний коефіцієнт фотоелектричних елементів;
- ефективність фотоелектричних елементів.

Був проаналізований вплив цих параметрів на продуктивність системи (тобто крива ефективності) для двох основних типів колекторів. В таблиці 2.2 показано значення параметрів для цих колекторів (селективний і неселективний колектор). Селективний поглинач (PV елементи можуть мати тонкий шар на передній стороні з високим коефіцієнтом пропускання в спектрі сонця і низьким коефіцієнтом випромінювання в інфрачервоному спектрі). Результати аналізу показані на рис. 2.8, 2.9, 2.10 і 2.11.

Таблиця 2.2.

Параметри для невибіркового колектора

Параметри колектора	Неселективний поглинач	Селективний поглинач
Площа(м ²)	2	2
Коефіцієнт випромінювання абсорбера плити (-)	0,9	0,1
Емітанс обкладинки	0,88	0,88

Продовження таблиці 2.2

Повернута ізоляція провідності	0,023	0,023
Повернута товщина ізоляції(мм)	50	50
Температура (°C)	25	25
Показник заломлення матеріалу оболонки	скло	скло
Коефіцієнт поглинання абсорбера плити(-)	0,92	0,92
Температурний коефіцієнт фотоелектричних елементів (%/°C)	0,4	0,4
Колекторна ефективність агенту (-)	0,9	0,9
Ефективність елемента(-)	0,1	0,1
Товщина кришки(мм)	4	4
Коефіцієнт екранного щита(1/м)	скло	скло
Швидкість вітру (м / с)	5	5
Кут нахилу (град.)	50	50
Витрата (кг / год / м ²)	3600	3600

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

48

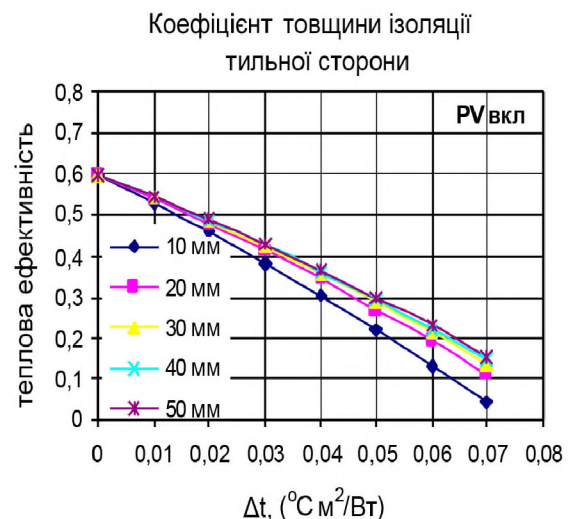
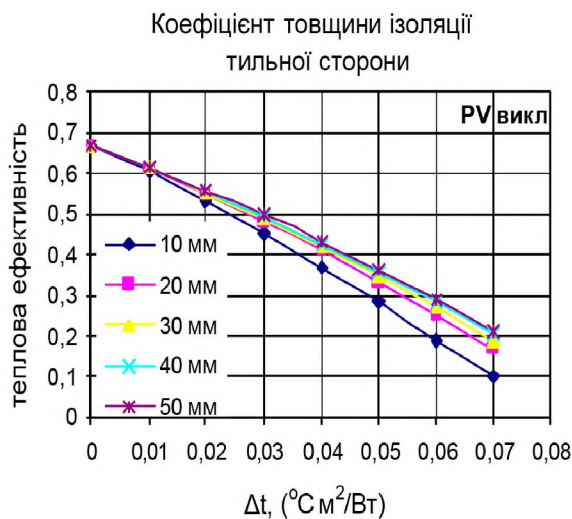
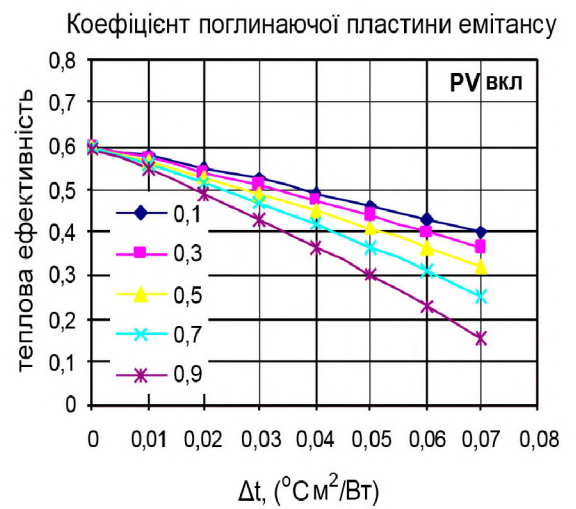
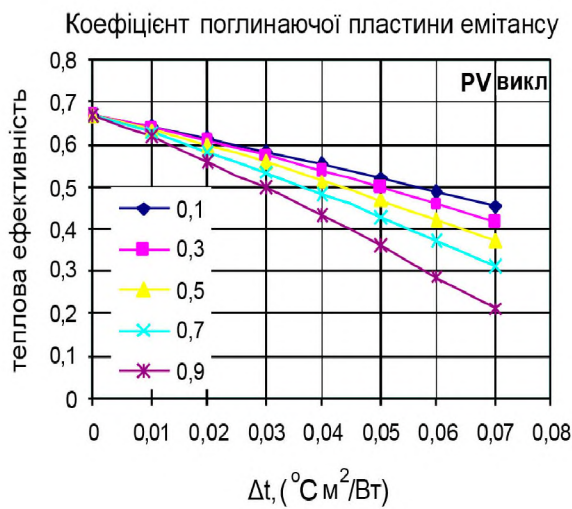
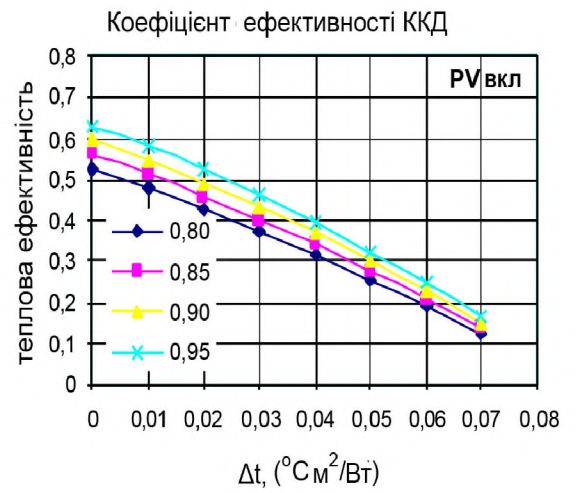
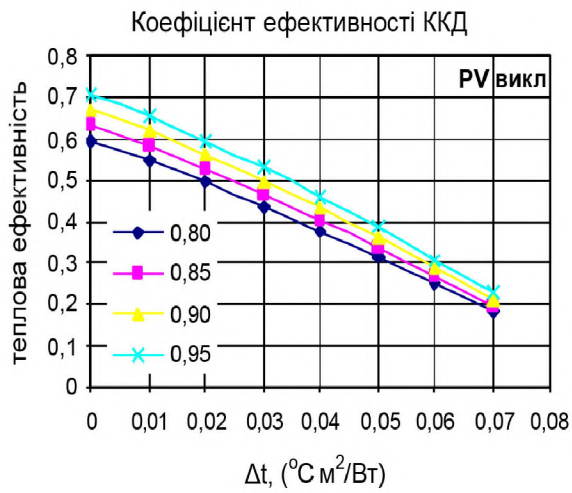


Рис. 2.8. Теплова ефективність PV/Т колектора, як функція зниження температури Δt для різних параметрів не селективних колекторів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

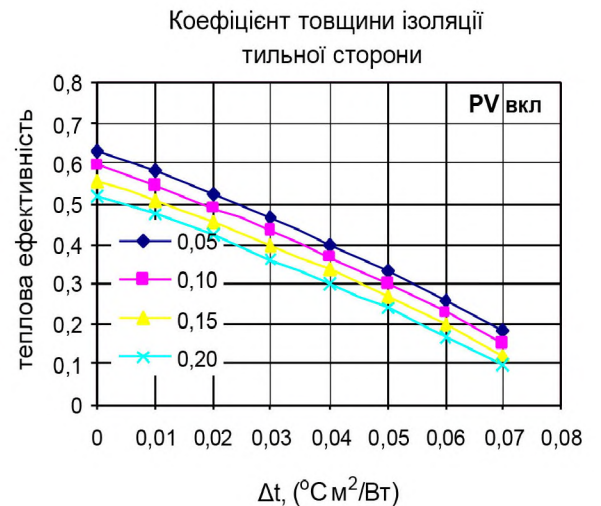
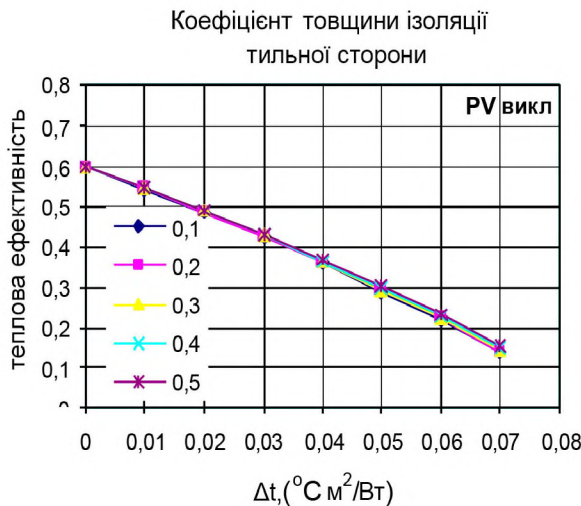
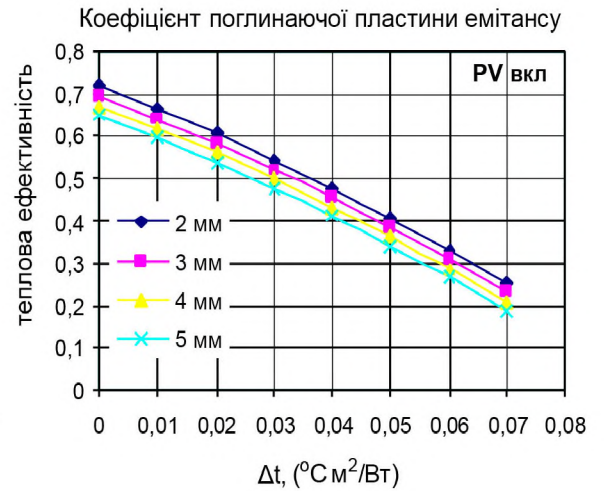
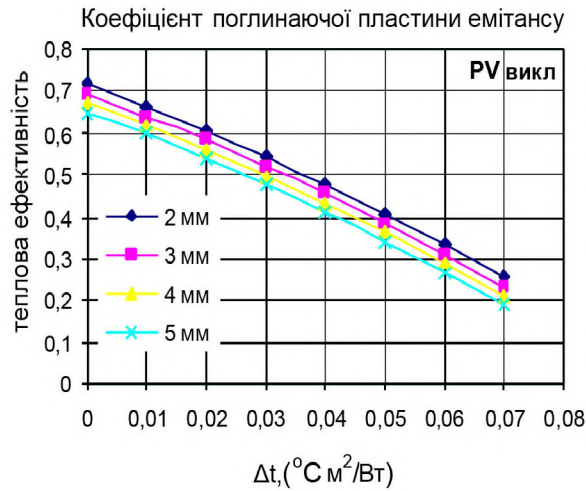
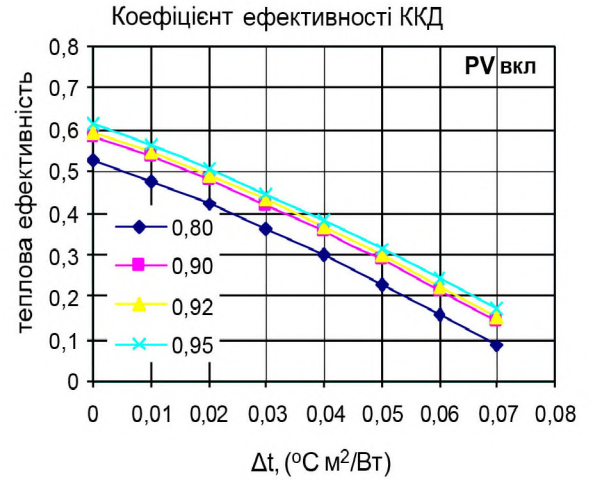
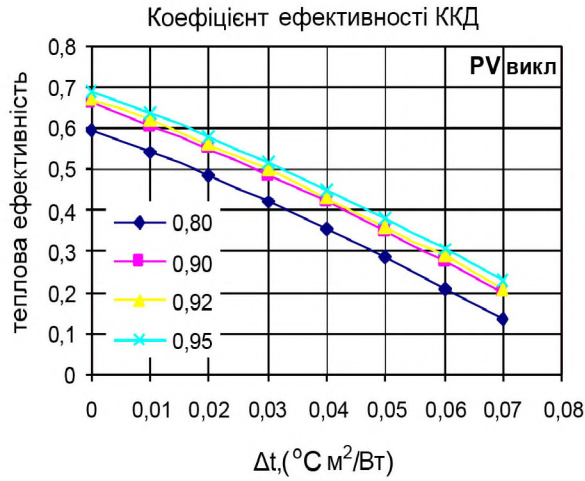


Рис. 2.9. Теплова ефективність PV/Т колектора, як функція зниження температури Δt для різних параметрів не селективних колекторів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

