


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**Розробка концентратора сонячного
випромінювання**

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
3 курсу групи ЕТс-20-2


Підпис


Шумовецький Д.О.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

д.т.н., проф. Скиба М.Є.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

К.Т.Н. доц. Тимошук О.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

20 06 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Шумовецький Дмитро Олександрович
Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка концентратора сонячного випромінювання**
керівник роботи **Скиба М.Є., д.т.н, професор**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 202__ р. № _____

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики сонячних випромінювань та концентраторів-аналогів.**

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

1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів

2 Розробка конструкції сонячного концентратора

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Види сонячних концентраторів. Док. оглядовий (А1)

Аркуш 2. Процес нагріву рідини сонячним концентратором. Документ технологічний (А1). **Аркуш 3. Спиральний ресивер для нагрівання рідини. Документ ілюстраційний (А1).** **Аркуш 4. Сонячний концентратор енергії. Документ ілюстраційний (А1).**


6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів	01.06.23р.	
2 Розробка конструкції сонячного концентратора	07.06.23р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії	17.06.23р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	21.06.23р.	

Студент 
Підпис

Шуштарський Д.О.
Ініціали, прізвище

Керівник роботи 
Підпис

Скєда М.Є.
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові **Шумовецький Дмитро Олександрович**

2. Тема бакалаврської роботи
Розробка концентратора сонячного випромінювання

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 4 арк., сторінок записки 64

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів

2 Розробка конструкції сонячного концентратора

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії

Висновки

Перелік джерел посилання

Підпис студента _____

" 26 " 06 2023 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від " 28 " 06 2023 р.

Оцінка проекту ЕК _____

Рекомендації ЕК _____

добре 4,0/5
в навчальний процес

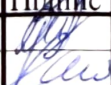
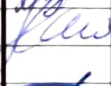
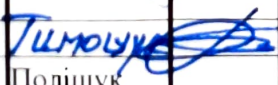

Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 28 " 06 2023 р.

ЗМІСТ

	стор
Вступ	6
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів	8
1.1 Використання сонячної енергії на Землі	8
1.2 Загальна інформація про сонячні концентратори	14
1.3 Види сонячних концентраторів	18
1.4 Практичне використання сонячних концентраторів	20
1.5 Приклади практичного використання концентраторів сонячної енергії	24
1.6 Висновки до першого розділу	24
2 Розробка конструкції сонячного концентратора	30
2.1 Обґрунтування типу сонячного концентратора	30
2.2 Розробка схеми нагріву води з використанням сонячного концентратора	37
2.3 Розробка конструкції сонячного концентратора	41
2.4 Висновки до другого розділу	44
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії	45
3.1 Вихідні дані	45
3.2 Технічні характеристики параболічного концентратора	48
3.3 Тепловий та оптичний розрахунок сонячного концентратора	49
3.4 Гідравлічний аналіз спірального ресивера	52
3.5 Висновки до третього розділу	53

БРМА23.00.00.000 ПЗ					
Зм	Арк.	Докум.	Підпис	Дата	
Виконав		Шумовецький			Розробка концентратора сонячного випромінювання
Перевір.		Скиба			
Н контр.					ХНУ гр.ЕТс-20-2
Затвер.		Поліщук			

Висновки	54
Перелік джерел посилання	55
Додаток А	

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сонячна енергетика - напрямок альтернативної енергетики, заснований безпосередньому використанні сонячного випромінювання для отримання енергії. Сонячна енергетика є «екологічно чистою», тобто такою, що не виробляє шкідливих відходів під час активної фази використання. Виробництво енергії за допомогою сонячних електростанцій добре узгоджується з концепцією розподіленого виробництва енергії. Кількість сонячної енергії, що надходить Землю, перевищує енергію всіх світових запасів нафти, газу, вугілля та інших енергетичних ресурсів, зокрема. поновлюваних. Використання лише 0,0125% сонячної енергії могло б забезпечити всі сьогоденні потреби світової енергетики, а використання 0,5% - повністю покрити потреби у майбутньому. Потенціал сонячної енергії настільки великий, що, за існуючими оцінками, сонячної енергії, що надходить на Землю щохвилини, достатньо для того, щоб задовольнити поточні глобальні потреби людства в енергії протягом року.

В даний час розробляються нові матеріали, технології та технічні рішення, підвищується ефективність існуючих методів перетворення відновлюваних джерел енергії.

Багато зусиль докладено до створення нових напівпровідникових матеріалів, за допомогою яких найефективніше можна здійснити перетворення сонячної енергії безпосередньо на електроенергію.

Однією з важливих проблем прямого перетворення сонячної енергії на електричну є низька щільність потоку сонячної енергії (у порівнянні зі щільністю потоку енергії на традиційних теплових електростанціях). Як фотоперетворювачі найчастіше застосовуються монокристалічні кремнієві фотоелементи з одним р-п-переходом, що мають ККД близько 15%, що менше ККД традиційної теплової електростанції.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

В результаті, собівартість електроенергії, яка отримується на сонячних електростанціях, залишається порівняно високою. Ця проблема може бути вирішена різними способами: зниженням вартості фотоперетворювачів, застосуванням каскадних багатоперехідних фотоелементів на основі арсеніду галію-індія, фосфіду алюмінію-індія, германію, створенням високовольтних фотоелементів.

При використанні багатоперехідних каскадних сонячних елементів на основі новітніх матеріалів, зважаючи на їх високу вартість, необхідно створювати високу щільність потоку сонячної енергії, щоб зменшити необхідну площу фотоперетворювачів. Ця проблема вирішується за допомогою сонячних концентраторів, які зосереджують на невеликих площах енергію, концентровану до 1000 разів.

Світло, що випромінює Сонце, за допомогою пасивних, а також активних систем перетворюється на теплову енергію.

Завдання сонячного концентратора – сфокусувати сонячне проміння на ємності з теплоносієм. Ефективність сонячних концентраторів залежить від точної орієнтації на Сонці та властивостей поверхні, що відбиває.

Застосування сонячних концентраторів дозволяє підвищити ефективність перетворення сонячної енергії, але створює ряд труднощів, пов'язаних із забезпеченням потрапляння сонячного світла на площину приймача, витратами енергії на орієнтацію на Сонці тощо.

Високу температуру, отриману за допомогою сонячного концентратора, можна використовувати для опріснення води, отримання водню, переробки пластикових ТПВ, приготування їжі та в печах для плавлення металів.

Тому розробка концентраторів сонячного випромінювання є актуальною задачею.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В ОБЛАСТІ СОНЯЧНИХ КОНЦЕНТРАТОРІВ

1.1 Використання сонячної енергії на Землі

Енергія Сонця – це лише потік фотонів. І водночас це – один із основних чинників, які забезпечують саме існування життя в нашій біосфері. Тому цілком природно, що сонячне світло активно використовується людиною не тільки в кліматичному аспекті, а й як альтернативне джерело енергії [1, 2].

Де використовується сонячна енергія.

Сфера застосування енергії Сонця дуже широка, і з кожним роком вона стає дедалі більшою. Так, ще зовсім недавно дачний душ із сонячним нагрівачем сприймався як щось незвичайне, а можливість використання сонячного світла для домашніх електромереж взагалі здавалася фантастикою. Сьогодні ж нікого не здивуєш не лише автономною геліостанцією, а й мобільними зарядками на сонячних батареях і навіть мілкою технікою (наприклад годинником), що працює на фотогальванічному ефекті.

Загалом використання сонячної енергії дуже затребуване в таких галузях, як:

- сільське господарство;
- енергопостачання санаторіїв та пансіонатів;
- природоохоронна діяльність та екотуризм;- космічна галузь;
- електрифікація віддалених та складнодоступних регіонів;
- вуличне, садове та декоративне освітлення;
- сфера житлово-комунального господарства (гаряче водопостачання, прибудинкове освітлення);
- мобільна техніка (гаджети та зарядні модулі на сонячних батареях).

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Раніше енергія Сонця використовувалася головним чином у космічній галузі (енергопостачання супутників, станцій тощо) та в промисловості, але згодом альтернативну енергетику почали активно розвивати й у побуті. Одними з перших об'єктів, оснащених сонячними установками, стали південні пансіонати та санаторії, особливо розташовані у відокремлених районах.

Сонячні установки та їх переваги.

Успішне застосування перших геліомодулів довело, що енергія сонячних променів має масу переваг перед традиційними джерелами. Раніше головними перевагами геліоустановок називали лише екологічність та невичерпність (а також безкоштовність) сонячного світла.

Але насправді список переваг набагато ширший:

- автономність, оскільки не потрібно жодних зовнішніх енергокомунікацій;
- стабільність подачі живлення, в силу специфіки сонячний струм не схильний до стрибків напруги;
- економічність, оскільки кошти витрачаються лише один раз, під час монтажу установки;
- солідний ресурс експлуатації (понад 20 років);
- всесезонне використання, сонячні установки ефективно працюють навіть у морози та хмарну погоду (з незначним зниженням коефіцієнта корисної дії);
- простота та зручність сервісного обслуговування, оскільки потрібно лише зрідка очищати лицьові сторони панелей від забруднень.

Єдиним недоліком можна назвати лише залежність від Сонця і той факт, що такі установки не працюють уночі. Але ця проблема вирішується за рахунок підключення спеціальних акумуляторів, в яких накопичується енергія сонячного світла, що вироблена за день.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Фотоенергія.

Фотоенергія – це один із двох способів використання випромінювання Сонця [3]. Це постійний струм, що виробляється під впливом сонячних променів. Відбувається таке перетворення в так званих фотоелементах, які, по суті, є двошаровою структурою з двох напівпровідників різного типу (рис.1.1). Нижній напівпровідник відноситься до р-типу (з нестачею електронів), верхній - до n-типу з надлишком електронів.