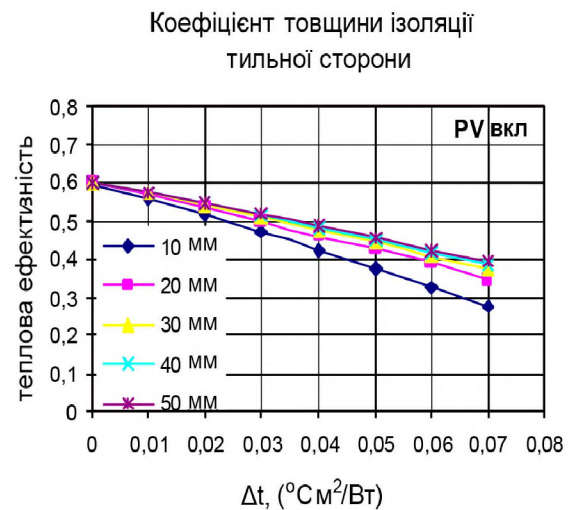
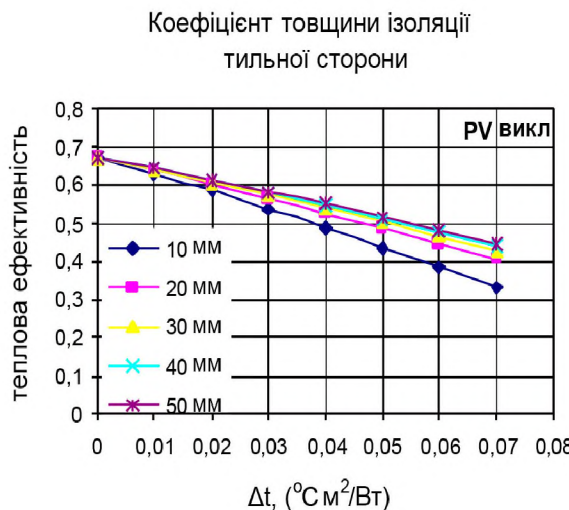
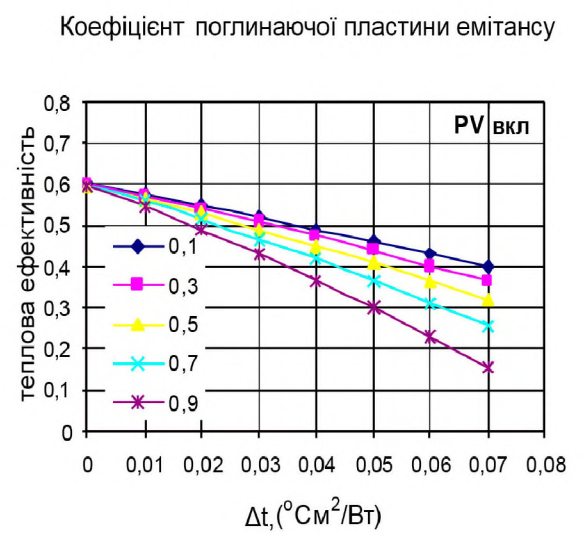
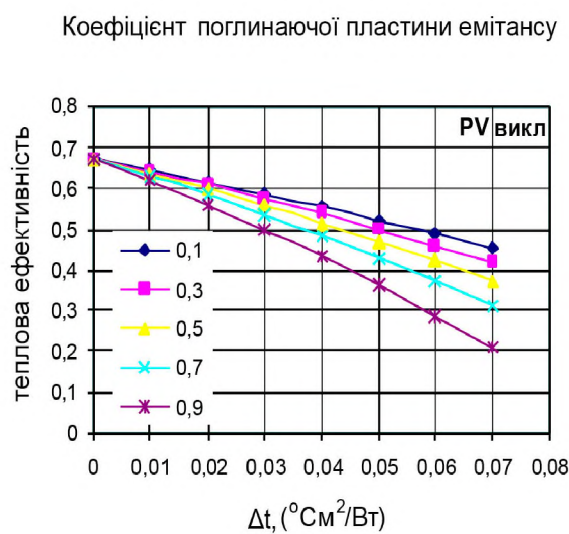
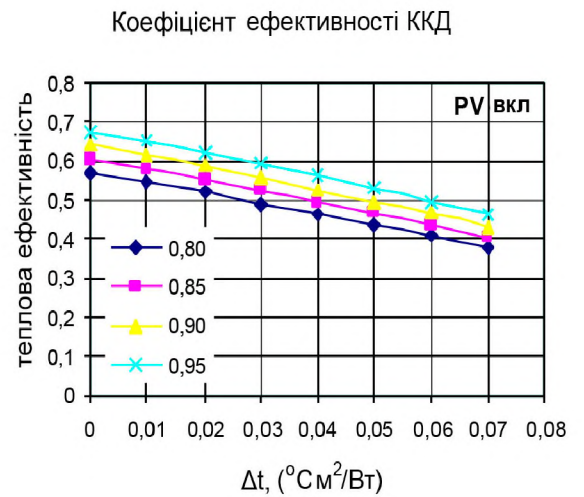
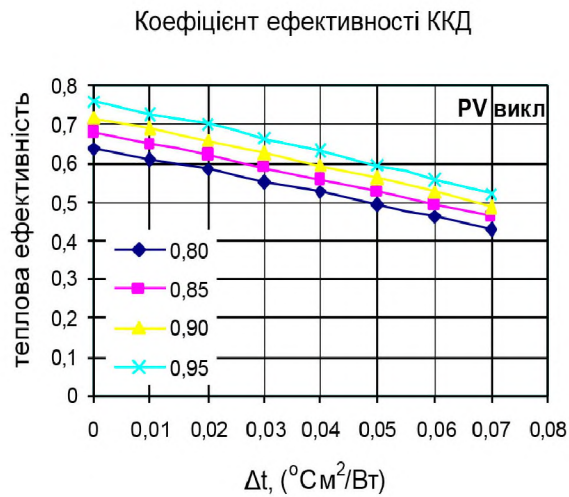


Рис. 2.10. Теплова ефективність PV/T колектора, як функція зниження температури Δt для різних параметрів селективних колекторів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

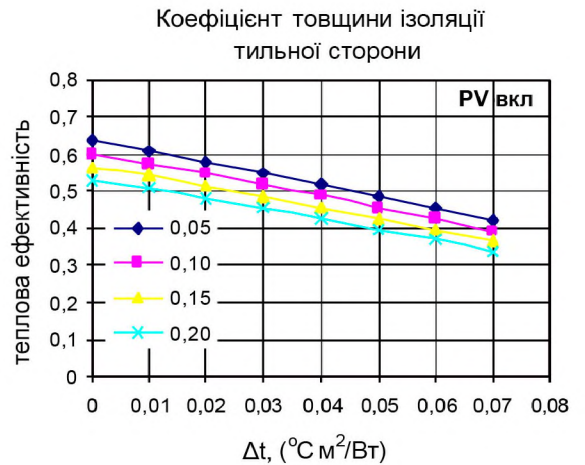
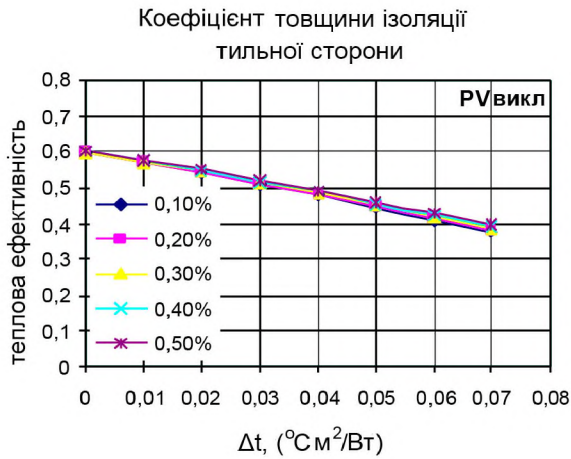
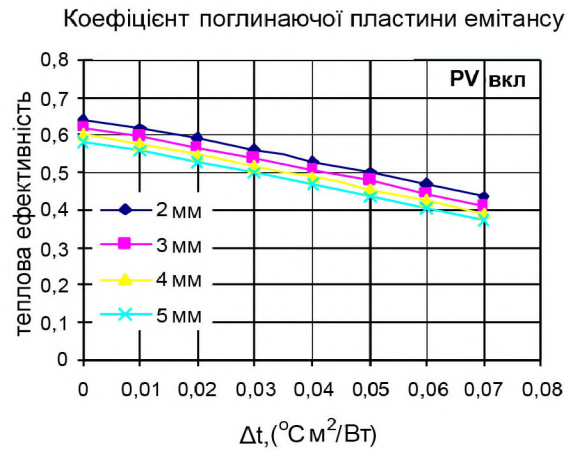
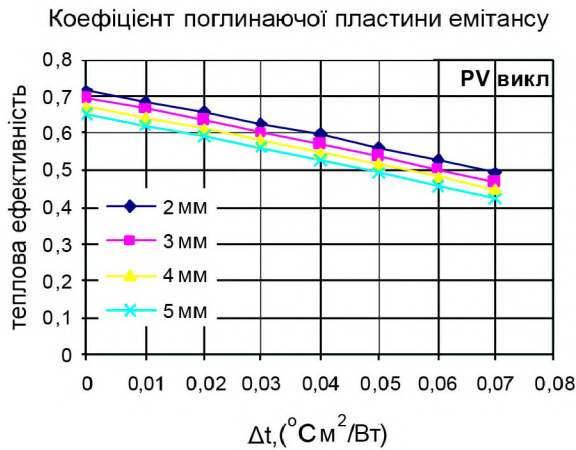
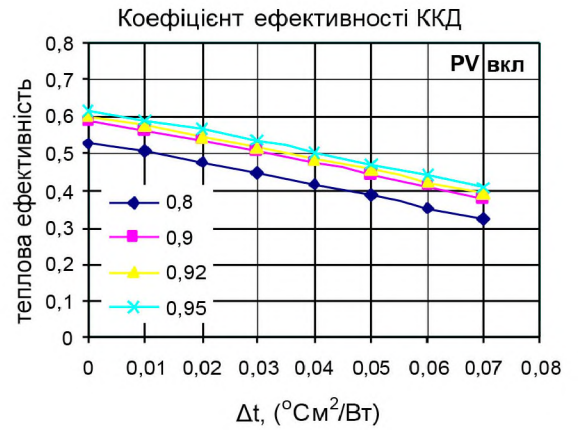
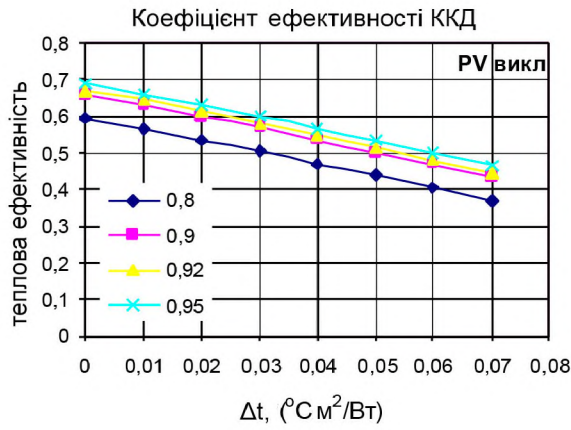


Рис. 2.11. Теплова ефективність PV/T колектора, як функція зниження температури Δt для різних параметрів селективних колекторів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В результаті аналізу отриманих залежностей коефіцієнта поглинання можна зробити висновки:

Коефіцієнт поглинання фотоелементу впливає на оптичну ефективність колектора. При високому коефіцієнті поглинання колектор повинен бути більш ефективним, особливо коли зменшується температура Δt . Коефіцієнт поглинання кристалічних кремнієвих сонячних елементів є задовільним, він приблизно дорівнює 0,9.

– ***Коефіцієнт випромінювання фотоелементу.***

Коефіцієнт випромінювання фотоелементу впливає на втрату тепла з колектора. У цьому весь сенс, при низькому коефіцієнті випромінювання фотоелементу, колектор повинен бути більш ефективним, а при більш високому - зменшується температура. Коефіцієнт випромінювання кристалічних кремнієвих сонячних батарей приблизно дорівнює 0,9. Досягнення низького коефіцієнту випромінювання потребує особливо прозорих тонкоплівкових шарів, які повинні покривати передню поверхню фотоелектричних елементів.

– ***Теплопередача до теплоносія.***

Якісно він відображає ступінь теплового контакту між абсорбером і водою, що циркулює в колекторі трубопроводу. У PV / T колектора, де фотоелементи вставлено в класичний металевий поглинач. Теплопередача знижується, так як тепловий контакт абсорбер - вода знижується. Тепловий контакт між фотоелектричним елементом і поглиначем має дуже важливе значення для PV/T колектора так як впливає на тепловий ККД.

– ***Ефективність PV- елементу***

Відповідні цифри показують вплив ефективності елементу на теплову ефективність: нижча ефективність фотоелементів - вища тепла ефективність - у відповідності з рівнянням балансу енергії.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

– ***Товщина теплоізоляції***

Товщина теплоізоляції впливає на втрати тепла при вищих робочих температурах.

2.4.5. Річна продуктивність водогрійних PV/T колекторів

2.4.5.1. Вплив теплової потужності колектора на щорічне виробництво енергії

Для того щоб визначити необхідність кількості теплової потужності при відтворенні, потрібно провести точний аналіз впливу теплоємності так щоб енергетичний вихід був виконаний. Аналіз проводився при моделюванні теплообмінних теплових колекторів 10 – 20 кДж/К. Прийнято, що на вході і виході були дві температури: 10°C і 50°C. Аналіз показує, що при підвищенні температури більше 50°C, пристрій автоматичного керування частіше перериває роботу насоса. Проте, навіть для незвично високих теплоємностей 20 кДж/К, цей вплив не досягає 1 %.

Незначний вплив, який теплоємність чинить на щорічну продуктивність PV/T колектора, як показано в таблицях 2.3 та 2.4, підкреслює на те що в подальшому аналізі можна нехтувати величиною теплоємності колектора теплової потужності. Це дасть основну перевагу – скорочення часу необхідного для моделювання.

2.4.5.2. Річна корисна робота

Аналіз, проведений в попередньому розділі відноситься тільки до теплової ефективності. Тому важливо провести аналіз про вихід енергії в реальних умовах експлуатації. Виробництво енергії PV/T колектором розраховується за датським еталоном року (TRY). Для того, щоб забезпечити можливість порівняння між різними конструктивними параметрами, обчислення виробництва енергії було виконано для постійної температури на вході рідини.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 2.3.

Вплив теплоємності на виробництво енергії (температура теплоносія на вході: 10 °С)

Теплоємність PV/Т колектора, [кДж/К]	Енергетична продуктивність за 1 TRY [кВт·год]
0	1848
10	1849
20	1851

Таблиця 2.4.

Вплив теплоємності на виробництво енергії (температура теплоносія на вході: 50 °С)

Теплоємність PV/Т колектора, [кДж/К]	Енергетична продуктивність за 1 TRY [кВт·год]
0	634
10	636
20	639

2.4.5.3. Ефективність енергії за рік

Аналіз, проведений в попередньому розділі відноситься тільки до теплової ефективності. Тому важливо проводити аналіз при ефективному використанні енергії в реальних умовах експлуатації. Вихід енергії PV/Т колектора розраховується за датським еталонном року (TRY). Для того, щоб виконати порівняння між різними конструктивними параметрами, потрібно провести обчислення ефективності енергії, яку можна використовувати для постійної температури на вході рідини.