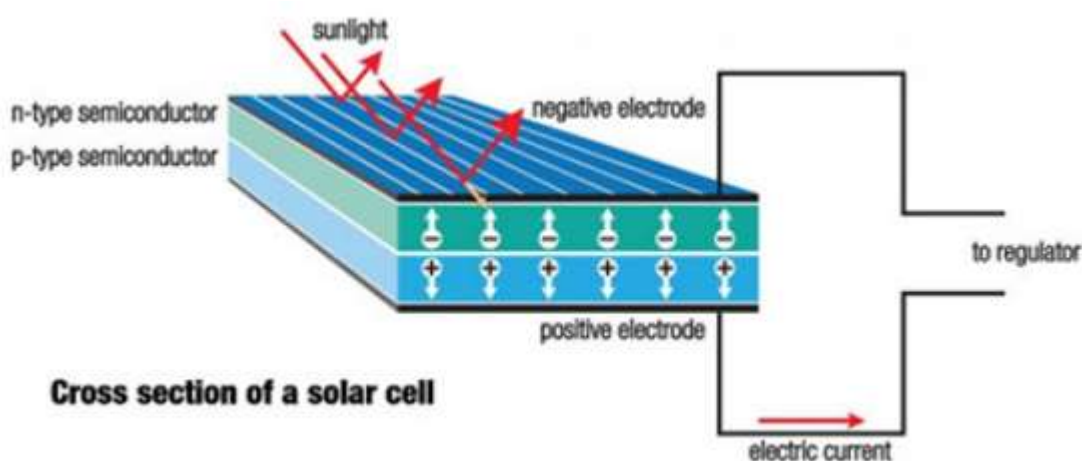


Рисунок 1.1 – Принцип роботи сонячного елемента

Електрони n-провідника поглинають енергію променів Сонця, що падають на них, і залишають свої орбіти, причому енергетичного імпульсу достатньо для того, щоб вони перейшли в зону р-провідника. У цьому утворюється спрямований електронний потік, що називається фотострумом. Інакше кажучи, вся структура працює як своєрідні електроди, у яких під впливом Сонця генерується електроенергія [3].

Для виробництва таких фотоелементів застосовують кремній. Пояснюється це тим, що кремній по-перше, набув значного поширення, а по-друге, його промислова обробка не вимагає великих витрат.

Фотоелементи з кремнію бувають [4]:

- монокристалічні. Виготовляються з монокристалів та відрізняються рівномірною структурою з трохи вищим коефіцієнтом корисної дії (приблизно 20%), але при цьому дорожче коштують.

- полікристалічні. Мають нерівномірну структуру за рахунок використання полікристалів і дещо нижчий коефіцієнт корисної дії (15-18%), але набагато дешевші за моноваріанти.

- тонкоплівковими. Виготовляються методом напилення аморфного кремнію на тонкоплівкову підкладку. Відрізняються гнучкою структурою та найнижчою собівартістю виробництва, проте мають вдвічі більші габарити в порівнянні з кристалічними аналогами тієї ж потужності.

Сфери застосування кожного типу фотоелементу дуже широкі і визначаються їх експлуатаційними особливостями.

Сонячні колектори.

Геліоколектори також використовуються як перетворювачі сонячної енергії, але принцип їх дії зовсім інший. Вони перетворюють падаюче світло не на електричну, а теплову енергію за допомогою нагрівання рідкого теплоносія (рис.1.2) [5].

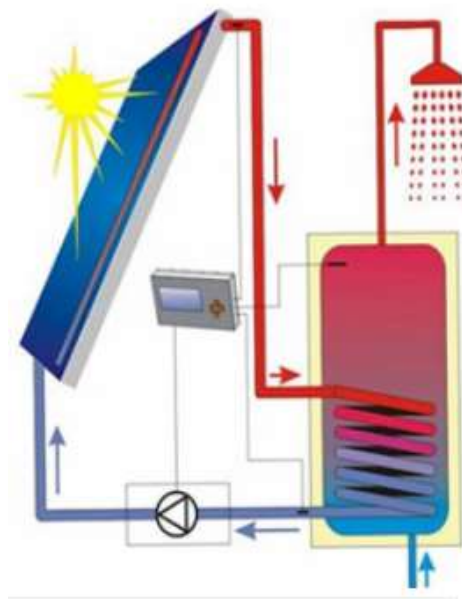


Рисунок 1.2 – Сонячний геліоколектор

Застосовують їх або для гарячого водопостачання або для опалення будинків. Головний елемент будь-якого колектора - абсорбер, він же теплопоглинач. Абсорбер представляє собою плоску пластину, або трубчасту вакуумовану систему, всередині якої циркулює теплоносій (це або проста вода, або антифриз). Причому абсорбер обов'язково фарбується у чорний колір спеціальною фарбою збільшення коефіцієнтів поглинання [5].

Саме за типом абсорберів колектори поділяють на плоскі та вакуумні. У плоских теплопоглинач виконують у вигляді металевої пластини, до якої знизу припаяний металевий змійовик з теплоносієм. У вакуумних абсорбер виготовляється з кількох з'єднаних між собою кінцях скляних трубок. Трубки виготовляють подвійними, між стінками створюють вакуум, а всередині поміщають стержень з теплоносієм. Усі стержні з'єднуються між собою за допомогою спеціальних з'єднувачів у місцях стиків труб.

Абсорбери обох типів поміщають у міцний легкий корпус (зазвичай – з алюмінію чи ударостійких пластиків) та надійно теплоізолюють від стінок. Лицьова сторона корпусу закривається прозорим ударостійким склом з максимальною проникністю для фотонів. Це забезпечує найкраще поглинання сонячної енергії.

Особливості функціонування

Принцип роботи обох типів колекторів аналогічний. Нагріваючись в колекторі до високих температур, теплоносій проходить по з'єднувальним патрубкам теплообмінний бак, який наповнений водою. Через бак він проходить по змієподібній трубці, віддаючи своє тепло воді. Охолоджений теплоносій виходить із бака і подається назад у колектор. По суті, це – своєрідний «сонячний» кип'ятильник», тільки замість нагрівальної спіралі застосовується змійовик у баку, а замість електромережі – сонячне світло.

Конструктивні відмінності визначають і різницю у застосуванні вакуумних та плоских колекторів. Використання сонячного випромінювання за допомогою вакуумних моделей можливе цілий рік, у тому числі і взимку, і в міжсезоння. Плоскі ж варіанти краще працюють у літній період. Однак вони дешевші і простіші за вакуумні, тому оптимально підходять саме для сезонних цілей [5].

Сонячна енергія у містах (екодому).

Геліоенергетика активно застосовується не лише для приватних будинків, а й для міських будівель. Як людина використовує сонячну енергію у мегаполісах, здогадатися не складно. Вона також застосовується для обігріву та гарячого водопостачання будівель, причому нерідко цілих кварталів.

В останні роки активно розвиваються та втілюються концепції екодомів, що повністю працюють на альтернативних джерелах енергії. Вони використовуються комбіновані системи, щоб забезпечити ефективне отримання сонячної, вітрової і теплової енергії Землі. Нерідко такі будинки не тільки повністю покривають свої енергетичні потреби, а й передають надлишки до міських мереж. Причому зовсім недавно проєкти таких екобудівель з'явилися і в Україні.

У країнах з високою інсоляцією будують не просто окремі геліоустановки, а й цілі станції, що виробляють енергію в промислових масштабах. Кількість сонячної енергії, яку вони виробляють, дуже велика і багато країн з відповідним кліматом вже почали поступовий переведення всієї енергосистеми на такий альтернативний варіант. За принципом роботи станції поділяють на:

- фототермічні;
- фотоелектричні.

Перші працюють за методом колекторів і подають до будинків розігріту воду для гарячого водопостачання, другі ж виробляють безпосередньо електрику.

Існує декілька видів геліостанції. Геліостанції та їх види будуть розглядатися нижче по тексту [6].

1.2 Загальна інформація про сонячні концентратори

Концентратор сонячного світла.

Підвищити густину сонячного випромінювання можна двома способами [7]:

- фокусування, або заломлення;
- відображення.

Кожен з них має свої індивідуальні особливості, які роблять схему зручнішою для інтеграції в проектах різної специфікації та масштабу.

1.2.1 Фокусуючі геліоконцентратори

Є кілька рішень для таких сонячних колекторів:

- параболічне дзеркало;
- параболоциліндрична конструкція (рис.1.3);
- плоскі лінзи Френеля.

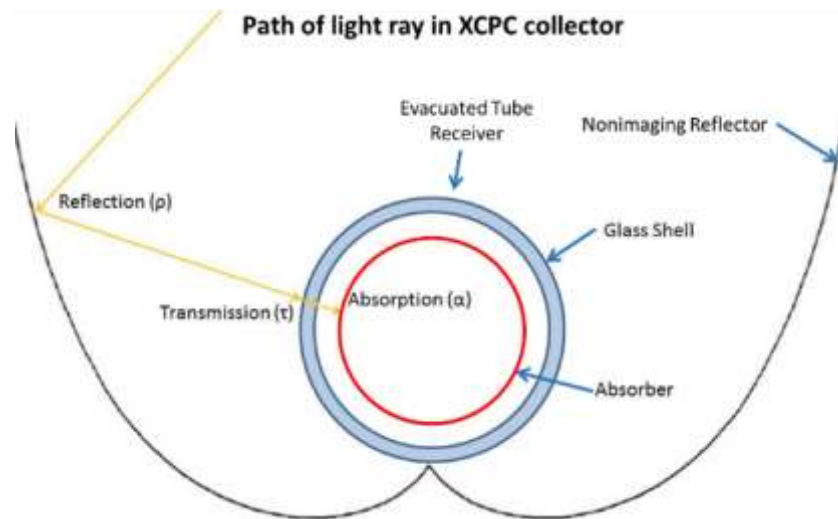


Рисунок 1.3 – Параболоциліндрична конструкція сонячного концентратора

У всіх подібних пристроїв одна загальна властивість, вони збирають сонячне світло в точку/лінію, що знаходиться на близькій відстані від поверхні, що відбиває (рис.1.4). У точці сходження променів (у фокусі), встановлюється приймач енергії з теплоносієм, що циркулює.