Були прийняті до уваги наступні параметри:

- коефіцієнт поглинання фотоелементу (PV);
- ефективність PV- елемента;

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- швидкість теплоносія;
- температура теплоносія на вході.

Для того, щоб провести аналіз параметрів, був вибраний PV / T колектор, показано в таблиці 2.5. Результати моделювання показані на рис. 2.12. Таблиця 2.6 показує суму річної електричної та теплової енергії, як функції двох змінних: α – коефіцієнт поглинання пластини абсорбера і C – коефіцієнт випромінювання поглинаючої пластини.

Таблиця 2.5

Значення конструктивних параметрів колектора

Географічні дані

Розташування	Тернопіль
Широта	55,4°
Довгота	12,4°
Перше відображення	0,2

PV параметри

Тип елемента	Моно Si
Ефективність елемента	10 %
Температурна характеристика елемента	25 °C
Температурний коефіцієнт потужності	-0,4 %/K

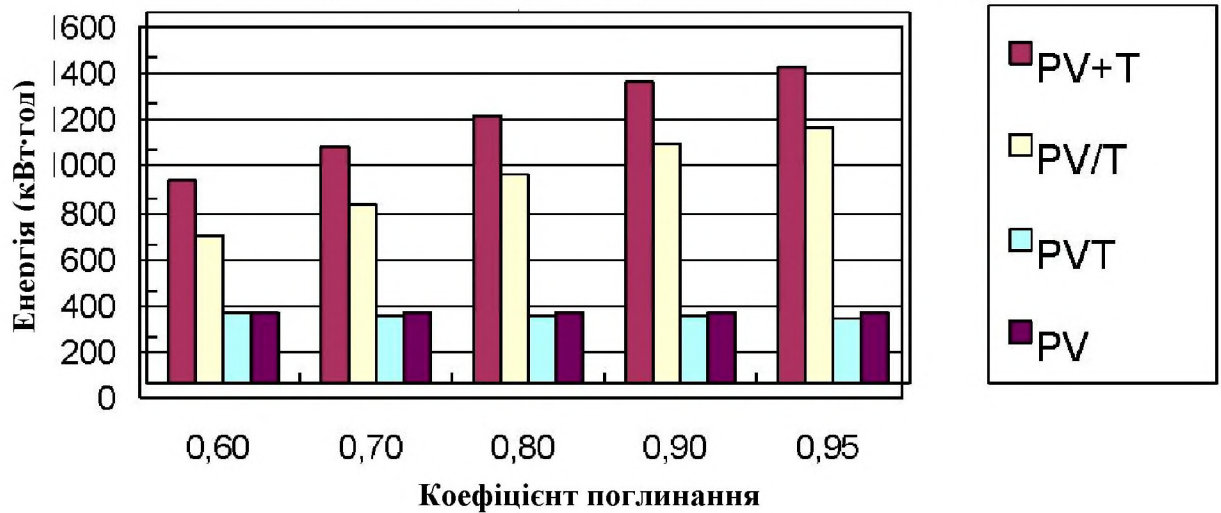
Теплові дані споживачів

Вихідна температура рідини	30 °C
Швидкість потоку	100 кг(год·м ²)

Теплові параметри

Матеріал покриття	Скло
Площа колектора	2м ²
Коефіцієнт випромінювання абсорберу	0,16
Коефіцієнт випромінювання корпусу	0,88
Теплопровідність	0,1 В/К
Товщина ізоляції	50 мм
Коефіцієнт поглинання	0,9
ККД колектора	0,9
Товщина скла	4 мм
Швидкість вітру	2 м/с

Залежність продуктивності від коефіцієнта поглинання абсорбера



Залежність продуктивності від ККД колектора

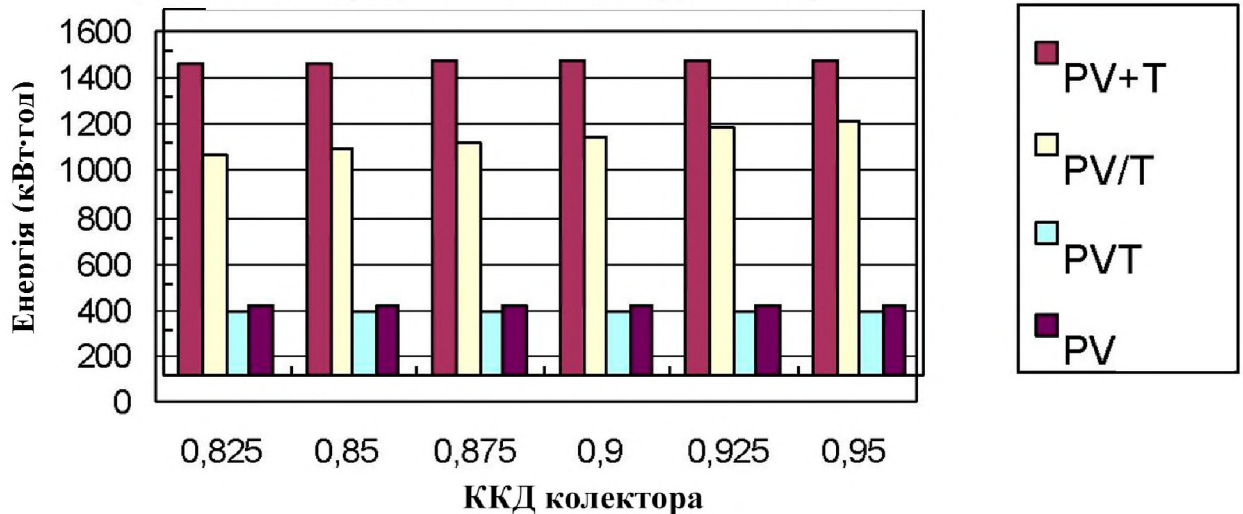


Рис. 2.12. Вплив параметрів системи на вихід енергії при стандартних умовах, зазначених в таблиці 2.4.

PV+T: електрична і теплова енергія, що виробляється окремою PV та тепловими колекторами, PV / T: електрична і теплова енергія, що виробляється системою PV / T

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

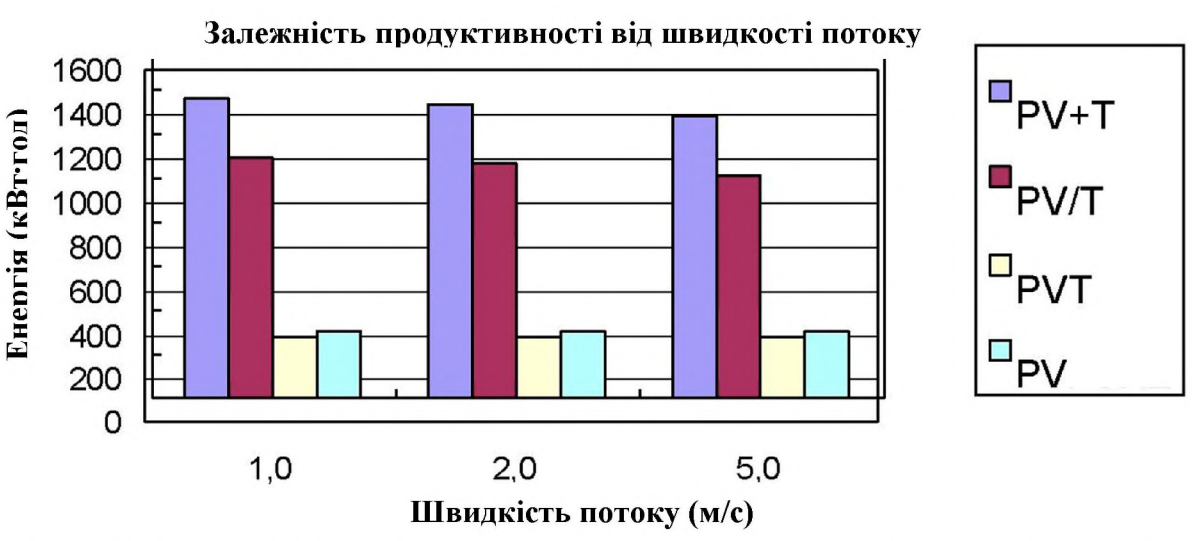
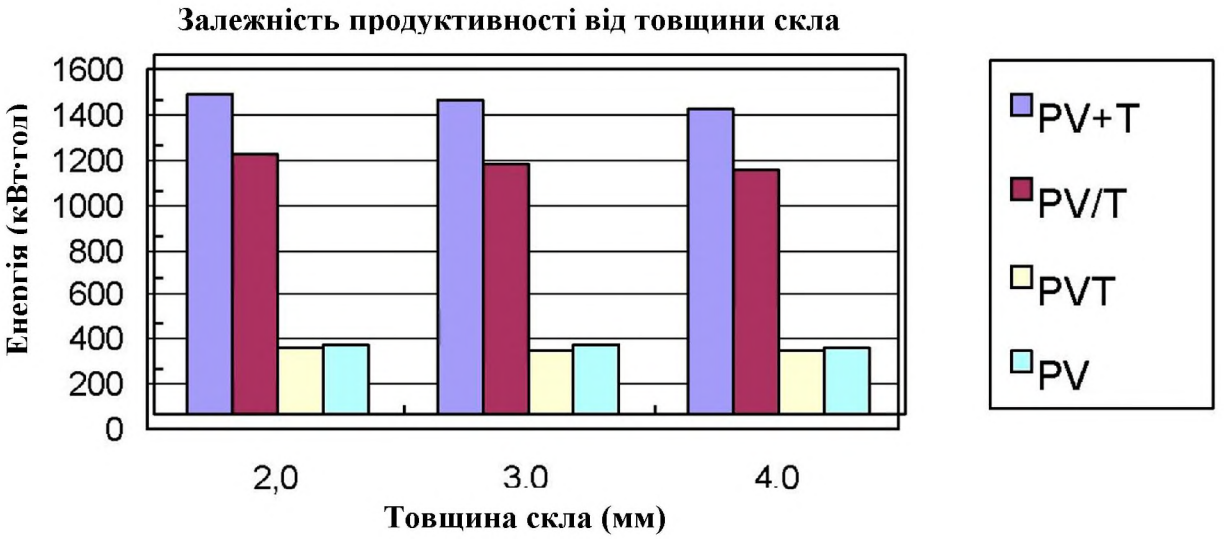
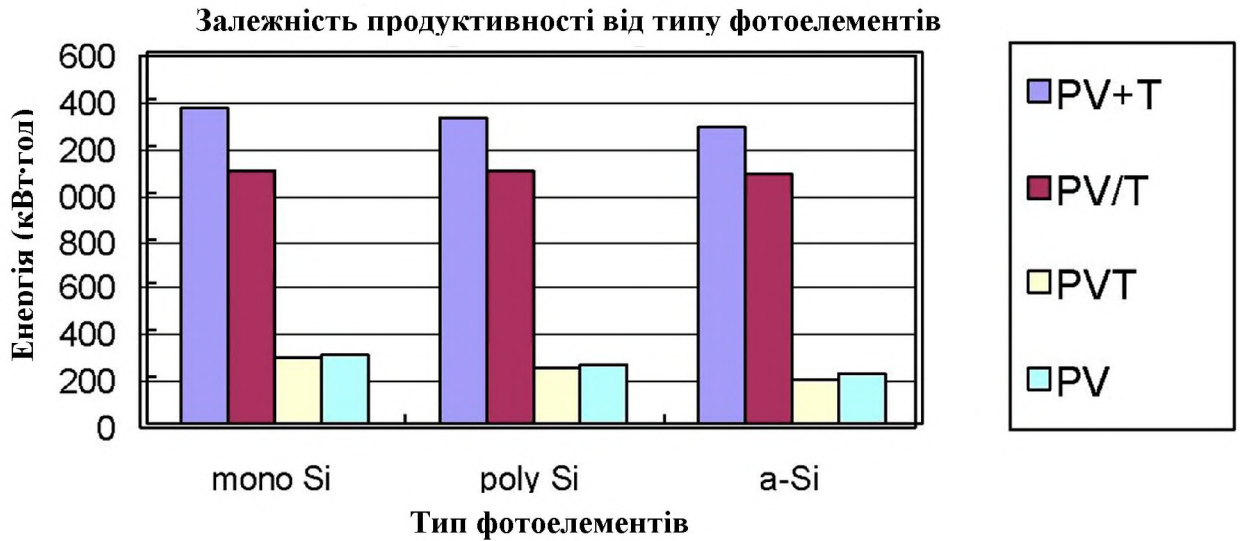


Рис. 2.12. Вплив параметрів системи на вихід енергії при стандартних умовах, зазначених в таблиці 2.4. (продовження)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

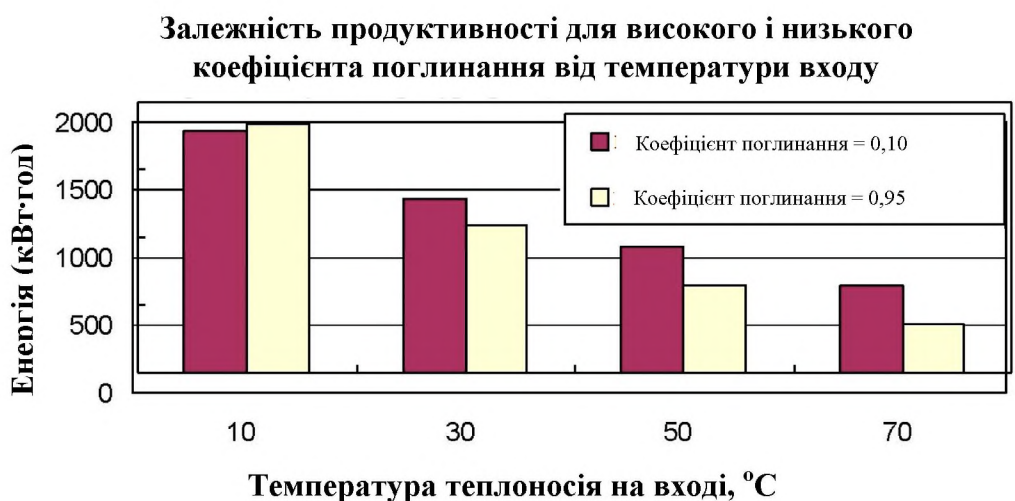
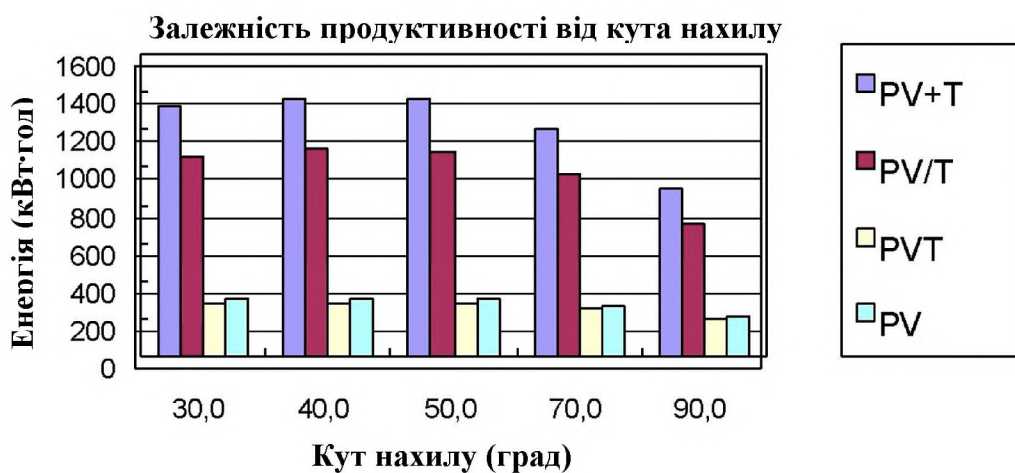
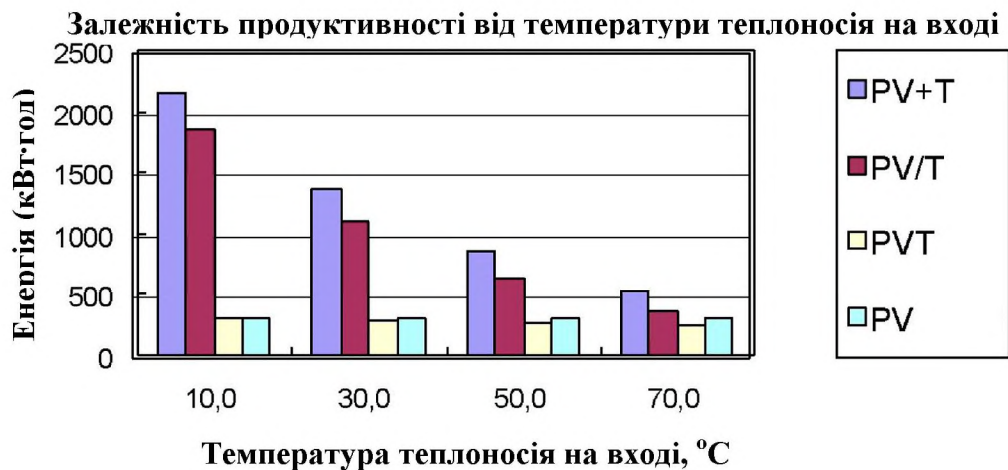


Рис. 2.12. Вплив параметрів системи на вихід енергії при стандартних умовах, зазначених в таблиці 2.4. (продовження)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.5.

Система річної прибутковості для різних комбінацій коефіцієнта поглинання τ , коефіцієнта випромінювання ε і на $t_{\text{вх}}$ – впуск рідини температури теплоносія (повітря) на вході колектора в 10, 30, 50 або 70 °С

α	ε	$t_{\text{вх}} = 10\text{ °С}$		$t_{\text{вх}} = 30\text{ °С}$		$t_{\text{вх}} = 50\text{ °С}$		$t_{\text{вх}} = 70\text{ °С}$	
		PV/T кВт·год	PVT кВт·год	PV/T кВт·год	PVT кВт·год	PV/T кВт·год	PVT кВт·год	PV/T кВт·год	PVT кВт·год
0.60	0.10	1222.0	320.5	773.6	298.0	501.3	275.2	335.9	252.3
0.60	0.30	1233.0	320.8	747.5	298.3	467.0	275.5	308.2	252.7
0.60	0.50	1246.0	321.2	717.8	298.6	431.2	275.9	283.7	253.2
0.60	0.70	1263.0	321.5	683.6	299.0	393.8	276.3	265.4	253.7
0.60	0.95	1292.0	321.9	633.6	299.4	347.0	276.9	255.2	254.4
0.70	0.10	1390.0	314.6	922.3	292.6	615.4	270.1	411.1	247.6
0.70	0.30	1400.0	315.0	893.1	292.9	573.5	270.5	370.8	248.1
0.70	0.50	1413.0	315.4	859.5	293.3	528.1	271.0	331.7	248.6
0.70	0.70	1429.0	315.8	820.4	293.7	479.0	271.4	296.0	249.1
0.70	0.95	1455.0	316.3	761.4	294.2	413.6	272.0	262.6	249.9
0.80	0.10	1553.0	309.0	1071.0	287.3	736.6	265.2	500.3	243.1
0.80	0.30	1562.0	309.4	1039.0	287.7	688.2	265.7	448.9	243.6
0.80	0.50	1574.0	309.9	1002.0	288.2	635.1	266.2	397.3	244.2
0.80	0.70	1589.0	310.3	959.3	288.6	576.4	266.7	346.2	244.8
0.80	0.95	1615.0	310.9	893.7	289.2	494.9	267.4	288.9	245.6
0.90	0.10	1711.0	303.5	1217.0	282.3	861.8	260.5	598.8	238.7
0.90	0.30	1721.0	304.0	1184.0	282.7	807.8	261.0	538.0	239.3
0.90	0.50	1732.0	304.5	1144.0	283.2	747.9	261.6	474.4	239.9
0.90	0.70	1746.0	305.0	1098.0	283.7	681.0	262.1	410.2	240.6
0.90	0.95	1771.0	305.6	1027.0	284.3	585.7	262.8	331.4	241.4
0.95	0.10	1789.0	300.9	1290.0	279.8	925.0	258.2	650.2	236.6
0.95	0.30	1798.0	301.4	1255.0	280.3	868.6	258.8	585.3	237.2
0.95	0.50	1809.0	301.9	1215.0	280.8	805.7	259.3	516.5	237.8
0.95	0.70	1823.0	302.4	1167.0	281.3	735.1	259.9	446.0	238.5
0.95	0.95	1847.0	303.1	1093.0	281.9	633.8	260.6	357.3	239.4

PV / T - електрична і теплова енергія, що виробляється системою і

PVT - електрична енергія, що генерується фотоелектричними елементами

										Арк.
										60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ					

2.4.6. Перевірка точності моделювання

Для перевірки розробленої програми моделювання був протестований прототип колектора PV/Т виробництва компанії RACELL. Характеристики колектора RACELL PV/Т представлені в таблиці 2.6. Отримані результати порівнювалися з результатами моделювання.

Таблиця 2.6

Довідникові значення, які застосовуються для моделювання кривої ефективності RACELL PV / Т колектора

Площа	2,2 м ²
Випромінювання фотоелектричних елементів	0,95
Випромінювання накладки	0,88
Теплопровідність ізоляції	0,023 К/В м
Товщина задньої ізоляції	50 мм
Показник заломлення скла	1,526
Температура елемента	25°С
Коефіцієнт поглинання елементів	0,93
Температурний коефіцієнт потужності	- 0,40%/К
ККД колектора	0,89
Товщина скла	4 мм
Швидкість потоку	5 м/с

Порівняння результату показано на рис. 2.13 і 2.14, які між собою добре узгоджуються. Це означає, що програма TRNSYS може точно передбачити продуктивність водогрійного колектора. Теоретично, кривизна залежностей повинна бути нижчою, як при знижених температурах, ефективність фотоелектричних елементів в результаті зменшується, що приводить до вищого термічного ККД.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

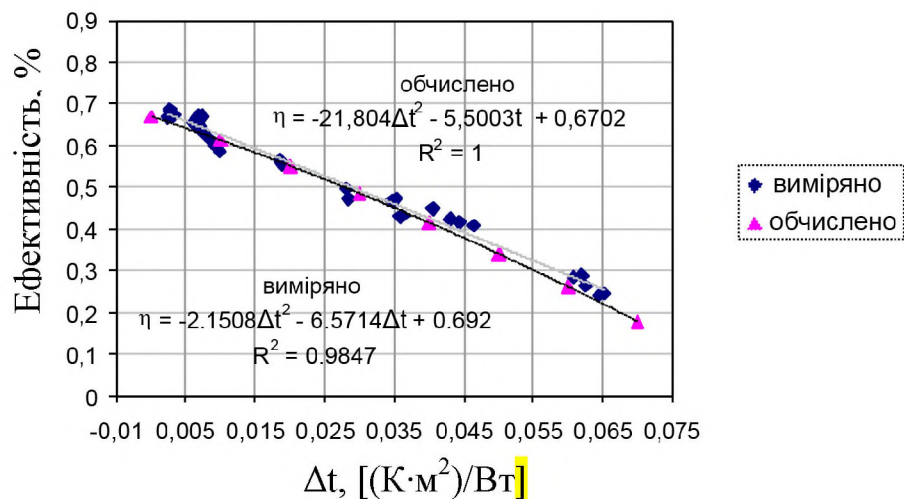


Рис.2.13. Порівняння кривих ефективності без електричного навантаження для колектора RACELL

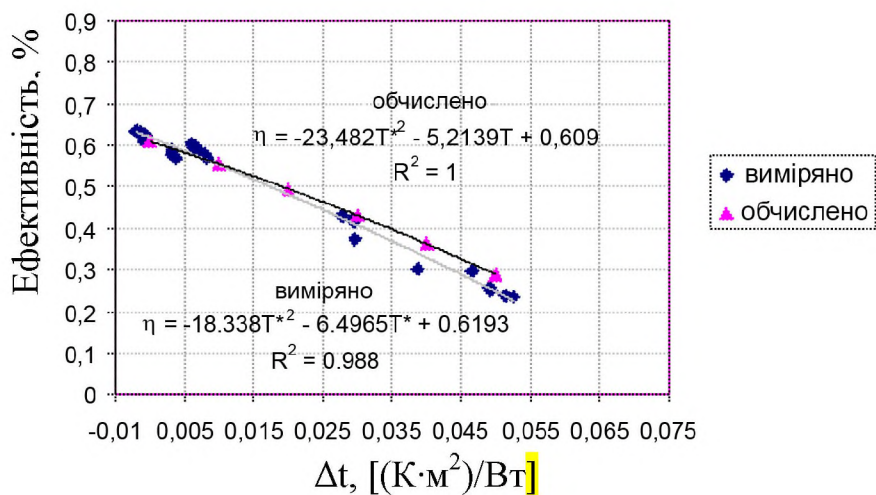


Рис.2.14. Порівняння вимірних і змодельованих кривих ефективності з електричним навантаженням колектора для RACELL

2.5. Фізична модель гібридної PV/T сонячної панелі

Оскільки, із підвищенням температури енергоефективність фотоелектричних батарей значно знижується (на кожні 1 °С підвищення температури понад 25 °С витрачається на чверть відсотка ефективності), то є

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

можливість підвищити їх коефіцієнт корисної дії за рахунок примусового охолодження до робочої температури.

Скидати тепло із сонячних батарей в навколишнє середовище не економічно, поряд з тим що і так основним їх економічним недоліком є нагрівання атмосфери. Подолати ці дві проблеми можна скомбінувавши в одній сонячній батареї фотоелектричний елемент та тепловий колектор, який буде виводити «шкідливе» тепло та акумулювати його для подальшого споживання в цілях опалення та гарячого водопостачання.

Нами запропоновано конструкцію PV/T модуля, який дозволяє з однієї і тієї ж світлопоглинаючої площі генерувати, як електричну так і теплову енергію. Даний модуль розташовується в вакуумній трубці (рис.2.15) і його тепловий режим не впливає на температуру навколишнього середовища.



Рис.2. 15. Гібридна PV/T сонячна панель

В запропонованій конструкції вдалося досягти вищого рівня виробництва корисної енергії з м² робочої площі в порівнянні з існуючими

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

сонячними батареями на ринку. Він складається із світлопрозорого корпусу на якій нанесено зсередини світлоповертаюче покриття для довжин хвиль із інфрачервоного діапазону. Герметичність забезпечується двома ковпаками (1 і 6, рис.2.15). У верхньому ковпаку зроблено отвори для електричних виводів та штуцерів. Сонячні елементи (3) монтуються на мідну пластину (5, рис.2.15), (рис. 2.18). Для відведення тепла до мідної пластини припаюють трубку спеціальної форми (рис. 2.20).