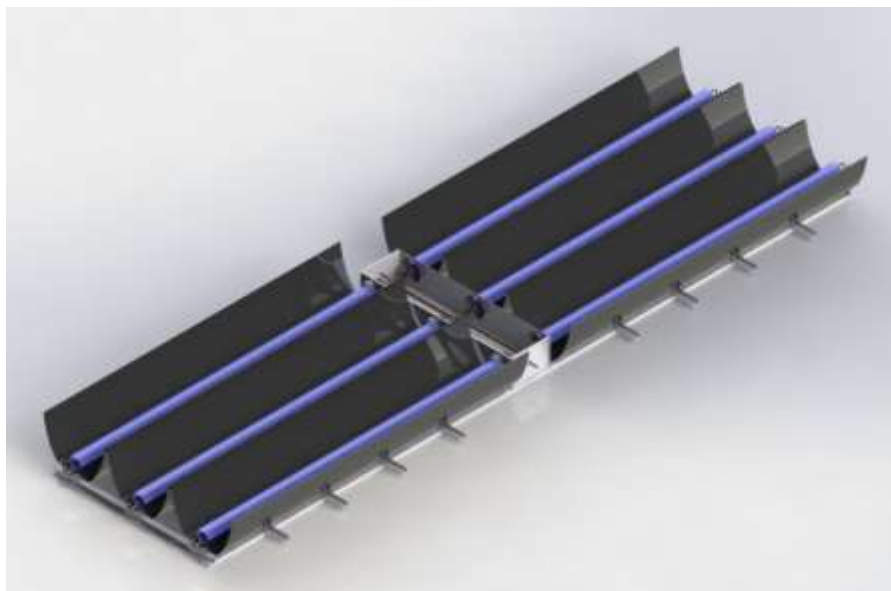


Рисунок 1.4 – Система параболоциліндричних сонячних концентраторів

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
15

Такі геліоконцентратори найзручніше використовувати в проєктах малого масштабу, наприклад, для нагрівання води в котеджі, або на дачі. Але вони чудово масштабуються, що дозволило в Ізраїлі на основі таких параболоциліндричних концентраторів створити електростанцію потужністю 5 МВт.

Параболоциліндричні моделі вважаються найбільш зручними [8]. Вони сонячне випромінювання збирається в тонку лінію, у фокусі якої розміщується трубка з теплоносієм.



Рисунок 1.5 – Електростанція на основі параболоциліндричних концентраторів

Параболоциліндричні моделі найлегше виготовити своїми руками. Але для підвищення ефективності потрібно досконально вивчити анідолічну оптику.

Незображувальна оптика.

Практична частина науки «Оптика» оперує такими системами, які на приймачі сигналу формують зображення від джерела. Але ця умова передбачає

використання складних оптичних поверхонь, які роблять систему більш дорогою та складною.

При цьому вони не покращують передачу самого електромагнітного випромінювання. Адже все світло і так уже передали на приймач.

З цієї причини анідолічна (необразова) оптика набагато простіше і ефективніше звичайної. Незображувальні пристрої значно перевершують звичайні лінзи та дзеркала в сонячному середовищі, наближаючись до теоретичної (термодинамічної) межі.

Порівняння параболічного концентратора без формування зображення та параболічного концентратора

На практиці використання незображуючої оптики дозволяє створювати такі геліоконцентратори, які не потребують сонячного трекера. Для середньотемпературних застосувань ці колектори не повинні стежити за Сонцем, оскільки відстеження ефективно здійснюється за допомогою ширококутної оптики.

Використання незображення оптики дає більш високу ефективність, ослаблені фізичні допуски, поліпшену оптичну однорідність та зниження виробничих витрат.

1.2.2 Відображаючі сонячні колектори.

Ці системи належать до класу високотемпературних пристроїв. Вперше відбиваючий колектор використовував легендарний Архімед. Коли його рідні Сіракузи тримали в облозі римські галери, він збудував на фортечній стіні сотню воїнів з блискучими мідними щитами, і по команді вони направили

сонячні зайчики на один з кораблів. Через кілька секунд він спалахнув, а ще за кілька хвилин, так само спалили весь римський флот.

У сонячних концентраторах такої системи, відбите світло з кількох дзеркал прямує однією точкою [9]. Таку схему найзручніше реалізовувати для масштабних проєктів, як, наприклад, Crescent Dunes. На цьому об'єкті понад 10 тисяч дзеркал загальною площею 1,19 км² відбивають світло на центральну вежу. Теплоносій у приймальній пристрої розігрівається до 600-700°С.

Але і на малих площах відбивають сонячні концентратори можуть бути зібрані за такою схемою. У ній кілька дзеркал, розташованих під кутом. Не заважають одне одному, вони відправляють світло протилежні теплоприймачі.

1.3 Види сонячних концентраторів

За конструктивною схемою роботи концентратори, як вже відмічалось раніше, виділяють в наступні різновиди [7]:

– параболічні сонячні концентратори (рис.1.6, аркуш [БРМА23.00.00.000ДО]);



Рисунок 1.6 - Зовнішній вигляд параболічного сонячного концентратора

– параболоциліндричні концентратори (рис.1.7);



Рисунок 1.7 - Зовнішній вигляд парабоциліндричного сонячного концентратора

– сонячні вежі (рис.1.8);



Рисунок 1.8 - Зовнішній вигляд сонячної вежі

– концентратори на сферичних лінзах (рис.1.9);

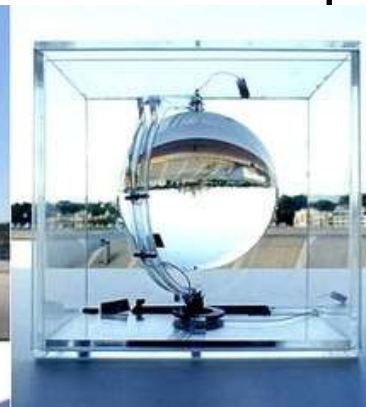


Рисунок 1.9 - Зовнішній вигляд концентраторів на сферичних лінзах

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

– концентратори на лінзах Френеля чи плоских лінзах (рис.1.10).

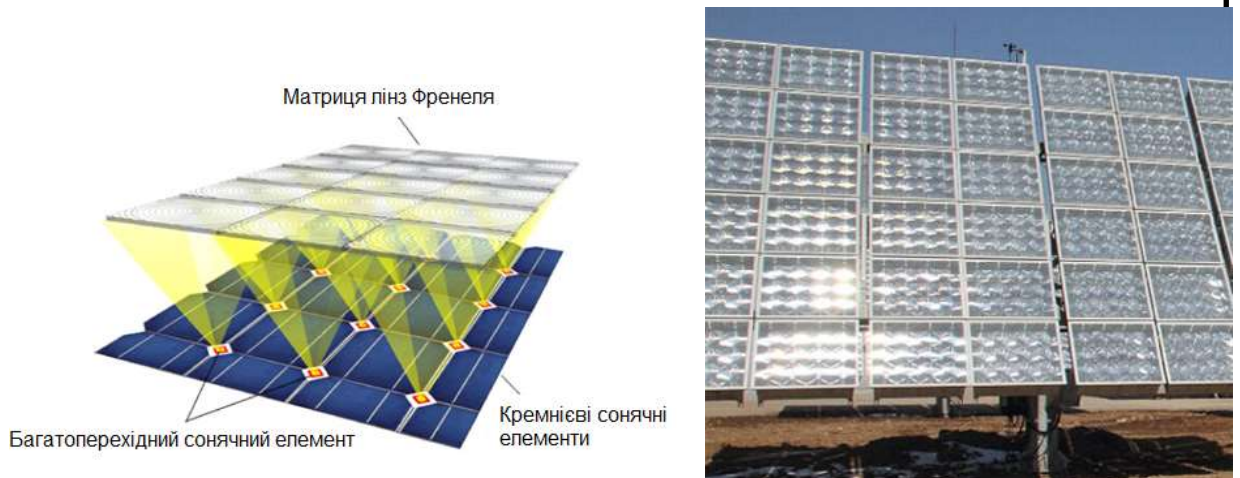


Рисунок 1.10 - Зовнішній вигляд концентраторів на лінзах Френеля

1.4 Практичне використання сонячних концентраторів

В принципі, головна функція сонячних концентраторів будь-якої конструкції - це збір випромінювання, що надходить від Сонця, і його зосередження в одній точці. Визначити сферу застосування цієї енергії – вибір господаря цього обладнання. Використовуючи абсолютно безкоштовну та відновлювану енергію, можна розігрівати воду для господарських потреб та потреб гігієни. Кількість води, що нагрівається, буде залежати тільки від розмірів тарілки та загальної конструкції концентратора. Параболічні концентратори невеликих розмірів можуть бути використані як печі для приготування продуктів, які працюватимуть виключно на сконцентрованій сонячній радіації [10].

Взимку концентратори можна застосувати як додаткове джерело сонячного світла для фотоелектричних сонячних батарей, тим самим

Розмістивши у фокусі променя правильно підібраний за потужністю двигун Стірлінга, ви отримаєте невелику теплову та електричну станцію (рис.1.12).



Рисунок 1.12 – Сонячний концентратор з двигуном Стірлінга

Двигуни Стірлінга створені для того, щоб працювати в парі із сонячним концентратором (рис.1.13).



Рисунок 1.13 - Сонячний концентратор з двигуном Стірлінга

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
22

Наприклад, компанія під назвою Qnergy розробила та зареєструвала патент, запустивши в серійне виробництво двигуни Стірлінга QB-3500, які створені спеціально для того, щоб працювати в парі із сонячним концентратором solar reflector. По суті такий пристрій можна вважати генератором електричного струму, де основну функцію виконує двигун Стірлінга. Зазначимо, що така система також потребує акумуляторних батарей для накопичення отриманої енергії. Така електростанція здійснює вироблення електричного струму потужністю 3500 Вт. Інвертор на виході видає стандартну напругу 220 вольт, частотою 50 Гц. Такої потужності електричного струму вистачить для повного забезпечення потреб будинку, в якому проживає сім'я з чотирьох осіб. Ефективне застосування таких батарей і для дачного будинку. Встановлений на ділянці концентратор матиме зовнішній вигляд супутникової антени, не порушуючи зовнішню естетику[10].

До речі, одним із виробників був зареєстрований патент пристрою, де, застосовуючи принцип роботи двигуна Стірлінга, можна створити систему, яка у своїй основі експлуатуватиме поступально-поворотний або обертальний рух (не вимагає встановлення акумуляторних батарей). Як приклад такої системи можна навести водяний насос для колодязя чи інших цілей.

Головний недолік, як вже відмічалось вище, який має параболічний концентратор - це те, що за ним треба систематично стежити, повертаючи його за променями Сонця в міру обертання землі протягом доби. Там, де концентратори застосовуються у великих теплових станціях у промислових масштабах, до групи батарей додатково монтують спеціальні системи стеження рухом Сонця. Такі системи повертають дзеркала за його переміщенням. Тим самим гарантується постійний і ефективний прийом сонячної радіації, що надходить під найефективнішим кутом. Але застосування такого обладнання в приватному порядку, швидше за все, буде не дуже доцільним, тому що витрати

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

на придбання будуть значно більшими, ніж вартість стандартного рефлектора на триножному кріпленні [10].