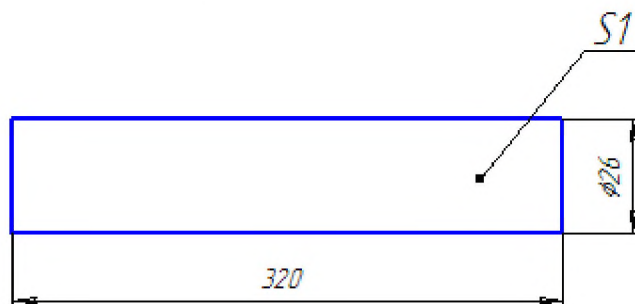


Рис. 2.16. Радіатор

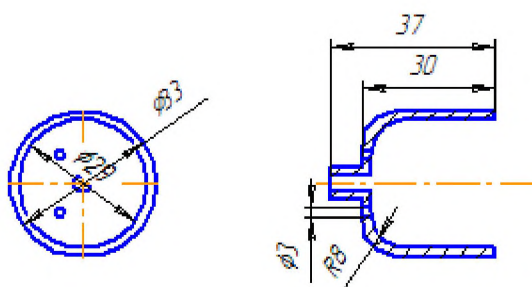


Рис. 2.17. Верхня кришка

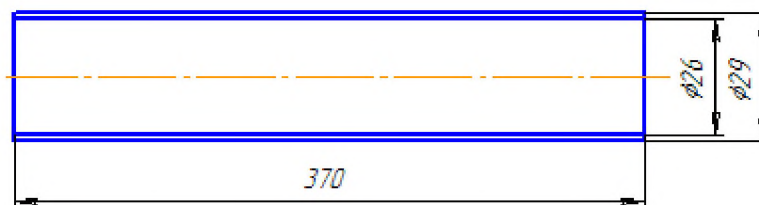


Рис. 2.18. Корпус

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

64

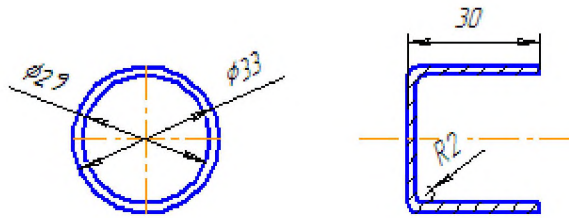


Рис. 2.19. Нижня кришка

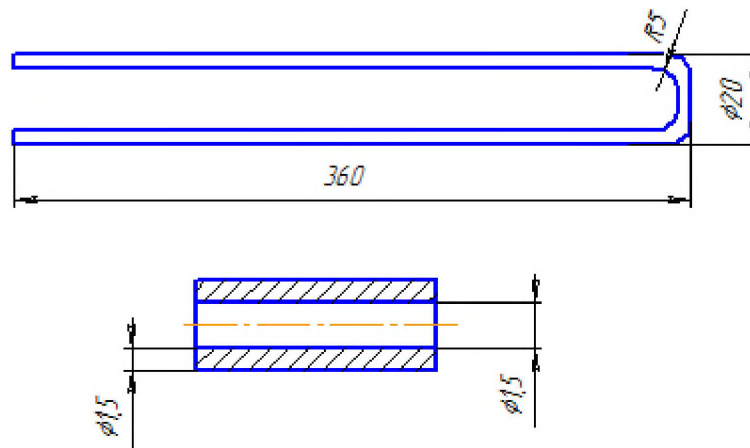


Рис. 2.20. Трубка

2.6. Висновки до розділу

Коефіцієнт поглинання для поглинач (PV елемент) істотно впливає на оптичну ефективність колектора таким чином, що чим вищий коефіцієнт поглинання, тим вища енергоефективність колектора. Коефіцієнт поглинання для кристалічних Si фотоелектричних елементів дуже високий (середнє значення близько 90 – 94 %).

Коефіцієнт випромінювання для поглинач (PV елементу) впливає на коефіцієнта втрати тепла з ростом робочої температури і зі зниженням Коефіцієнт випромінювання підвищує ефективність колектора. Коефіцієнт випромінювання кристалічних Si фотоелектричних елементів приблизно рівний 0,9 (як для селективного металічного поглинач). Щоб досягнути низького коефіцієнта випромінювання потрібно нанести спеціальний, шар прозорі тонкої плівки на передню поверхню фотоелектричних елементів.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Якщо PV/T колектор використовується в якості попереднього нагрівача до іншого колектора під'єданого послідовно, то високого коефіцієнту випромінювання буде достатньо.

Тепловий контакт між фотоелементом і коефіцієнтом випромінювання має велике значення для PV/T колектора, особливо це відображається для підвищення теплового виходу. Підтвердження цього можна побачити на рис . 2.10 і 2.11. Аналіз продуктивності показує, що максимальний енергетичний вихід можна отримати з двох умов:

- коефіцієнти поглинання абсорбера PV елементу будуть якнайбільшими;
- коефіцієнт випромінювання для абсорбера PV елементу величиною 0,1 забезпечує найкращу продуктивність для температур теплоносія на вході 30, 50 і 70 °С. Однак для температури на вході рідини 0 °С, найкращі результати досягаються з коефіцієнтом випромінювання 0,95. Цей результат можна було очікувати, так як ефективність сонячних теплових колекторів з селективним поглиначем нижче, ніж для сонячного теплового колектора з неселективним абсорбером.

Враховуючи, що коефіцієнт випромінювання Si фотоелектричних елементів складає приблизно 0,9, то такий PV/T колектор буде працювати краще при роботі із низькими температурами на вході теплоносія. Завдяки цій властивості PV/T колектор можна використати в якості підігрівача колектора який з'єднаний послідовно з іншим колектором. Другий колектор більш ефективний, при більш високих температурах, може бути колектором з селективним поглиначем покриття, вакуумним колектором і т.д.

Співвідношення коефіцієнта поглинання до більш ефективний 0,95 / 0,1 дає переваги: на 18 % більше енергії, ніж співвідношення 0,90 / 0,95 до рівня температури теплоносія 30 °С . На 50 % більше енергії при 50 °С і приблизно на 80 % більше енергії для температури теплоносія 70 °С . Але, для рівня температури 10 °С , відношення 0,95 / 0,1 забезпечить лише на 5 % менше енергії, ніж відношення 0,95 / 0,95.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

РОЗДІЛ 3

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Алгоритм та програмне моделювання у програмі TRNSYS

На основі теоретичної моделі, наведеної в попередньому розділі, була побудована підпрограма для програми TRNSYS. На рис. 3.1. показано основний алгоритм програми. Програма повторюється, якщо температура модуля PV була оцінена в першому порівняльному блоці порівнюються з розрахунковими значеннями, використовуючи реальні значення коефіцієнтів тепловтрат. Зображення екрану показане на рис. 3.2.

Аналіз проводиться для трьох окремих варіантів PV / Т батареї:

- W_e – електрична енергія, генерована впродовж типового Датського еталону (TRY);
- W_1 – теплова енергія для опалення приміщень PV/Т батареї, отримувана в період з 1 жовтня по 30 квітня. При цьому температура навколишнього середовища (t_n) нижча, ніж 12 °С і температура теплоносія на виході із колектора $t_{вих}$ більша на 20 °С від вхідної;
- W_2 – теплова енергія для нагрівання води, що отримується з PV/Т батареї в період з 1 травня по 30 вересня. При цьому температура теплоносія на виході із колектора $t_{вих}$ більша на 10 °С від вхідної.

У цьому аналізі E_s – загальна продуктивність системи і η_e , η_1 , η_2 , і η_s – економічність системи завдяки W_e , W_1 , W_2 і E_s , відповідно.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Невідомий О.І.			РОЗДІЛ 3	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Белякова І.В.					67	
Консульт.		Белякова І.В.				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

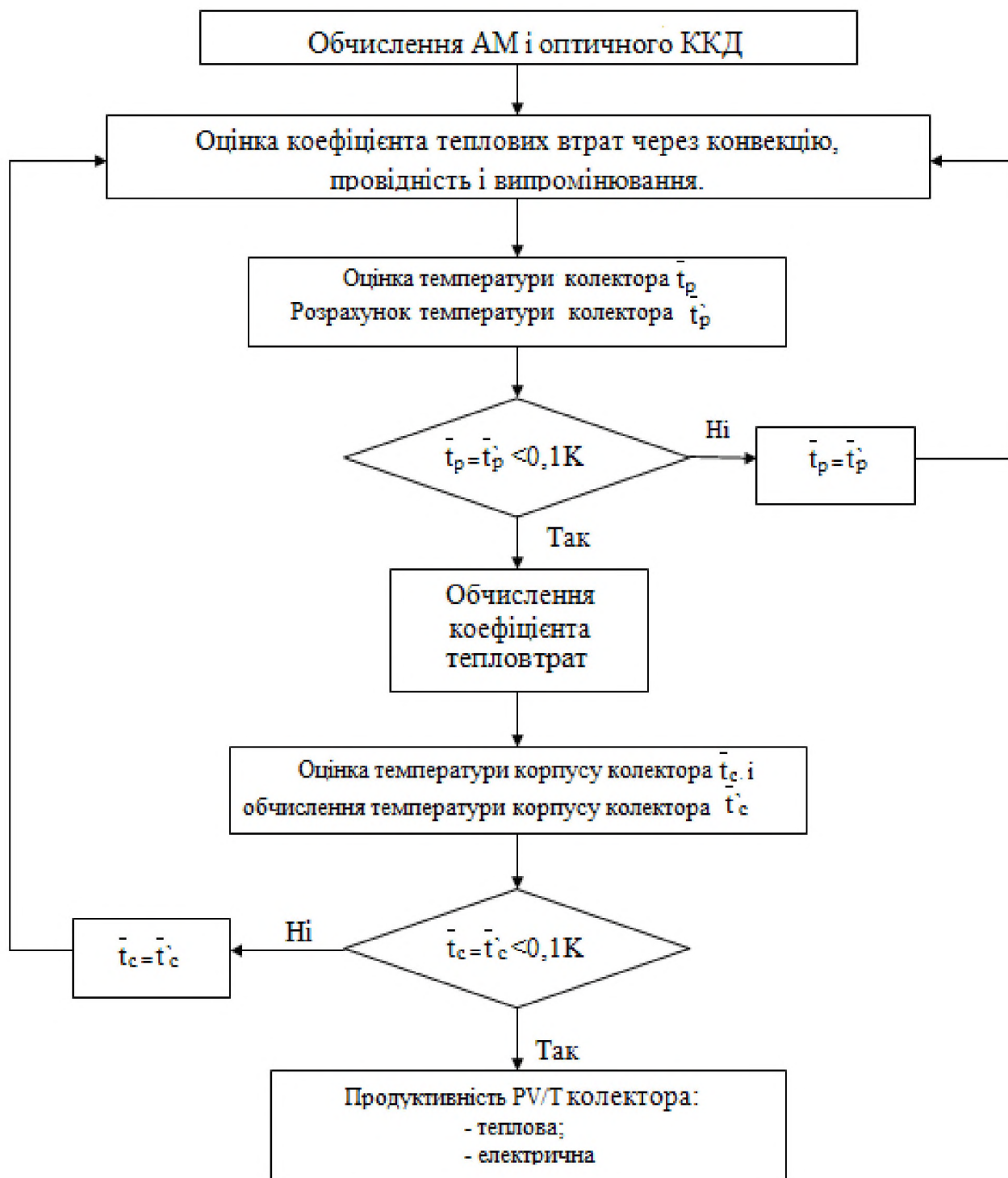


Рис. 3.1. Блок - схема програми моделювання PV / T колектора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

TRANSIENT SIMULATION OF PHOTOVOLTAIC-THERMAL (PV/T) SYSTEMS
(Semitransparent PV-Wall with a Built-In Air Channel)
Solar Energy Center Denmark

Location

City
 Monthly ground reflectance profile

Simulation Data

Month for simulation start
 Day of month for simulation start
 Length of simulation (days)
 Time Step During Simulation
 Graphics display during simulation?

PV/T Wall Orientation

Slope angle
 Azimuth angle

PV/T Wall Specifications

Area (m²)
 Air Channel Depth (m)
 Transparency of the PV Wall (-)
 Incident Angle Modifier
 Absorptance of PV Cells Surface (-)
 Absorptance of inner wall (-)
 Emittance of PV Cells Back Surface (-)
 Emittance of inner wall (-)
 Top Heat Loss Coefficient (from PV) (W/K/m²)
 Collector Width (m)
 Back/Edge Heat Loss Coefficient (W/K/m²)
 Cell Efficiency (-)
 PV Reference Temperature (deg C)
 Temperature Coefficient of PV Cell Type
 Number of Nodes for Simulation

Consumer Specifications

Operation Mode
 Air Flow Rate (per m² of the wall) (m³/h)

Рис. 3.2. Вихідні дані моделювання PV / T колектора в програмі TRNSYS

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Багатофакторний аналіз проведений з використанням двох базових конструкцій PV / T колектора. Перший варіант (REF-1) передбачає незначний коефіцієнт прозорості світла для сонячного спектру і другий варіант (REF-2) передбачає 80 %. При аналізі системи опалення, яка знаходиться в Тернополі, передбачається, що щорічно на площину сонячного колектора падає 889 кВт/м^2 сонячного випромінювання. Число вузлів для моделювання - 10 із змінною температурою повітря на вході. Проектні параметри для двох систем наведені в таблиці 3.1, а результат моделювання на. рис. 3.3 – 3.8.

Таблиця 3.1

Параметри схеми для REF - 1 і REF - 2

Параметри проекту	REF-1	REF-2
Площа, (м^2)	4	4
Глибина каналу, (м)	0,1	0,01
Прозорість PV – модулів	0,20	0,80
Кут падіння випромінювання	3	3
Коефіцієнт поглинання поверхні фотоелектричних елементів	0,90	0,90
Коефіцієнт поглинання внутрішньої стінки	0,95	0,95
Коефіцієнт випромінювання фотоелектричних елементів тильної поверхні стінки	0,90	0,10
Коефіцієнт випромінювання внутрішньої стінки	0,90	0,10
Максимальний коефіцієнт теплових втрат (від PV), $\text{Вт}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$	6	6
Ширина колектора, (м)	1	1
Коефіцієнт теплових втрат, $\text{Вт}/(\text{К} \cdot \text{м}^2)$	1	1
Тип фотоелемента	Моно Si	Моно Si
Ефективність фотоелектричних елементів	0,14	0,14
Температурна характеристика елемента, $^{\circ}\text{C}$	25	15

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Варіант – 1

Першочергово було визначення швидкості повітряного потоку, який призводить до максимальних річних прибутків. Ця швидкість буде розглядатися для подальших відтворень.