1.5 Приклади практичного використання концентраторів сонячної енергії

Завдання сонячного концентратора - сфокусувати сонячні промені на ємності з теплоносієм, яким можуть виступати, наприклад, масло або вода, що добре поглинають сонячну енергію.

Як вже відмічалось вище, методи концентрації бувають різними [11]:

- параболоциліндричні концентратори,
- параболічні дзеркала,
- геліоцентричні установки баштового типу.

В одних концентраторах випромінювання Сонця фокусується вздовж фокальної лінії, в інших - у фокусній точці, де і розташований приймач. Коли сонячне випромінювання відбивається з великої поверхні на меншу поверхню (на поверхню приймача), досягається висока температура. Теплоносій поглинає тепло, рухаючись через приймач

Ефективність концентраторів сильно знижується в період хмарності, оскільки фокусується лише пряме сонячне випромінювання. Саме з цієї причини такі системи досягають найвищого ККД у регіонах, де рівень інсоляції особливо високий: у пустелях, у районі екватора. Для підвищення ефективності використання сонячного випромінювання концентратори оснащуються спеціальними трекерами, що стежать системами, що забезпечують максимально точну орієнтацію концентраторів в напрямку Сонця.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Оскільки вартість сонячних концентраторів висока, а слідкуючі системи вимагають періодичного обслуговування, їх застосування переважно обмежене промисловими системами генерації електроенергії.

Такі установки можуть використовуватися в гібридних системах разом, наприклад, з вуглеводневим паливом. Тоді акумулююча система, що входить в установку, забезпечить зниження собівартості електроенергії, що отримується. Це стане можливим, оскільки генерація відбуватиметься цілодобово.

Параболоциліндричні сонячні концентратори бувають у довжину до 50 метрів, вони мають вигляд витягнутої дзеркальної параболи. Такий концентратор складається з масиву увігнутих дзеркал, кожне з яких збирає паралельні сонячні промені, і фокусує їх у конкретній точці. Уздовж такої параболи, розташовується труба з теплоносієм так, що на неї і фокусуються всі відбиті дзеркалами промені. Щоб знизити втрати тепла, трубу оточують скляною трубкою, яка протягнута вздовж лінії фокусу циліндра.

Такі концентратори розташовуються рядами у бік північ-південь, і вони, безумовно, оснащуються системами стеження Сонцем. Сфокусоване в лінію випромінювання, нагріває теплоносій майже до 400 °С, він проходить через теплообмінники, виробляючи пар, який і обертає турбіну генератора.

На місці труби може бути розташований і фотоелемент. Незважаючи на те, що з фотоелементами, розміри концентраторів можуть бути меншими, це може спричинити зменшення ККД і проблему перегріву, для вирішення якої потрібно розробка якісної системи охолодження.

У пустелі штату Каліфорнія у 80-х роках двадцятого століття було споруджено 9 електростанцій на параболоциліндричних концентраторах, сумарною потужністю 354 МВт. Ця ж компанія (Luz International) звела ще й гібридну станцію SEGS I в Деггетті, потужністю 13,8 МВт, яка включала

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

додатково печі на природному газі. Загалом компанією було побудовано гібридних електростанцій на сумарну потужність 80 МВт [11].

Розвиток сонячної генерації на параболоциліндричних електростанціях ведеться в Марокко, Мексиці, Алжирі та інших країнах за фінансування Світового банку.

Фахівці на сьогодні роблять висновки, що параболоциліндричні електростанції поступаються як за рентабельністю, так і за ефективністю сонячним електростанціям баштового та тарілчастого типу.

Сонячні установки тарілчастого типу - це, схожі на супутникові тарілки, параболічні дзеркала, якими сонячні промені фокусуються на приймач, розташований у фокусі кожної такої тарілки. При цьому температура теплоносія за даної технології нагрівання досягає 1000 °С Рідкий теплоносій відразу подається до генератора або двигуна, який поєднаний з приймачем. Тут використовуються, наприклад, двигуни Стірлінга і Брайтона, що дозволяє значно підвищити продуктивність таких систем, оскільки оптична ефективність висока, а початкові витрати невисокі.

Світовим рекордом з ефективності геліоустановки параболічного тарілчастого типу є 29% ККД, досягнутий при перетворенні теплової енергії в електричну, на тарілчастій установці, поєднаній з двигуном Стірлінга на Ранчо Міраж [11].

Завдяки модульному проектуванню, сонячні системи тарілчастого типу дуже перспективні, вони дозволяють легко домагатися необхідних рівнів потужності як для гібридних споживачів, підключених до комунальних електромереж, так і для автономних. Прикладом може служити проект «STEP», що складається зі 114 дзеркал параболічної форми, що мають діаметр 7 метрів, розташований у штаті Джорджія.

Безумовно, тарілчасті сонячні концентратори, об'єднані з двигуном Стірлінга, цікавлять власників великих енергетичних компаній. Так корпорація Science Applications International Corporation, у співпраці з трійкою енергетичних компаній, розробляє систему з використанням двигуна Стірлінга і параболічних дзеркал, яка зможе виробляти 25 кВт електроенергії.

У сонячних електростанціях баштового типу з центральним приймачем, сонячне випромінювання фокусується на приймач, розташований у верхній частині вежі. Навколо вежі у великій кількості розставлені відбивачі-геліостати. Геліостати забезпечені двовісною системою стеження за Сонцем, завдяки якій вони завжди повернені так, що промені нерухомо сконцентровані на теплоприймачі. Приймач поглинає теплову енергію, яка потім обертає турбіну генератора [11].

Рідкий теплоносій, циркулюючи в приймачі, передає пар тепловому акумулятору. Зазвичай працює водяна пара з температурою 550 °С, повітря та інша газоподібна речовина з температурою до 1000 °С, органічні рідини, що володіють низькою температурою кипіння - нижче 100 °С, а також рідкий метал - до 800 °С.

Залежно від призначення станції, пара може обертати турбіну для вироблення електроенергії, або безпосередньо використовуватися у виробництві. Температура в приймачі варіюється в діапазоні від 538 до 1482 °С.

Баштова електростанція «Solar One» у Південній Каліфорнії, одна з перших станцій такого типу, спочатку виробляла електроенергію за допомогою водно-парової системи, видаючи 10 МВт. Потім вона зазнала модернізації, і вдосконалений приймач, що працює тепер на розплавлених солях, і теплоакumuлююча система стали значно ефективніше.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Це дозволило баштовим електростанціям з теплоаккумулятором зробити прорив у технологіях сонячних концентраторів. Електроенергія в такій електростанції може вироблятися при потребі, оскільки теплоакмулююча система може зберігати тепло до 13 годин.

Технологія розплавленої солі дає можливість зберігати сонячне тепло при температурі 550 °С, і електроенергія тепер може проводитися в будь-який час доби і за будь-якої погоди. Баштова станція «Solar Two» потужністю 10 МВт, стала прототипом промислових електростанцій такого типу. У перспективі - будівництво промислових станцій потужностями від 30 до 200 МВт для великих промислових підприємств.

Перспективи відкриваються колосальні, однак розвиток гальмується через потребу у великих площах, і чималу вартість зведення баштових станцій промислових масштабів. Наприклад, для того, щоб розмістити 100 МВт баштову станцію, потрібно 200 га, в той час як для атомної електростанції, здатної виробляти 1000 МВт електроенергії, потрібно всього 50 га. Параболоциліндричні станції (модульного типу) на невеликі потужності, у свою чергу, рентабельніші за баштові.

Таким чином, баштові та параболоциліндричні концентратори підходять для електростанцій потужністю від 30 МВт до 200 МВт, які з'єднані з мережею. Модульні тарілчасті концентратори підійдуть для автономного електропостачання мереж, яким потрібно всього кілька мегават. Як баштові, так і тарілчасті системи дороги у виробництві, проте дають дуже високий ККД.

З вище викладеного можна дійти невтішного висновку, що параболоциліндричні концентратори займають оптимальне становище як найперспективнішої з технологій сонячних концентраторів у найближчі роки [11].

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.6 Висновки до першого розділу

В даному розділі здійснено огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів. Розглядається використання сонячної енергії на Землі. Наводиться загальна інформація про сонячні концентратори. Розглядаються різні види сонячних концентраторів. Наводяться приклади практичного використання концентраторів сонячної енергії.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СОНЯЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА

2.1 Обґрунтування типу сонячного концентратора

Кількість споживачів у суспільстві у сфері використання енергоресурсів протягом багатьох років постійно зростає. При цьому більшу частину енергії вони отримують, використовуючи невідновлювані ресурси (нафта, природний газ, вугілля тощо), але, на жаль, їх запаси не безмежні.

Як відомо, порівняно з іншими країнами, Україна відчуває нестачу енергетичних ресурсів, особливо нафти і газу, але географічне розташування нашої країни дозволяє частково використовувати сонячну енергію. Зрозуміло, що скільки б не було сонячної енергії, вона розсіюється в космосі (в повітрі) без жодної користі. Тому в останні роки інші розвинені країни широко використовують сонячну енергію в різних сферах. Значну частину потреб населення України в електроенергії, наприклад, отримання гарячої води, сушіння фруктів і овочів, можна задовольнити за допомогою сонячної енергії. Цьому, як і в інших сусідніх країнах, сприяє географічне положення України.

Кількість годин сонячного сяйва міняється за сезонами [12] залежить від погодних умов, тривалості дня. Середня річна кількість годин сонячного сяйва на території нашої країни зростає з північного заходу на південний схід і південь від 1 700 до 2 400 год. Найменші його показники спостерігаються на півночі України (1720 - 1800 год). Найбільше годин сонячного сяйва на узбережжях Азовського і Чорного морів (2300 - 2 400 год), на південних схилах Кримських гір (більш як 2400 год).

Від кількості годин сонячного сяйва залежить інтенсивність сонячної радіації, що надходить на поверхню Землі за одиницю часу: день, місяць, рік і

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вимірюється в кілокалоріях на 1 см^2 (ккал/см²) або мегаджоулях на 1 м^2 (МДж/м²) [12].

Сонячна радіація є основним джерелом енергії природних процесів, які відбуваються в географічній оболонці. Інтенсивність сонячної радіації залежить від географічної широти і висоти Сонця над горизонтом, хмарності, прозорості атмосфери. Ці чинники зумовлюють добову і річну зміни сонячної радіації, її розподіл по земній поверхні [12].

Взаємодіючи з атмосферою, земною поверхнею, променева сонячна енергія перетворюється в теплову. Не вся енергія, що випромінюється Сонцем, досягає поверхні Землі. Частина її відбивається пилом, хмарами, поверхнями суходолу і моря, розсіюється. До поверхні Землі надходить пряма і розсіяна сонячна радіація.

Сумарною сонячною радіацією називається загальна кількість променевої енергії, яка досягає земної поверхні.

На території України сумарна радіація в північних районах досягає 4190 МДж/м², а в південних районах – 4000 - 5200 МДж/м². Більшу частину сонячної радіації поверхня України отримує з травня по вересень.

З сонячною радіацією тісно пов'язаний радіаційний баланс - різниця між сумарною і відбитою радіацією та випромінюванням підстилаючої поверхні. Радіаційний баланс є важливим кліматичним чинником. Від нього залежать температури повітря і ґрунту, випаровування, швидкість танення снігу [12]. На території України середньорічні показники радіарічної сумарної сонячної радіації в МДж/м та радіаційного балансу є додатними. В північних районах вони становлять 1700 МДж/м², в середній частині - 1850 і на півдні - 2650 МДж/м².

Радіаційні чинники взаємодіють з атмосферною циркуляцією, завдяки якій перерозподіляються тепло і волога. В Україну надходять морські повітряні

маси з Атлантики і Арктики та континентальне повітря, що формується над просторами Євразії.

Розробка різноманітного устаткування для отримання електричної енергії чи тепла від Сонця є актуальною задачею.

Одним із найефективніших способів перетворення сонячної радіації є її концентрація за допомогою спеціальних пристроїв, які називаються концентраторами.

Сонячний концентратор - це пристрій, який використовується для концентрації природного сонячного випромінювання на невеликій поверхні для збільшення її щільності. Пряме сонячне випромінювання концентрується за допомогою концентраторів.

Концентратори випромінювання поділяються на: скляні та лінзові (рефрактор і рефлектор), перші - однодзеркальні та багатодзеркальні, другі - однолінзові та багатолінзові (лінза Френеля) (рис.2.1).

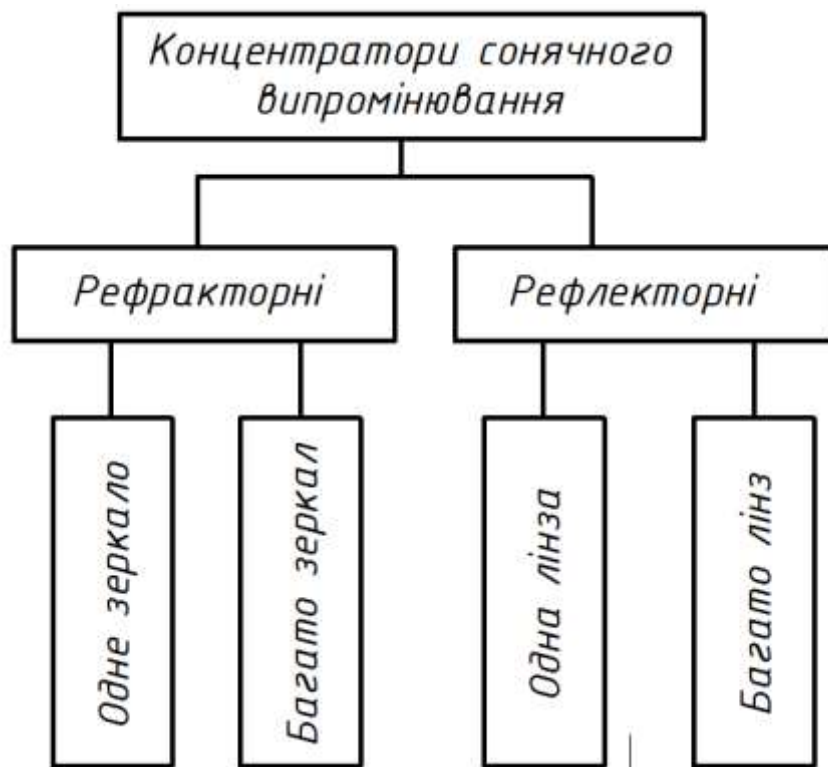


Рисунок 2.1 – Кінцеві концентратори випромінювання

Лінза Френеля - це запатентований оптичний компонент зі складною ступінчастою поверхнею. Він може замінити сферичні та циліндричні лінзи, а також інші оптичні компоненти, такі як призми, такі лінзи можна класифікувати як концентричні, спіральні або лінійні. У багатодзеркальних концентраторах кожне дзеркало концентрує сонячне випромінювання в загальний фокус. Концентратори, що складаються з великої кількості дзеркал, встановлених на одній або декількох космічних опорах, налаштовані на прийом концентрованого випромінювання в потрібній точці простору (приймач сонячного випромінювання). Дзеркала, розташовані в різних смугах концентраторів, мають різну спрямованість. Концентратор сонячного випромінювання, концентратор з одним дзеркалом і другорядною поверхнею (параболоїд, сфера, еліпс, гіперболоїд, конус тощо). Діаметр дзеркала (параболоїда, кулі) може бути до 6 метрів. Зі збільшенням діаметра дзеркала його точність, а отже, здатність фокусувати сонячне випромінювання, знижується.

Розглянемо основні типи концентраторів сонячного випромінювання. За конструктивним виконанням можна розділити такі основні типи концентраторів сонячного випромінювання: комплексні, комбіновані та розподільні. Цільні центри концентраторів забезпечують оптично гладку геометричну поверхню (рис.2.2). Зазвичай це площини, кулі, параболоїди, конуси, поверхні обертання тощо.

У композиційних концентраторах концентрувальна поверхня складається з концентруючих елементів окремих частин, змонтованих на загальній рамі. У цьому випадку групування елементів може утворювати загальну геометричну поверхню або мати власну геометрію.

Ступінь концентрації сонячного випромінювання, що падає на приймач, багато в чому залежить від поверхні, що відбиває концентратор. Відбиваючі поверхні сонячних концентраторів поділяються на композитні та інтегральні.

Жорсткі відбивачі (параболоїдні, сферичні) - це дзеркала зі скла, металу або пластмаси. У такому концентраторі концентрація сонячного випромінювання ефективніша за інші. Великі відбивачі складно і дорого виготовляти. Зі збільшенням діаметра точність дзеркал падає. Відбиваючі поверхні концентраторів, які складаються з окремих дзеркал і закріплені на рамі, називають композиційними. Компоненти дзеркал з відбивною поверхнею мають свою геометрію, залежно від призначення установки вони можуть бути плоскими, параболоїдними тощо. Кожна грань має свою фокусну відстань залежно від її розташування в рамі концентратора.

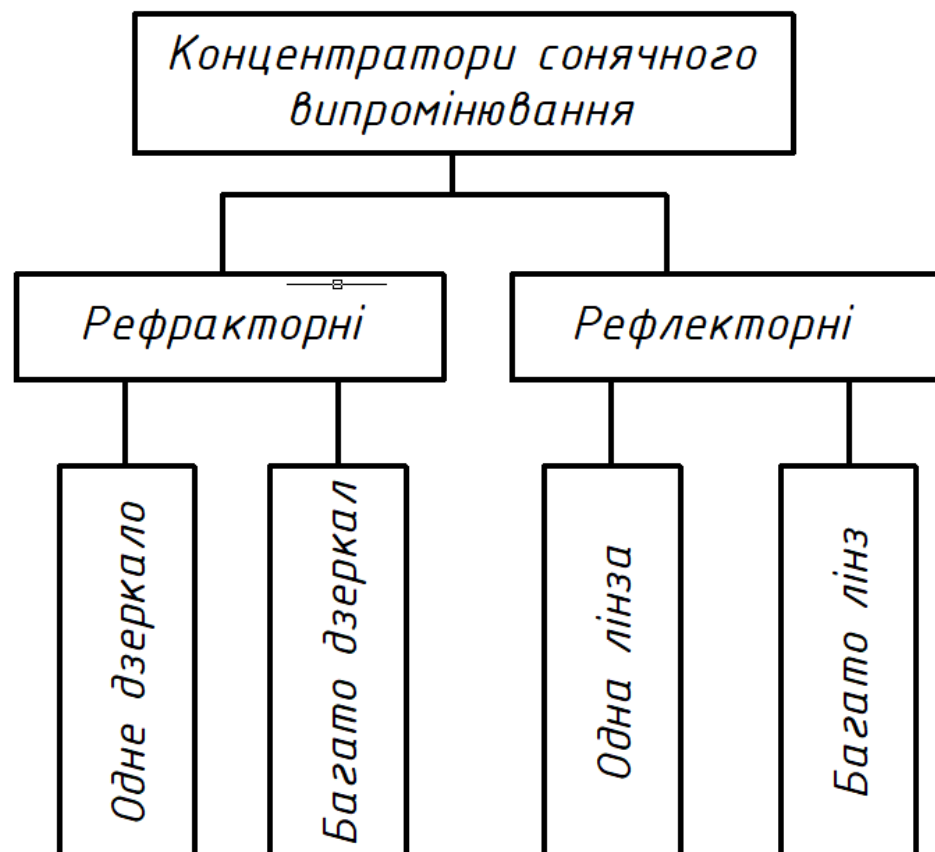


Рисунок 2.2 – Типи концентраторів сонячного випромінювання за конструкцією поверхні, що відбиває

Основні форми сонячних концентраторів.

За геометричною формою рефлектора концентруючих елементів поділяють такі типи концентраторів сонячного випромінювання (рис. 2).

Плоскі концентратори складаються з відбиваючих дзеркал. Використовуються в місцях, де не потрібна висока інтенсивність сонячного випромінювання.

Двосторонні концентратори складаються з двох дзеркал, розташованих під певним кутом відносно один одного. Вони мають низький коефіцієнт концентрації, але дешевші у виробництві. Тому їх використовують для збору сонячної радіації в модулях малої потужності.



Рисунок 3 - Класифікація сонячних концентраторів за геометричною формою рефлектора

Циліндричні концентратори мають циліндричні концентричні дзеркала. На його центральній осі розташований приймач сонячного випромінювання. Коефіцієнт концентрації значно вище, ніж у плоских і односторонніх.