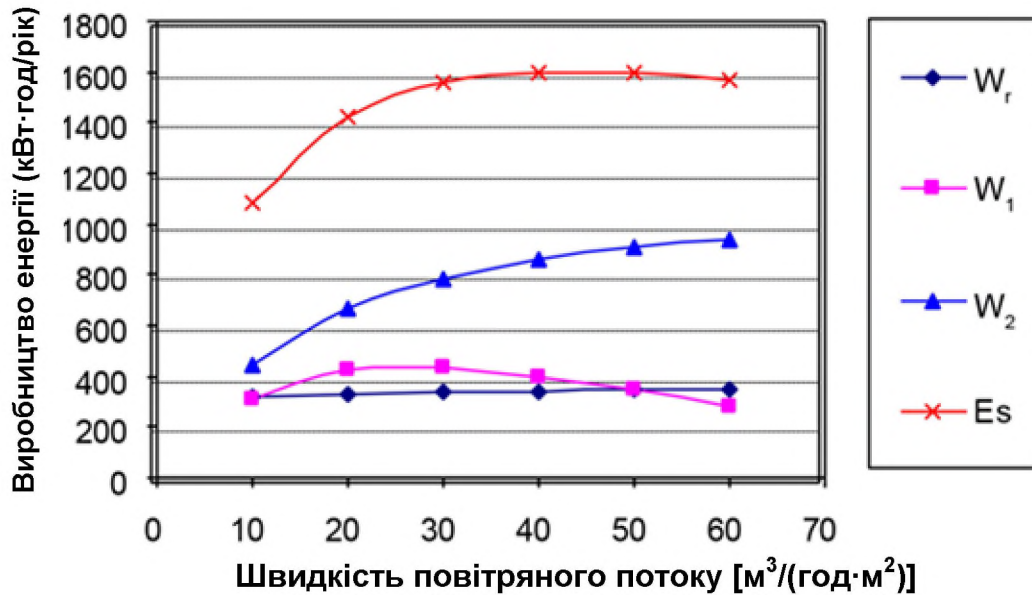


Рис. 3.3. REF-1, продуктивність системи в залежності від повітряного потоку

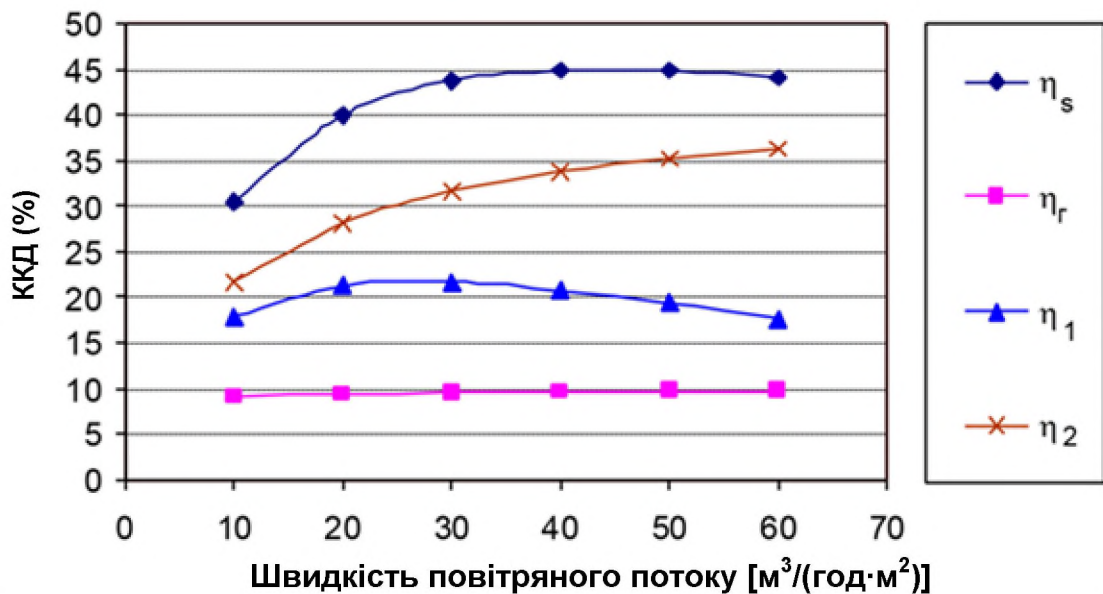


Рис. 3.4. REF-1, залежність ККД ефективність системи від швидкості повітряного потоку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З рис. 3.3 і рис. 3.4 було встановлено витрати повітря, що приводять до максимальної річної прибутковості для REF-1–50 м³/(год·м²). До цього аналізу, потужність приводу вентилятора не обчислюється.

Розподіл теплової енергії на основі швидкості повітряного потоку 50 м³/(год·м²) який можна представлено на рис. 3.5. Він допоможе розробникові системи опалення вибрати необхідну швидкість потоку.

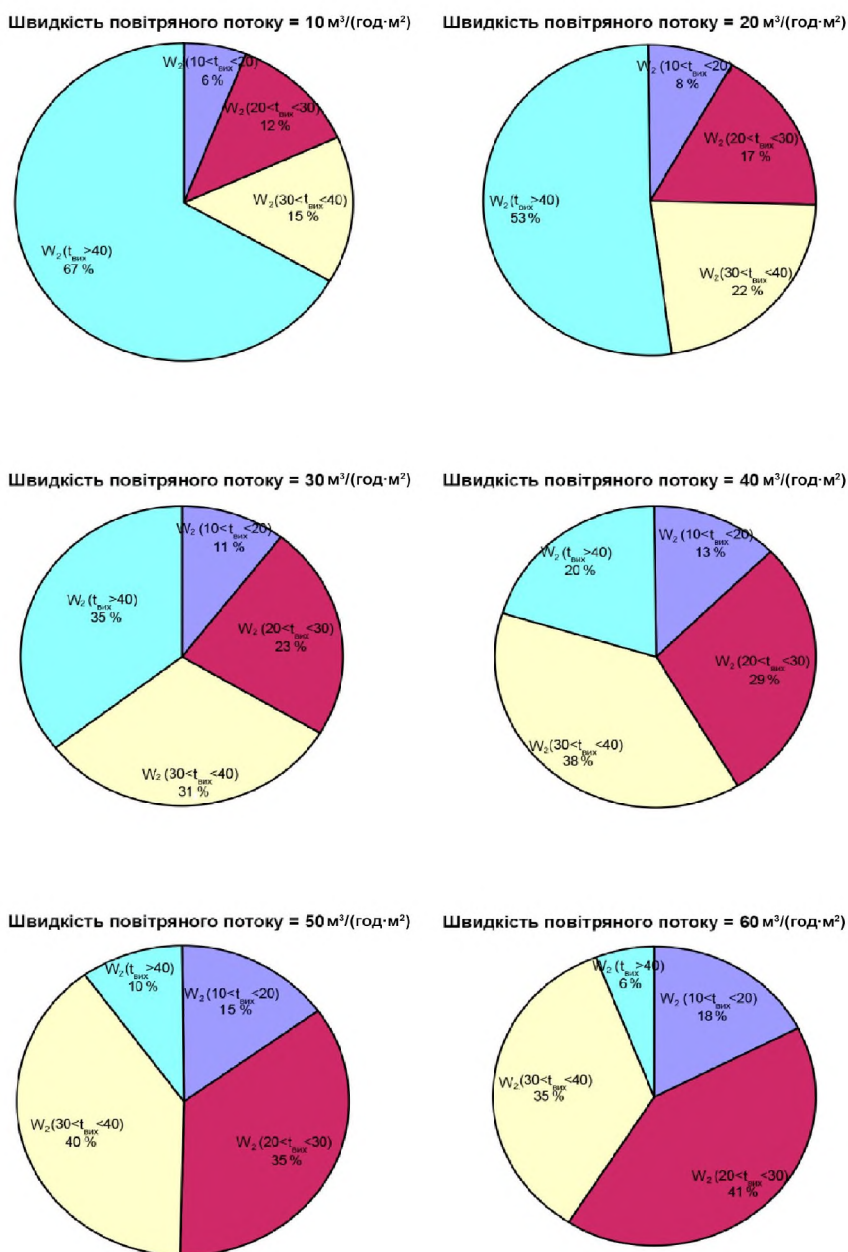


Рис. 3.5. REF – 1, розподіл корисної теплової енергії (W₂) для різниць температур між виходом входом температури t_{вих} > 10°С на протязі періоду з 1 травня по 30 вересня

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

72

Варіант – 2

Визначення швидкості повітряного потоку, який зумовлює максимальну річну продуктивність у другому варіанті.

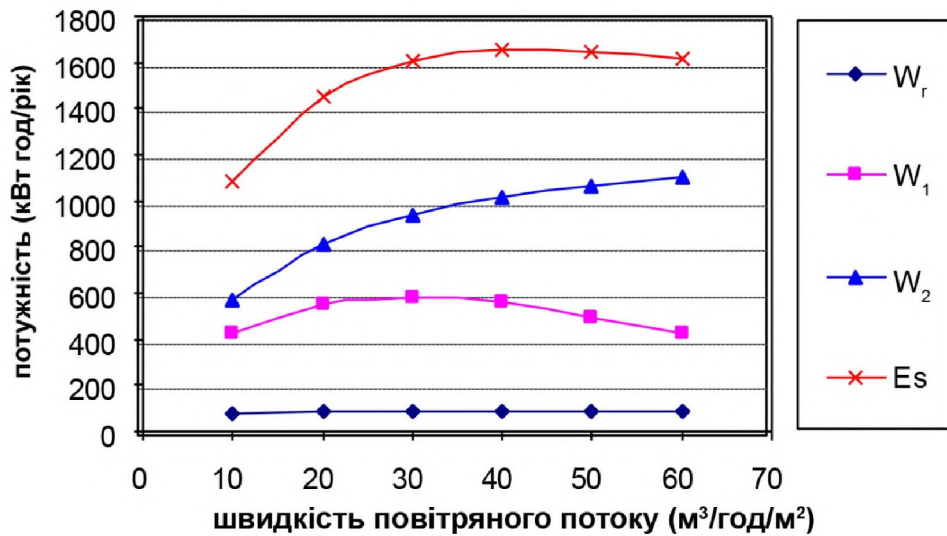


Рис. 3.6. REF-1, продуктивність системи в залежності від

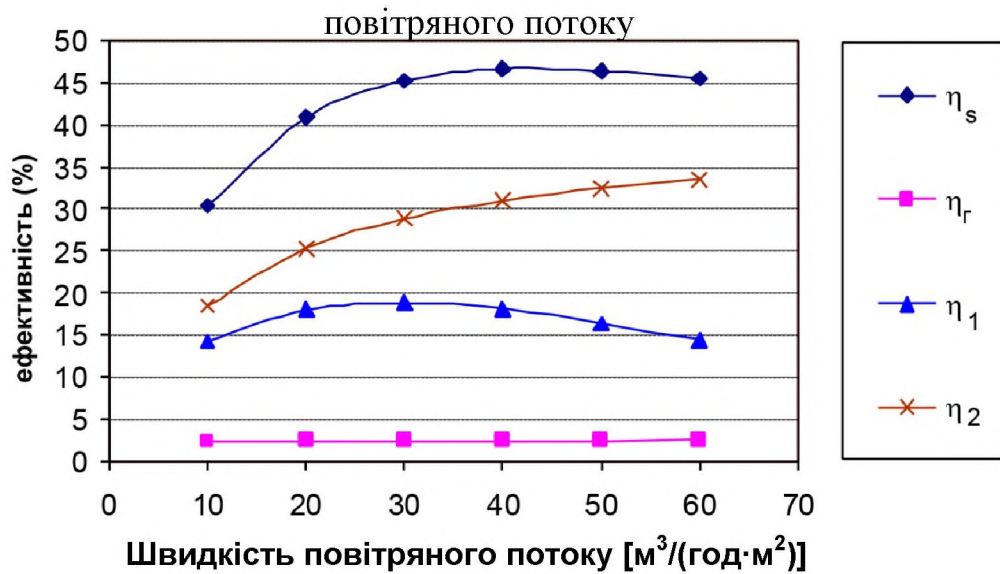


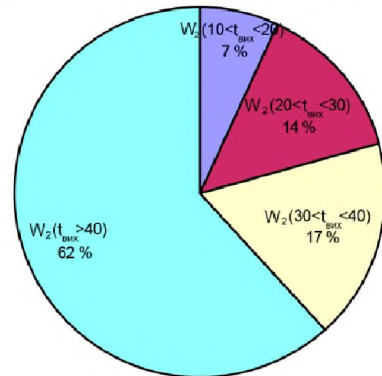
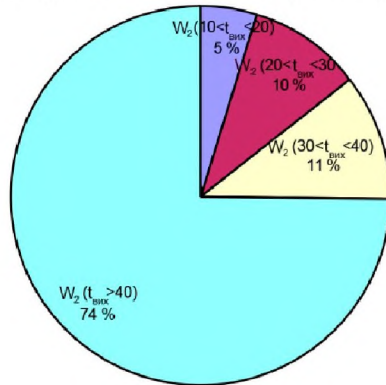
Рис.3.7. REF – 2, залежність ККД ефективність системи від швидкості повітряного потоку

Із двох рисунків 3.6 та 3.7, встановлено, що повітряний потік, який призводить до максимальної продуктивності рівний – $40 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ для REF-2.

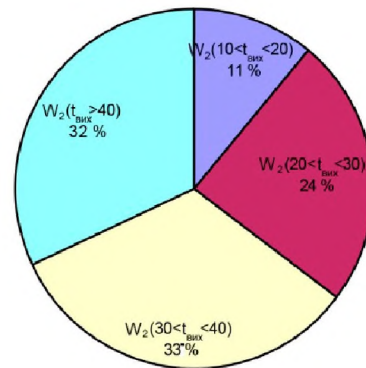
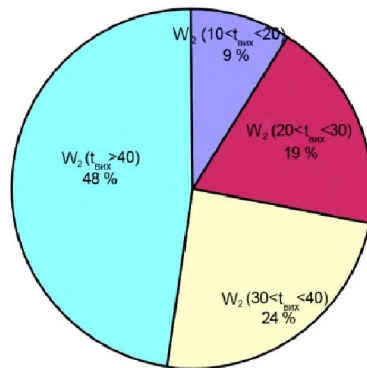
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розподіл теплової енергії на основі швидкості повітряного потоку $40 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ який можна побачити на рис. 3.8.

Швидкість повітряного потоку = $10 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ Швидкість повітряного потоку = $20 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$



Швидкість повітряного потоку = $30 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ Швидкість повітряного потоку = $40 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$



Швидкість повітряного потоку = $50 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$ Швидкість повітряного потоку = $60 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$

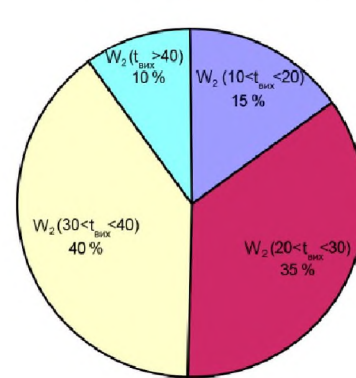
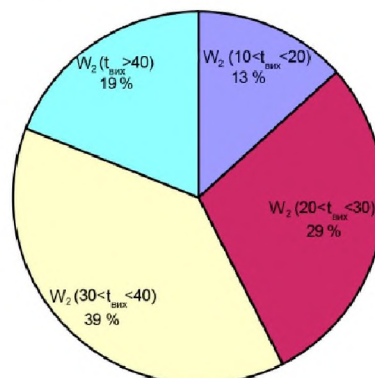


Рисунок 3.8. REF-2, розподіл корисної теплової енергії (W_2) для різниць температур між виходом входом температури $t_{\text{вих}} > 10^\circ\text{C}$ на протязі періоду з 1 травня по 30 вересня

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після визначення оптимальної витрати повітря для обох систем, було проведено інше дослідження для визначення параметрів їх комбінації, з метою отримання високої продуктивності. У таблиці 3.2 показано продуктивність системи при різній комбінації конструктивних параметрів.