Параболічні концентратори є одними з найбільш широко використовуваних типів. Параболоїдне дзеркало-концентратор виробляє найвищу концентрацію сонячної енергії серед будь-яких форм концентруючих дзеркал.

Параболоциліндричні концентратори мають форму лотка з параболічним перерізом і плоский переріз. На відміну від параболічних, параболоциліндричні концентратори не створюють максимальної концентрації потоку випромінювання, але їх легко виготовити. Концентратори дозволяють збільшити потужність випромінювання, отримуючи тим самим високі енергетичні параметри, наприклад, високі температури, які можна використовувати не тільки для побутових потреб, але і для різних технологічних процесів. Для цього необхідно направити концентратор на об'єкт випромінювання.

Проаналізувавши види кінцевих концентраторів випромінювання (рис.2.1), класифікацію концентраторів сонячного випромінювання за конструкцією поверхні, що відбиває (рис.2.2), класифікація сонячних концентраторів за геометричною формою рефлектора (рис.2.3) для подальшої розробки було вибрано рефлекторний параболічний концентратор з інтегральною (одне дзеркало) поверхнею.

Основне завдання будь-якого сонячного концентратора - зібрати випромінювання Сонця в єдиний енергетичний пучок. А скористатися цією енергією можна різними шляхами. Можна даровою енергією нагрівати воду, причому, кількість нагрітої води визначатиметься розмірами та конструкцією

концентратора. Невеликі параболічні пристрої можна використовувати як сонячну печі для приготування їжі (наприклад заварювання кави).

Можна використовувати їх для додаткового освітлення сонячних батарей для підвищення вихідної потужності. А можна використовувати як зовнішнє джерело тепла для двигунів Стірлінга. Параболічний концентратор забезпечує у фокусі температуру близько 300 °С – 400 °С. Якщо у фокусі такого порівняно невеликого дзеркала помістити, наприклад, підставку для чайника, сковороди, то вийде сонячна піч, де дуже швидко можна приготувати їжу, закип'ятити воду. Поміщений у фокусі нагрівач з теплоносієм дозволить досить швидко нагрівати навіть проточну воду, яку потім можна використовувати з господарською метою, наприклад, для душу, миття посуду.

Якщо у фокусі параболічного дзеркала помістити відповідний за потужністю двигун Стірлінга, можна отримати невелику теплову електростанцію. Наприклад, фірма Qnergy розробила та пустила в серію двигуни Стірлінга QB-3500, які призначені для роботи із сонячними концентраторами. По суті, правильніше було б їх назвати генераторами електричного струму на базі двигунів Стірлінга. Цей агрегат виробляє електричний струм потужністю 3500 Вт. На виході інвертора стандартна напруга 220 вольт 50 герц. Цього цілком достатньо, щоб забезпечити електрикою будинок для сім'ї із 4 осіб, дачу.

2.2 Розробка схеми нагріву води з використанням сонячного концентратора

2.2.1 Схема нагріву проточної рідини з використанням сонячного концентратора [13, 21]

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Запропонована схема нагріву рідини без використання насосу за допомогою сонячного концентратора представлена на рис.2.3 (аркуш [БРМА23.00.00.000ДТ]).

Дана схема складається з наступних елементів: концентратора, приймача, бака з водою та патрубків для подачі холодної та відведення гарячої води.

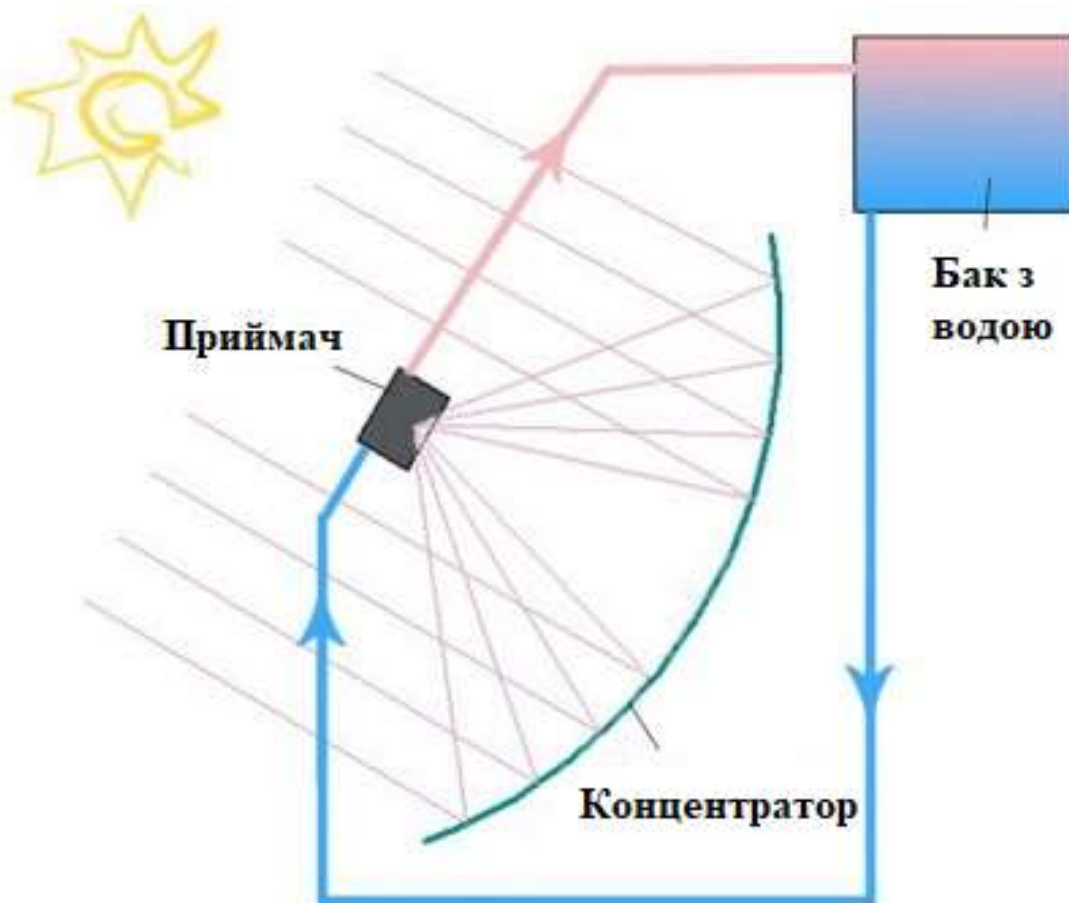


Рисунок 2.3 – Схема нагріву проточної рідини за допомогою концентратора енергії

Принцип роботи даного пристрою заключається в наступному. Сонячні промені попадають на дзеркальну поверхню сонячного концентратора. Далі вони відбиваються від поверхні під певним кутом і фокусуються в одній точці на приймачі тепла. Приймач, що представляє собою ємність, виготовлену із міді, з'єднаний патрубками із баком з водою.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Холодна вода, що поступає із баку в мідній ємності нагрівається під дією тепла, що виникнуло від сонячних променів. Нагріта вода піднімається по патрубку догори до баку та в свою чергу витісняє холодну воду із нього. Холодна вода знову поступає в мідну ємність. Далі цикл повторюється.

Таку схему можна використати для отримання гарячої води для власних потреб.

Для перекачування рідини в гідравлічній системі сонячного концентратора може використовуватися насос. Схема з використанням насосу представлена на рис.2.4.

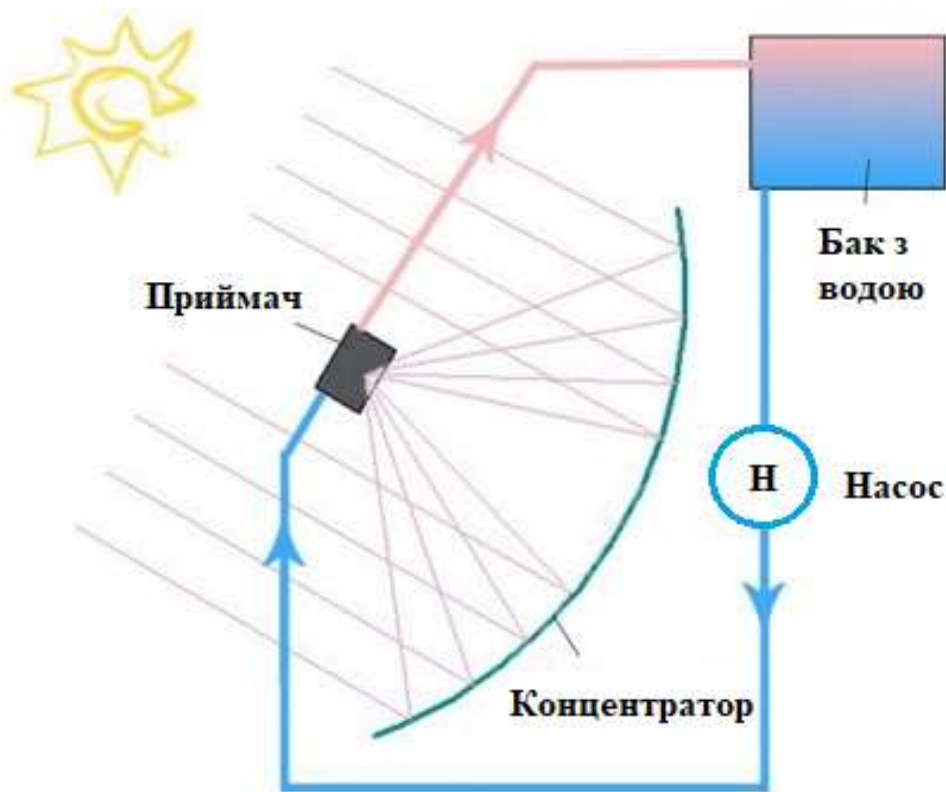


Рисунок 2.4 - Схема нагріву проточної рідини за допомогою концентратора енергії з використанням насоса

Принцип роботи установки в даному випадку подібний до попередньої схеми.

2.2.2 Схема нагріву рідини у посудині певного об'єму з використанням сонячного концентратора

Запропонована схема нагріву води за допомогою сонячного концентратора в посудині певного об'єму представлена на рис.2.4.

Дана схема складається з наступних елементів: концентратора, приймача (посудини певного об'єму).