Таблиця 3.2.

Річна енергетична ефективність REF - 1 і REF - 2 для різних конструктивних поєднань

REF - 1									
$M, [M^3/(год \cdot M^2)]$	$k_{пр}$	IAM	C_T	C_B	U_α	$W_{г1},$ кВт·год	$W_{г2},$ кВт·год	$W_{г3},$ кВт·год	$E_s,$ кВт·год
50	0,2	3	0,9	0,9	6	344	345	908	1597
50	0,5	3	0,9	0,9	6	215	441	985	1612
50	0,8	3	0,9	0,9	6	86	490	1063	1640
50	0,2	4	0,9	0,9	6	344	358	947	1648
50	0,2	5	0,9	0,9	6	343	365	967	1675
50	0,2	3	0,1	0,9	6	344	342	906	1592
50	0,2	3	0,9	0,1	6	344	342	906	1592
50	0,2	3	0,9	0,9	10	346	250	795	1390
REF - 2									
$M, [M^3/(год \cdot M^2)]$	$k_{пр}$	IAM	C_T	C_B	U_α	$W_{г1},$ кВт·год	$W_{12},$ кВт·год	$W_{23},$ кВт·год	$E_s,$ кВт·год
40	0,8	3	0,1	0,1	6	86	558	1016	1660
40	0,2	3	0,1	0,1	6	341	394	856	1591
40	0,5	3	0,1	0,1	6	214	483	937	1634
40	0,8	4	0,1	0,1	6	86	586	1084	1756
40	0,8	5	0,1	0,1	6	86	603	1125	1814
40	0,8	3	0,9	0,1	6	86	557	1016	1659
40	0,8	3	0,1	0,9	6	86	557	1016	1659
40	0,8	3	0,1	0,1	10	86	464	913	1454

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ

Арк.

75

Виділені області представляють собою найбільш ефективні поєднання.

Аналіз таблиці 3.2 показує, що прозорість для світла PV модуля і кут падіння випромінювання - це найбільш критичні параметри системи. Іншими словами, ці параметри мають великий вплив на продуктивність системи. Ефект можна додатково побачити на рис. 3.9. і 3.10.

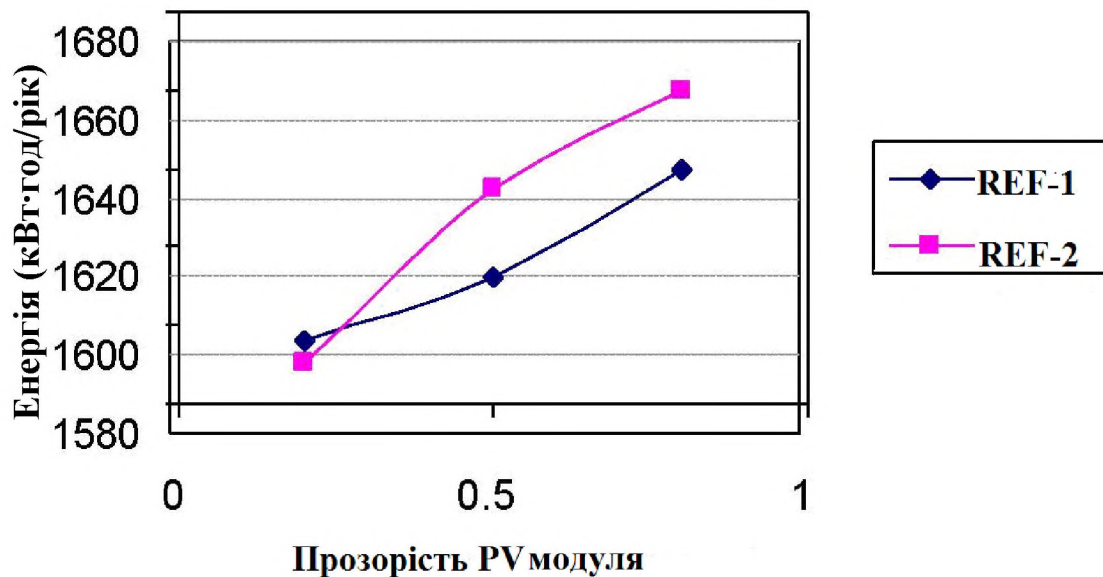


Рис. 3.9. Вплив прозорості PV модуля на вихід енергії

З рис. 3.9 і таблиці 3.2 ми можемо побачити, що продуктивність обох систем зростає з збільшенням прозорості PV модулів. При коефіцієнті прозорості 80 % він становить 1640 кВт для REF – 1 і 1660 кВт для REF - 2. Проте, генерування електричної енергії при цьому надає і становить 86 кВт для обох систем. Це означає, що система з високим коефіцієнтом пропускання світла дійсно ефективна для повітряного колектора.

Рис. 3.10 показує, що присутність фотоелектричних елементів на передній стінці зменшує загальний вихід енергії приблизно на 8 % (з 1814 кВт·год до 1675 кВт·год) при високому IAM коефіцієнті (5). Однак для типового IAM коефіцієнта (3) різниця в діапазоні 4 %.

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Визначення економічної ефективності енергозберігаючих заходів

Визначення економічної ефективності здійснюється з метою ухвалення рішення про доцільність реалізації енергозберігаючого заходу (ЕЗЗ) або техніко-економічного порівняння і вибору найкращого з декількох можливих варіантів ЕЗЗ.

Оцінювання економічної ефективності інвестицій (капітальних вкладень) засноване на визначенні показників виробничо-фінансової діяльності підприємств (прибутку і рентабельності).

Розміри капітальних вкладень і поточних витрат виробництва визначають, як правило, за поточними цінами, тарифами та нормативами (в розрахунках на віддалену перспективу – за прогнозними оцінками, що враховує тенденції зміни вартості устаткування, матеріалів, тощо).

В якості критеріїв економічної ефективності варіантів ЕЗЗ доцільно розглядати:

- витрати на розроблення, створення, впровадження та експлуатацію;
- економічні результати, що їх отримують у сфері використання;
- співвідношення зазначених витрат і результатів.

За можливості вартісного оцінювання витрат і результатів можливих варіантів енергозберігаючих заходів критерієм ефективності є економічний ефект від їхньої реалізації.

За початковий рік розрахункового періоду приймають рік початку фінансування робіт із здійснення заходу.

Кінцевий рік розрахункового періоду визначається моментом

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 4	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Невідомий О.І.</i>						
<i>Перевірів</i>		<i>Белякова І.В.</i>					78	
<i>Консульт.</i>		<i>Малюта Л.Я.</i>				<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

завершення енергозберігаючого заходу.

Розрахунок економічного ефекту проводиться з обов'язковим приведенням різнотермінових витрат і результатів до єдиного для всіх варіантів ЕЗЗ моменту часу – розрахункового року t_p . За розрахунковий рік зазвичай приймають календарний рік, найбільш ранній для всіх можливих варіантів, що передуює використанню ЕЗЗ у виробництві.

Економічна ефективність — це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Основною особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

Коефіцієнт загальної економічної ефективності проекту (K_E) визначається відношенням прибутку (ефекту) від впровадження цього проекту до загальних витрат на нього.

$$K_E = \frac{E}{З} \quad (4.1)$$

де E – прибуток, результат проекту, грн.;

$З$ – загальні затрати, грн.;

Економічна ефективність — досягнення найбільших результатів за найменших затрат праці. Економічна ефективність є конкретною формою дії закону економії часу. За капіталістичного способу виробництва узагальнюючий показник економічної ефективності – норма прибутку. Для народних підприємств у розвинутих країнах заходу основною метою стає максимізація не прибутку, а чистого доходу на одного зайнятого, що не виключає необхідності використання показника норми прибутку. Конкретнішими показниками економічної ефективності є продуктивність і фондомісткість праці, фондовіддача і фондомісткість продукції, матеріаловіддача і матеріаломісткість продукції, економічна ефективність

						ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
							79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

капітальних вкладень, нової техніки, енергомiсткiсть продукцiї та iн. Основнi напрями зростання економiчної ефективностi в Українi: суттєве зниження енергомiсткостi (витрати енергiї на одиницю продукцiї приблизно в 2,5-3 рази перевищують аналогiчнi витрати у розвинутих державах свiту, нафти — у 8-10 разiв), матерiаломiсткостi (витрати матерiалiв та ресурсiв в Українi на одиницю продукцiї в 2-2,5 рази перевищують аналогiчнi показники у країнax Заходу), зростання фондoviддачi тощо.

Ще одним важливим показником економiчної ефективностi будь-якого проекту є термiн (перiод) окупностi. Перiод окупностi (T) – це очiкуване число рокiв, необхідних для повного вiдшкодування iнвестицiйних витрат. Ця величина обернена до коефiцiєнта загальної економiчної ефективностi:

$$T = \frac{1}{K_E} = \frac{3}{E} \quad (4.2)$$

де T – перiод окупностi проекту, рокiв.

4.2. Економiчна ефективнiсть сонячної PV/Т панелi

Капітальнi затрати ($KЗ$) на обладнання включають в себе вартiсть обладнання, вартiсть установки цього обладнання на об'єкті та вартiсть доставки.

Вартiсть обладнання для даної системи становить 1650 грн. Вартiсть доставки та встановлення береться близько 30 % вiд вартостi обладнання.

$$KЗ = 1650 + 0,3 \cdot 1650 = 2145 \text{ грн.}$$

При цьому за рiк одна сонячна панель виробить близько 18 кВт електричної енергiї та бiля 0,5 ГДж теплової енергiї. При цiнах:

- вартiсть 1 кВт·год. електроенергiї = 0,9 грн;
- вартiсть 1 ГДж тепла=1220 грн,

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		80

Ми б мали заплатити:

за спожиту електроенергію:

$$EE = 18 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 0, \text{ грн./кВт} \cdot \text{год} = 16,2 \text{ грн.},$$

за спожиту теплову енергію:

$$TE = 0,5 \text{ ГДж} \times 1220 \text{ грн./ГДж} = 610 \text{ грн.}$$

Разом вартість спожитої енергії (BE_C):

$$BE_C = EE + TE = 16,2 + 610 = 626,2 \text{ грн.}$$

Термін експлуатації сонячних панелей становить близько 15 років.
Знайдемо вартість виробленої електро- та теплоенергії (BE_B):

$$BE_B = 260 / 15 = 17,3 \text{ грн.}$$

Економія електро- та теплової енергії в місяць становить:

$$E = 626,2 - \frac{2145}{15} = 483,2 \text{ грн.}$$

Знаючи річну економію та маючи початкові капітальні затрати на обладнання, розрахуємо термін окупності:

$$T = \frac{2145}{483,2} = 4,44 \text{ роки,}$$

що приблизно становить або ж 4 роки і 5 місяців.

Для такої енергозберігаючої установки як сонячна панель показник дещо більше 4-х років є дуже хорошим результатом. Вважається, що затрати на такий проект є економічно виправдані. І хоч в даному випадку проведено розрахунок лише відносно однієї PV/Т панелі, зі збільшенням кількості цих

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

панелей ми отримуємо прямо пропорційне збільшення отриманої кількості енергії.

4.3.Висновки до розділу

Один з основний критеріїв визначення економічної ефективності – термін окупності проекту. В роботі проведено розрахунок енергозберігаючих заходу по установці PV/Т панелі і порівняння її ефективності із цінами на традиційні джерела енергії. Термін окупності проекту виявився 4 роки і 5 місяців, що з економічних міркувань є прийнятним показником.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						82
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 5.
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА
БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Класифікація приміщень за безпекою електротравм

Відповідно до ПУЕ, приміщення за безпекою електротравм поділяються на три категорії []:

- без підвищеної небезпеки;
- з підвищеною безпекою;
- особливо небезпечні.

Категорія приміщення визначається наявністю в приміщенні чинників підвищеної або особливої небезпеки електротравм. До чинників підвищеної небезпеки належать:

- температура в приміщенні, що впродовж доби перевищує 35 °С;
- відносна вологість більше 75 %, але менше повного насичення (100 %);
- струмопровідна підлога — металева, бетонна, цегляна, земляна тощо;
- струмопровідний пил;
- можливість одночасного доторкання людини до неструмовідних частин електроустановки і до металоконструкцій, що мають контакт із землею.

До чинників особливої небезпеки електротравм належать:

- відносна вологість близька до насичення (до 100 %);
- агресивне (середовище, що пошкоджує ізоляцію).

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Невідомий О.І.</i>			РОЗДІЛ 5	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Консульт.</i>		<i>Гурик О.Я.</i>					84	
<i>Консульт.</i>		<i>Клепчик В.М.</i>				гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>						

Якщо в приміщенні відсутні чинники підвищеної і особливої небезпеки, то воно належить до приміщень без підвищеної небезпеки електротравм.

При наявності одного з чинників підвищеної небезпеки, приміщення належить до приміщень підвищеної небезпеки електротравм.

При наявності одночасно двох чинників підвищеної небезпеки або одного чинника особливої небезпеки, приміщення вважається особливо небезпечним.

Із наведеного видно, що класифікація приміщень за небезпекою електротравм враховує тільки особливості цих приміщень, стан їх середовища і не враховує електротехнічних параметрів електроустановок.

Категорія приміщень є одним з основних чинників, які визначають вимоги щодо виконання електроустановок, безпечної їх експлуатації, величини напруги, заземлення (занулення) електроустановок. Умови поза приміщеннями прирівнюються до особливо небезпечних.

5.2. Причини електротравм, напруга кроку

Як і при інших видах травм, при електротравмах виділяють технічні, організаційно-технічні, організаційні і організаційно-соціальні їх причини [45].

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

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

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

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 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

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

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.

5.3. Запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного походження на об'єктах електроенергетики

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій — це підготовка та реалізація комплексу правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу (спостережень), експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків [46].

Зазначені функції запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного характеру в нашій країні виконує Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998 р. № 1198.

Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру (ЄДСЗР) включає в себе

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природної безпеки, організують проведення роботи із запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного та природного походження і реагування у разі їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат.

Основною метою створення ЄДСЗР є забезпечення реалізації державної політики у сфері запобігання і реагування на надзвичайні ситуації, забезпечення цивільного захисту населення.

Завданнями ЄДСЗР є:

- розроблення нормативно-правових актів, а також норм, правил та стандартів з питань запобігання надзвичайним ситуаціям та забезпечення захисту населення і територій від їх наслідків;
- забезпечення готовності центральних та місцевих органів виконавчої влади, виконавчих органів рад, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- виконання цільових і науково-технічних програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- збирання та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

- прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;
- створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- проведення державної експертизи, забезпечення нагляду за дотриманням вимог щодо захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій (у межах повноважень центральних та місцевих органів виконавчої влади);
- оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне його інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;
- захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;
- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення, проведення гуманітарних акцій;
- реалізація визначених законодавством прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;
- участь у міжнародному співробітництві у сфері цивільного захисту населення.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

РОЗДІЛ 6 ЕКОЛОГІЯ

6.1. Екологічні аспекти нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії

Оцінюючи перспективи розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЕ), як правило, підкреслюють їхню екологічну чистоту. Це дійсно справедливо, але тільки для певних видів НВДЕ, хоча взагалі вони впливають певним чином на довкілля. Утім, поза сумнівом, НВДЕ більш прийнятні з погляду впливу на екологію, ніж джерела традиційної енергетики (ТЕС, АЕС, ГЕС, ОПК, дизельні установки та ін.) [21].

Ширше використання НВДЕ пов'язане з освоєнням нових технологій перетворення енергії сонця, вітру, біомаси, гідроенергії й геотермального тепла землі. Особливу роль в енергетичній структурі НВДЕ на тривалу перспективу відводять гідроенергетиці, яка нині є основним видом відновлюваних джерел енергії. Екологічні напрями застосування малих ГЕС лише в окремих аспектах збігаються з проблемами традиційної гідроенергетики і не піддаються жодному порівнянню з ними.

Загальні негативні способи застосування НВДЕ пов'язані з проблемами землекористування, шуму, зміни ландшафту, використання нових матеріалів, виробництво яких в окремих випадках може негативно вплинути на довкілля (наприклад, одержання кремнію для сонячної енергетики), тощо. Необхідно враховувати, що характер взаємодії цих установок з довкіллям є принципово іншим за негативних дій, характерних для кожного виду НВДЕ. Тому аналіз можливих наслідків повинен проводитися ще на етапі їхньої розробки і проектування. Це дасть змогу уникнути помилок, допущених під час

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 6	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Невідомий О.І.</i>					90	
<i>Перевірів</i>		<i>Белякова І.В.</i>						
<i>Консульт.</i>		<i>Зварич Н.М.</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваль В.П.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Тарасенко М.Г.</i>			<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>			

опанування традиційних енергоустановок, коли спочатку були створені технологічні принципи і лише потім, у процесі експлуатації, розпочалися пошуки шляхів подолання негативних екологічних впливів.

У процесі використання НПДЕ найхарактернішими з погляду дії на довкілля є такі аспекти.

Сонячна енергія. Низькотемпературні сонячні системи тепло- й водопостачання є найпоширенішими на цей час як в індустріально розвинених, так і в країнах, що розвиваються. В екологічному аспекті для експлуатації низькотемпературних систем характерні наслідки циклу видобутку початкових матеріалів та їхньої переробки; зниження негативних впливів на довкілля, що їх роблять викиди продуктів згорання заміщених традиційних котелень; зниження теплового забруднення .

Середньо- і високотемпературні сонячні установки досі залишаються на стадії інтенсивної розробки. У світі створено декілька станцій (СЕС) з використанням розосереджених параболічних систем концентратів (загальною потужністю 400 МВт). Досвід їхньої експлуатації показав, що основним екологічним чинником для СЕС за термодинамічним циклом перетворення енергії є блокування устаткуванням значних земельних територій. Так, середню потенційну можливість СЕС такого циклу оцінюють у 30...40 МВт з 1км² [21].

Вітроенергетика. Дотепер у світі нагромаджено величезний досвід щодо практичної експлуатації найрізноманітніших джерел енергії вітру. Як засвідчив досвід експлуатації, у наш час економічно доречнішими є ВЕС у діапазоні потужностей від 100 до 350 кВт. Більшість європейських країн підтримує створення ВЕС з урахуванням екологічних вимог до енергоустановок, а також проблем надійності й безпеки енергозабезпечення.

Дія вітроенергетики зумовлена такими найголовнішими екологічними чинниками, як: блокування земельних територій; шумові ефекти. що зростають із підвищенням потужності й числа вітродвигунів; висока

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

металоємність вітроустановок, пов'язана з вимогами попереднього циклу видобутку і переробки металів; вібраційна дія на біоту; загибель великої кількості птахів під лопатями вітродвигунів.

Максимальна потужність, яку можна одержати з 1 км² площі, коливається в широких границях залежно від району використання, типу станції й технологічних особливостей конструкції (середнє значення ~ 10 МВт/км²). Шумовий ефект у безпосередній близькості від ВЕС може досягати 50...80 дБ, тим часом як порогова витривалість людського вуха, прийнята на основі больових відчуттів, становить 180 дБ. Окрема екологічна проблема виникає від шумової дії установок значної потужності (понад 250 кВт), коли швидкості потоку повітря на кінцях лопаток вітроколів великого діаметру є надзвуковими. При цьому з'являється інфразвуковий ефект, що негативно впливає на людину та інші біологічні суб'єкти [21].

За оцінками Всесвітнього конгресу Міжнародного товариства з проблем сонячної енергії, що відбувся в Денвері (США), якщо брати до уваги екологічні чинники, то СЕС і ВЕС уже сьогодні більш економічні, ніж ТЕС й АЕС.

6.2. Методи прогнозування стану навколишнього природного середовища

Екологічним прогнозуванням називають передбачення стійких змін у навколишньому природному середовищі, що відбуваються в результаті складних ланцюгових реакцій, зв'язаних як з безпосереднім впливом людства на довкілля, так і з віддаленими опосередкованими наслідками цих впливів. За масштабами передбачуваних явищ екологічні прогнози поділяють на [21]:

- глобальні (фізико-географічні);
- регіональні (в межах кількох країн, одного материка, океану тощо);
- національні (в межах країни);

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

- локальні (для невеликих територій).

За даними різних авторів нараховується від 100 до 250 методів прогнозу стану природного середовища, які можна об'єднати у три основні групи: методи експертної оцінки, екстраполювання та моделювання.

Метод експертної оцінки (метод евристичного прогнозування або інтуїтивного передбачення - так званий метод Делфі) оснований на логічному моделюванні і полягає у вилученні прихованих в людині знань за допомогою штучних навідних запитань (маєвтика). Суть цього методу у сучасному розумінні зводиться до спеціалізованих експертних оцінок та математичної обробки анкет. Цей метод застосовують у випадках, коли об'єкти прогнозування не піддаються формалізації повністю чи частково. В основі методу лежить система отримання та обробки інформації шляхом цілеспрямованого індивідуального опитування експертів у вузькій галузі науки, техніки та виробництва. За допомогою методів експертної оцінки можна підвищити надійність прогнозів, отриманих іншими методами.

Метод екстраполювання полягає у перенесенні даних, отриманих у певній області, на більш-менш обширні аналогічні площі або у розрахунку наступного ряду значень деякої властивості, виходячи з попереднього характеру кривої (продовження відомого ряду, існуючої тенденції на майбутній відрізок часу чи на поки що невідомий, але передбачуваний аналогічний простір). Інколи до екстраполяції відносять пошук проміжних значень деякої властивості між відомими її значеннями - інтерполяцію прямолінійну, експоненціальну або за іншими заздалегідь відомими кривими змін. Метод екстраполювання використовують вибірково для короткострокових прогнозів. Застосовують його також у випадках, коли розвиток процесів протягом значного проміжку часу відбувається рівномірно, без значних стрибків.

Метод моделювання полягає у створенні спрощених версій реального світу, які називають моделями. У моделях знаходять відображення

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

найсуттєвіші, найважливіші властивості та функції інколи складного та різноманітного процесу чи об'єкта. Модель може бути словесною (вербальною), графічною, статистичною чи математичною (у т.ч. комп'ютерною). При прогнозуванні наслідків антропогенних впливів на природне середовище зручно відрізнити геофізичні моделі (перенесення та перетворення забруднюючих речовин у навколишньому середовищі) та екологічні моделі (зміни стану екосистем під дією забруднення). Навіть у тому випадку, коли модель досить умовно відповідає реальному процесу чи об'єкту, вона є дуже корисною на перших етапах досліджень, оскільки виділяє ключові компоненти та взаємодії, що заслуговують найбільшої уваги.

Усі способи екологічного прогнозування мають обмеження, зв'язане з принципом неповноти інформації (принципом невизначеності), який полягає у наступному: інформація при проведенні акцій по перетворенню природи завжди є недостатньою для апріорного судження про всі можливі результати (особливо у віддаленій перспективі) заходу, що здійснюється. Це зв'язане з винятковою складністю природних систем, їх індивідуальною унікальністю та неминучістю природних ланцюгових реакцій, напрямок яких нерідко важко передбачити. Для зменшення ступеня невизначеності моделювання необхідно доповнювати безпосередніми дослідженнями у природі, натурними експериментами і з'ясуванням динаміки природних процесів. Принцип невизначеності служить важливим обмеженням у використанні методу аналогій при екологічному прогнозуванні, оскільки аналогія завжди є неповною через індивідуальність природних систем.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сонячні електростанції використовують для отримання електроенергії за допомогою вловлювання сонячних променів. Це екологічно чистий спосіб отримання електричної та теплової енергії, при цьому не завдаючи шкоди навколишньому середовищу. Сьогодні сонячні електростанції будують там, де інші джерела електроенергії відсутні, але їх відсутність економічно компенсуються достатком сонячного випромінювання.
2. Серед проблем використання сонячних фотоелементів – їх вартість та утилізація. Проблема вартості поступово вирішується – ціни на фотоелементи знижуються приблизно на 4 % в рік. З утилізацією проблемніше, так як сонячні елементи містять отруйні речовини (свинець, галій, кадмій і миш'як) і виробництво їх споживає ще більше шкідливих речовин. Через недовгий термін служби, поставити виробництво сонячних батарей на потік неможливо, оскільки поки що немає прийняттого, з екологічної точки зору, способу їх утилізації.
3. Наведено опис методики розрахунку термодинамічної частини PV/Т колектора та вихідні дані до розрахунку; графіки енергоефективності колекторів різного виконання, проведено аналіз оптимальної конструкції PV / Т колекторів; енергетичний баланс PV / Т колектора, який складається із фотоелектричного елемента та системи нагрівання води.
4. Здійснено моделювання електричних та теплових параметрів у програмі TRNSYS. Встановлено, що на сьогодні день такі типи колекторів є найбільш ефективними.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Невідомий О.І.			ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Беякова І.В.					95	
Консульт.		Беякова І.В.				<i>гр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ</i>		
Н. Контр.		Коваль В.П.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

5. Запропоновано власну конструкцію гібридного PV/Т колектора, який володіє високими показниками продуктивності. За рахунок сонячної енергії розроблена система дозволить в не опалювальний період зекономити до 80 % теплової енергії і до 20 % – в опалювальний період. Термін окупності одного модуля трохи більше 4-х років.

					<i>ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						96
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hybrid PV-Thermal Solar Panels - A Good Idea?
<http://www.solarblogger.net/2012/10/hybrid-pv-thermal-solar-panels-good-idea.html>
2. Concentrating PV/T Hybrid System for Simultaneous Electricity and Usable Heat Generation: A Review. <http://www.hindawi.com/journals/ijp/2012/869753/>
3. The hybrid solar panel. <http://dualsun.com/product/2-in-1-solar/>
4. New technical solutions for energy efficient buildings. http://www.sci-network.eu/fileadmin/templates/sci-network/files/Resource_Centre/Innovative_Technologies/SOTA_PVT.pdf
5. Hybrid Solar Panels Combine Photovoltaics with Thermoelectricity .
<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=hybrid-solar-panels>
6. Improved hybrid solar collector has higher efficiency, longer lifespan.
<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/07/110715163150.htm>
7. SolarX Energy's hybrid solar energy system produces hot water, clean electricity. <http://www.ecochunk.com/4556/2012/12/12/solarx-energys-hybrid-solar-energy-system-produces-hot-water-clean-electricity/>
8. Virtu Hybrid Solar PV Water Heating. <http://www.reuk.co.uk/Virtu-Hybrid-Solar-PV-Water-Heating.htm>
9. Hybrid solar panel heats water while generating electricity.
<http://www.theengineer.co.uk/energy-and-environment/news/hybrid-solar-panel-heats-water-while-generating-electricity/1012110.article>
10. Naked Energy touts hybrid solar panel in tube design.
<http://phys.org/news/2012-04-naked-energy-touts-hybrid-solar.html>

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ					
Розробив		Невідомий О.І.						Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Белякова І.В.							97	
Консульт.		Белякова І.В.						зр.ЕМм-61, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Коваль В.П.								
Зав каф.		Тарасенко М.Г.								

11. IEA, workshop on PV/Thermal systems, Amersfoort, the Netherlands, September 17-18 1999.
12. Hotel, Whillier, Transactions of the Conference on the Use of Solar Energy, 2, 74, University of Arizona, 1958
13. M. Bosanac, A. Brunotte, W. Spirkel and R. Sizmann, Use of Parameters Identification for Flat-Plate Collector Testing under Non-Stationary Conditions, Renewable Energy Sources, 4, 217-222, 1994.
14. ISO 9060 Solar Energy - Specification and Classification of Instruments for Measuring Hemispherical Solar and Direct Solar Radiation
15. ISO 9459 part 3 Solar Heating - Domestic Water Heating Systems; Performance Testing for Solar Plus Supplementary Systems ISO/DIS 9846 Solar Energy - Calibration of a Pyranometer Using a Pyrheliometer
16. IEC 60904-1:1987, Photovoltaic devices - Part 1: Measurements of photovoltaic current-voltage characteristics.
17. IEC 60904-2:1989, Photovoltaic devices - Part 2: Requirements for reference solar cells.
18. IEC 60904-3:1987, Photovoltaic devices - Part 3: Measurements principles for terrestrial photovoltaic (PV) of photovoltaic current-voltage characteristics.
19. Березуцький В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / В.В. Березуцький, Л.А.Васьковець Л.А., Н.П.Вершиніна та ін.; За ред. проф. В. В. Березуцько-го. -Х.: Факт, 2005. - 384 с.
20. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. - Л.: ЛГУ, 1991.- с. 153.
21. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посібник. - К.: Т-во "Знання", 2002. - 203 с.

					ДРМ 318.18.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98