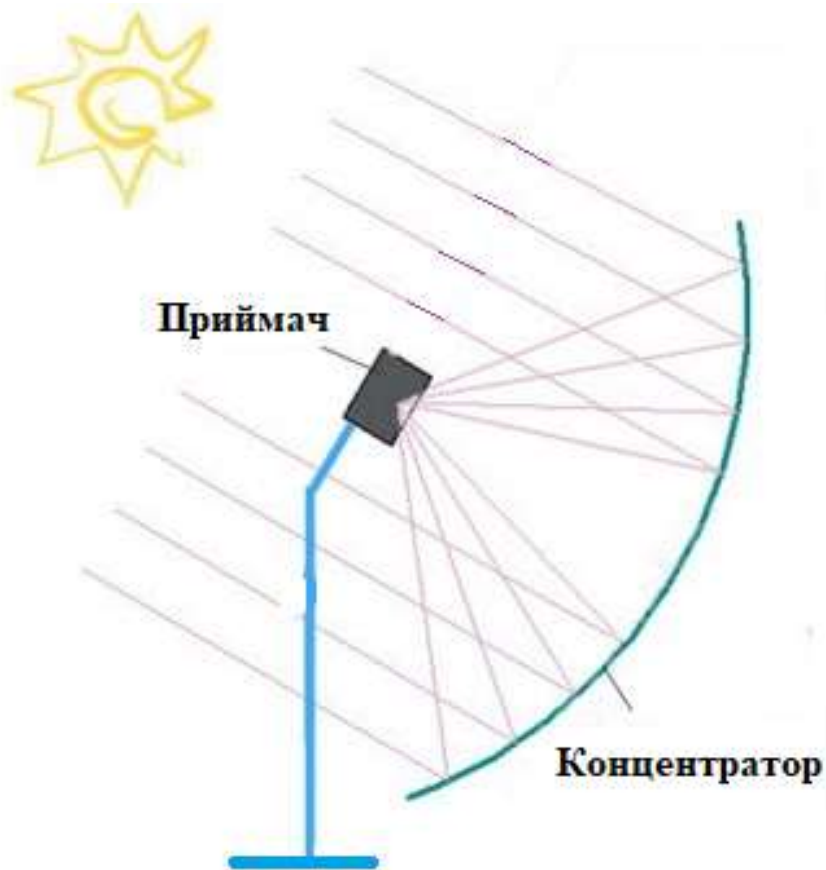


Рисунок 2.4 - Схема нагріву рідини в посудині певного об'єму за допомогою сонячного концентратора енергії

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
40

Принцип роботи даного пристрою заключається в наступному. Сонячні промені попадають на дзеркальну поверхню сонячного концентратора. Далі вони відбиваються від поверхні під певним кутом і фокусуються в одній точці на приймачі тепла. Приймач представляє собою посудину певного об'єму.

Холодна вода, знаходиться в ємності нагрівається під дією сконцентрованого тепла, що виникнуло від сонячних променів. Через певний період часу, вода у ємності почне закипати. Таким чином у ємності можна нагрівати рідину до визначеної температури, регулюючи це за допомогою термометра.

2.3 Розробка конструкції сонячного концентратора

2.3.1 Вибір параболічного концентратора [13, 21]

В якості параболічного концентратора було вибрано супутникову антену діаметром 1,2 м. Загальний вигляд параболічного концентратора представлено на рис.2.5.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд параболічного концентратора

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

В подальшому на лицеву сторону параболічного концентратора було нанесено самоклеючу відбиваючу плівку. Методика нанесення плівки описана в розділі 3.

2.3.2 Розробка каркасу сонячного концентратора

Для закріплення параболічного концентратора було розроблено систему кріплення та повороту. Дана система представлена на рис.2.6. Її основними вузлами та елементами є: 1- основа; 2 – кутник; 3 – труба; 4 – штанга; 5 – болтове з'єднання; 6 – фіксуєчий гвинт; 7 – шарнірне з'єднання; 8 – пластина кріплення; 9 – болтове з'єднання.

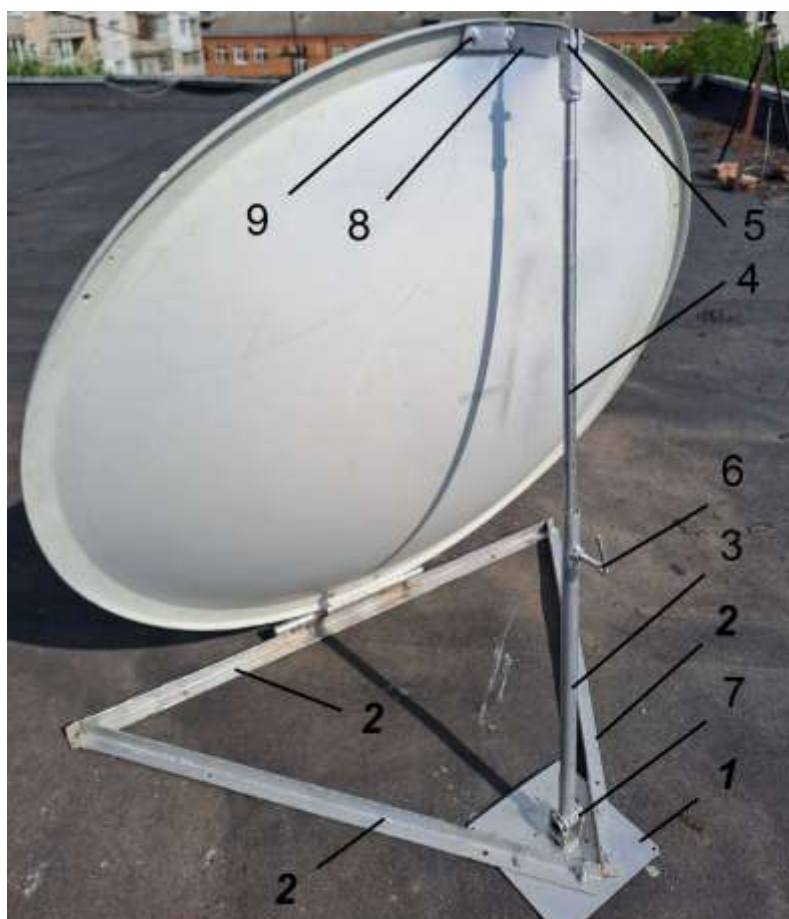


Рисунок 2.5 – Каркас сонячного концентратора

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.
42

Розроблений каркас дозволяє кріпити параболічний концентратор (тарілку) та змінювати кут його нахилу.

2.3.3 Розробка конструкції сонячного концентратора енергії

На основі вибраного параболічного концентратора та розробленого і виготовленого каркасу було зібрано конструкцію сонячного концентратора. Загальний вигляд концентратора представлено на рис.2.6 (аркуш [БРМА23.00.00.000ДІ1]).



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд сонячного концентратора енергії

2.4 Висновки до другого розділу

В даному розділі проводиться розробка конструкції сонячного концентратора. Здійснюється обґрунтування типу сонячного концентратора. Проводиться розробка схеми нагріву води з використанням сонячного концентратора та конструкції сонячного концентратора.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СОНЯЧНОГО КОНЦЕНТРАТОРА ЕНЕРГІЇ

3.1 Вихідні дані

Основні параметри сонячного концентратора наведено у табл.3.1, також намальовано ескіз у програмному середовищі Solidworks. Ідеальною оптичною конфігурацією для параболічного концентратора є безперервне параболоїдальне дзеркало, проте виготовлення якого дуже дороге, і його вартість швидко зростає зі збільшенням площі апертури. Безперервна параболічна поверхня тарілки може бути апроксимована дискретною поверхнею, що складається з 16 криволінійних трапецієподібних відбивних пелюсток покритих відбиваючим шаром, що значно знижує вартість системи, зберігаючи при цьому співвідношення концентрацій на рівні, що підходить для широкого спектру середньо- та високотемпературних застосувань. Для подальших розрахунків дана параболічна тарілка розглядається як суцільна. Розміри поверхні, що відбиває в концентраторі сонячної тарілки визначаються бажаною потужністю при максимальних рівнях прямого сонячного випромінювання і коефіцієнта перетворення термічної енергії, інакше кажучи, коефіцієнтом використання доступної сонячної інсоляції. Математичним уявленням сонячного параболічного тарілкового концентратора є параболоїд, який можна подати у вигляді поверхні, отриманої обертанням параболи навколо осі, що показано на рис.3.1 (аркуш [БРМА23.00.00.000ДІ2]) [13, 21].

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 - Ескіз параболічного концентратора зі спіральним ресивером

На рис.3.2 представлено спіральний ресивер діаметром 16 см.



Рисунок 3.2 – Спіральний ресивер

На рис.3.3 представлені два криволінійні трапецієподібні відбивні сектори параболічної антени, які виготовлені з алюмінію параболічної антени, товщиною металу 3 мм, на яку був нанесений шар алюмінієвої самоклеючої плівки.



Рисунок 3.3 – Натурна модель сегментів параболічного концентратора

Зазвичай параболоїди, що використовуються у сонячних колекторах, мають кут кривизни від 10° до 90° .

Параболоїд з малими кутами має фокусну точку та приймач на великій відстані від поверхні концентратора. Параболоїди з кутом обода менше 50° використовуються для об'ємних приймачів, у той час як параболоїди з великими кутами найбільше підходять для концентраційних сонячних систем з центральним приймачем. У даній дипломній роботі розглядається сонячний параболічний концентратор із кутом 41° .

Відношення фокусної відстані від діаметра концентратора аналізованої моделі становить 0,46.

3.2 Технічні характеристики параболічного концентратора

Конструктивні параметри сонячного параболічного концентратора наведено у табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри параболічного концентратора

№ п/п	Назва параметра	Значення	Одиниця виміру
1	Діаметр апертури концентратора, D_a	1,2	м
2	Кут радіуса кривизни, ψ_{rim}	41	°
3	Радіус спірального ресивера, R_{rec}	0,08	м
4	Радіус внутрішньої окружності спірального ресивера, $R_{r.hole}$	0,02	м
5	Відстань до точки фокуса, f	0,5	м

Завдяки даним наведеним у табл.3.1 можна розрахувати коефіцієнт концентрації моделі, що аналізується.

Площу апертури параболічного концентратора можна обчислити за допомогою рівняння:

$$A_a = \frac{\pi D_a^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \text{ м}^2 \quad (3.1)$$

Тоді як площа ресивера дорівнюватиме:

3.3.1 Розрахунок теплової ефективності сонячного концентратора

Аналітично було знайдено температуру у фокусній точці для заданих параметрів. Цей розрахунок був заснований на Законі променистого теплообміну Стефана-Больцмана [23, 27]:

$$T_{out} = \frac{\sqrt[4]{G_b \cdot \rho_{con} \cdot \alpha_{rec} \cdot C_{con}}}{4\sigma} = \frac{\sqrt[4]{750 \cdot 0,88 \cdot 0,8 \cdot 102,7}}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}} = 731 \text{ К} \quad (3.4)$$

Це значення показано в Кельвінах, для зручності сприйняття переведемо в градуси Цельсія:

$$T_{out.cels} = T_{out} - 273,15 = 731 - 273,15 = 457,85^\circ\text{C} \quad (3.5)$$

За допомогою розрахованої температури і завданням швидкості витрати рідини (рідина не буде текти сама по собі, тому необхідно пристрій, значення якого ми можемо регулювати), можна знайти кількість теплоти, яке виробляє дана установка.

Для цього спочатку знайдемо масову витрату від швидкості, що задається, яка буде знайдена за об'ємною витратою.

При швидкості течії рідини в 0,2 м/с і радіусі спірального ресивера в 2 мм, значення об'ємної витрати набуває вигляду:

$$V_{flow} = v_{fluid} \cdot \pi \cdot r_{rec.in}^2 = 0,2 \cdot 3,14 \cdot 0,002^2 = 2,51 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.6)$$

Для зручності сприйняття переведемо в об'ємну витрату за годину:

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$V_{flow\cdot hour} = V_{flow} \cdot 3600 = 2,51 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 = 9,05 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (3.7)$$

Масова витрата води дорівнюватиме:

$$m_{flow} = \rho_{fluid} \cdot V_{flow} = 1000 \cdot 9,05 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с} \quad (3.8)$$

Тоді кількість теплоти води дорівнюватиме:

$$Q_u = m_{flow} \cdot c_p \cdot (T_{out} - T_{in}) = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 4200 \cdot (731 - 293) = 4,6 \cdot 10^3 \text{ Дж} \quad (3.9)$$

Повна теплота, що надходить від сонячної інсоляції, розраховується наступним чином:

$$Q_s = A_a \cdot G_b = 1,13 \cdot 5,6 \cdot 10^3 = 6,4 \cdot 10^3 \text{ Дж} \quad (3.10)$$

Тепловий ККД сонячного колектора, інакше кажучи, коефіцієнт використання визначається як відношення корисної кількості теплоти до доступного сонячного випромінювання на апертурі тарілки:

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{Q_s} = \frac{4,6 \cdot 10^3}{6,4 \cdot 10^3} = 0,72 \quad (3.11)$$

Також хотілося б відзначити, що при розрахованій кількості корисної теплоти можна конфігурувати сонячну установку. Щоб на виході отримати температуру води 85 °С, необхідно збільшити масову витрату. Так згідно із законом збереження енергії стає очевидною наступна залежність:

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$m_1 \Delta T_1 = m_2 \Delta T_2 \quad (3.12)$$

Таким чином масова витрата при нагріванні до 85 °С (побутові потреби), дорівнюватиме:

$$m_2 = \frac{m_1 \Delta T_1}{\Delta T_2} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 457}{85} = 13 \cdot 10^{-3} \quad \text{кг/с} \quad (3.13)$$

Тоді об'ємні витрати на годину:

$$V_{2 \text{ flow.hour}} = 13 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3} \cdot 3600 = 46,6 \quad \text{л/ГОД.}$$

Виходячи із отриманого результату, максимальний об'єм води, який дана установка може розігріти в ідеальних умовах до 85 °С, становить 47 літрів, що є цілком хорошим показником.

3.4 Гідравлічний аналіз спірального ресивера

Падіння тиску ΔP всередині спірального ресивера розраховується наступним чином:

$$\Delta p = f_r \frac{l_{tube}}{2R_{rec.in}} \cdot 0,5 \rho_{fluid} \cdot v_{fluid}^2 = 0,48 \cdot \frac{6}{2 \cdot 0,002} \cdot 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,2^2 = 1,44 \cdot 10^4 \quad (3.14)$$

де f_r - коефіцієнт тертя, $f_r = 0,48$;

l_{tube} - довжина архімедової спіралі, $l_{tube} = 6$ м;

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк. 52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$R_{rec.in}$ - внутрішній радіус трубки ресивера, $R_{rec.in} = 0,002$ м.

Використовуючи перепад тиску, можна розрахувати потребу у насосній роботі (W_p):

$$W_p = m_{flow} \cdot \frac{\Delta p}{\rho_{flow}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,44 \cdot 10^4}{1000} = 0,36 \text{ Вт} \quad (3.14)$$

Сонячний концентратор виробляє корисне тепло та споживає енергію в насосі для покриття втрати тиску. Таким чином, можна оцінити загальну ефективність системи з використанням критерію, що враховує всі ці фактори. Фактично цей індекс оцінює чисте виробництво первинної корисної енергії нагрівальної системи:

$$\eta_{over} = \frac{Q_u - \frac{W_p}{\eta_s}}{Q_s} = \frac{4,6 \cdot 10^3 - \frac{0,36}{0,4}}{6,4 \cdot 10^3} = 0,71 \quad (3.15)$$

3.5 Висновки до третього розділу

В даному розділі проводяться розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії. Наводяться технічні характеристики параболічного концентратора. Здійснюється його тепловий, оптичний розрахунок та гідравлічний аналіз.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі розроблено конструкцію сонячного концентратора енергії.

В першому розділі здійснено огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень в області сонячних концентраторів. Розглянуто використання сонячної енергії на Землі. Наведено загальну інформацію про сонячні концентратори. Розглядаються різні види сонячних концентраторів. Представлено приклади практичного використання концентраторів сонячної енергії.

В другому розділі проведено розробку конструкції сонячного концентратора. Здійснено обґрунтування типу сонячного концентратора. Проведено розробку схеми нагріву води з використанням сонячного концентратора та конструкції сонячного концентратора.

В третьому розділі здійснено розрахунки, що підтверджують працездатність сонячного концентратора енергії. Наведено технічні характеристики параболічного концентратора. Здійснено його тепловий, оптичний розрахунок та гідравлічний аналіз.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вивчення потоку енергії від Сонця [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://unit.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/doc/lab4.pdf>.
2. Квантові властивості світла [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://sites.google.com>.
3. Що таке сонячна енергія [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/ijixe>
4. Фотоелектрична комірка [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/wsac>
5. Геліосистема: призначення, переваги та недоліки [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://comfortsellers.com.ua/heliosystema-pryznachennya-perevahy-ta-nedoliky/>
6. Сонячні колектори та сонячні панелі – екологічно чиста енергія в наших будинках [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/ijqjx>.
7. Тарасенко М.Г. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Відновлювані джерела енергії». Методичні вказівки / М.Г. Тарасенко, В.І. Гетманюк – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2012. – 93 с.
8. Принципи роботи різних типів сонячних електростанцій [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://joule.net.ua/ua/articles/princzipi-roboti-riznikh-tipiv-sonyachnikh-elektrostanczij>.
9. Сонячна енергія [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dieret.rea.org.ua/uk/solar-energy.html>
10. Сонячний концентратор [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://jak.koshachek.com/articles/sonjachnij-koncentrator.html>

11. Типи промислових СЕС і принципи їх дії [Електронний ресурс].
Режим доступу: <https://eds-development.com/yak-pracjujut-sonyachni-elektrostantsii/>

12. Клімат України. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
<http://www.geograf.com.ua/physical-school-course/448-klimat-ukrajini>

13. Avezov R.R. Solar systems of heating and hot water supply / R.R. Avezov, A.Yu. Orlov - Tashkent: Fan, 1988. - 288 p.

14. Інструкції з виготовлення сонячного концентратора [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/ijyaу>.

15. Сонячний тепловий концентратор [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://blog.avislab.com/solar2/>

16. Геліоенергетика. Методика визначання ресурсів. ДСТУ 4885:2007

Shuai, Y. Xia X. Radiation performance of dish solar concentrator and cavity receiver systems / Y. Shuai, X. Xia, H. Tan // Solar Energy. – 2008. – Vol. 82, No. 4. – P. 13 – 28.

17. Hestroffer D. Magnan C. Wavelength dependency of the Solar limb darkening / D. Hestroffer, C. Magnan // Astrophysl. – 1998. – Vol. 333, No. 2. – P. 338 – 342.

18. Rannels J. The DOE office of solar energy technologies vision for advancing solar technologies in the new millennium / J. Rannels // Solar energy. – 2000. – Vol.69. No. 5. – P. 363–368.

19. Goswami D. Energy conversion. / Goswami D., Kreith F. // CRC. -2008.

20. Особливості моделювання сонячного параболоїдного концентратора в програмному середовищі Comsol Multiphysics : матеріали XVI-ї міжнародної науково-практичної конференції ["Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики"], (Київ, 24-27 бер. 2018 р.) / НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського". – Київ : НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського", 2018. – 167 с.

21. Jeter S. The distribution of concentrated solar radiation in paraboloidal collectors / S. Jeter // Journal of Solar Energy Engineering. – 1986. – Vol. 108, No. 6. – P. 219 – 225.

22. Геліоресурси та ресурси сонячної радіації Хмельницької області [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://geography.tnpu.edu.ua/wp-content/uploads/2016/11/91.pdf>

23. Bellos E., Bousi E., Tzivanidis C., Pavlovic S. Optical and thermal analysis of different cavity receiver designs for solar dish concentrators

24. Petela R., Exergy of undiluted thermal radiation, Solar Energy 2003;74:469-488

25. Cengel Y.A., Ghajar A. Heat and mass transfer (a practical approach, SI 727 version), McGraw-Hill Education, 2011

26. Leinhard IV J., Leinhard V J., A Heat Tranfer Textbook, (fourth ed.), 729 Philogiston Press, USA, 2012, 354-360

27 Bellos E., Tzivanidis C., Tsimpoukis D. Enhancing the performance of parabolic 734 trough collectors using nanofluids and turbulators, Renewable and Sustainable Energy 735 Reviews 2018;91:358-375

ДОДАТОК А

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		