

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Литвиненко Марина Андріївна

«Побудова лабораторного стенду та визначення ефективності трубчастого вакуумного сонячного колектора з системою відслідковування положення сонця»

Магістерська робота

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи:

Сотник М. І.

доцент каф. ПГМ

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » 20 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Студента

Литвиненко Марини Андріївни

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Побудова лабораторного стенду та визначення ефективності трубчастого вакуумного сонячного колектора з системою відслідковування положення сонця

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р. ____

2 Термін здачі студентом закінченої роботи - до 15.12.2020 р

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи. Представлення результатів з аналізу літературних та інформаційних джерел з сучасного стану питання за темою роботи. Надання аргументованих висновків щодо доцільності та актуальності виконання випускної роботи за обраною темою).

Розділ 1 – Сонячне світло (Представляє інформацію про сонячну радіацію, вимірювання її інтенсивності та пристрої, що використовуються для цієї мети).

Розділ 2 – Сонячні колектори (Представляє інформацію про розподіл та конструкцію окремих типів сонячних колекторів із специфікацією вакуумно-трубного колектора, що є предметом дослідження).

Розділ 3 – Трекерна система (Представлена інформація про типи систем, що слідує за сонцем, їх будову та принципи роботи).

Розділ 4 – Побудова лабораторного стенду (Представлені та описані окремі компоненти лабораторного стенду, що є предметом даної роботи).

Розділ 5 – Визначення ефективності сонячного трубчатого колектора (Представлені результати вимірювань та розрахунок ефективності вакуумно-трубного колектора ELFRAN).

Розділ 6 – Розрахунки (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом проведеної роботи. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення енергетичної ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження).

Розділ 7 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз).

Висновки.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

6 Дата видачі завдання 09.11.2020 р

Керівник _____

(підпис) _____

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис) _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 09.11 до 06.12.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 10.12.2020	
3	Виконання 1-го, 2-го, 3-го розділу	до 25.11.2020	
4	Виконання 4-го, 5-го розділу	до 06.12.2020	
5	Виконання 6-го, 7-го розділу	до 13.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 15.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2020	
8	Проведення захисту роботи	з 21.12 до 24.12.2020	
9			
10			

Студент-магістр

(підпис)

Керівник випускної роботи

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 78с., 49 рисунків, 5 таблиці, 1 додатків, 20 літературних джерел.

Графічні матеріали: поперечний переріз трубки абсорбента, спрощена схема позиції.

Мета роботи: ця робота зосереджена на описі модернізації та введення в експлуатацію лабораторного стенду з трубково-вакуумним сонячним колектором ELFRAN, розташований у Краківському технологічному університеті..

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

містить інформацію про сонячну радіацію,

інтенсивність та методи її вимірювань,

теоретичні знання про конструкцію сонячних колекторів,

представляє проблеми, пов'язані з системами відстеження положення сонця,

докладно описана конструкція лабораторного стенду та його складові

він показує результати вимірювань та розрахунки ефективності сонячного колектора, які не дуже точні через сезон,

після отримання результатів їх аналізували за допомогою графіків.

Об'єкт дослідження: сонячним колектором ELFRAN.

Предмет енергообстеження: модернізація лабораторного стенду.

Методи дослідження: звітно-статистичний, розрахунково-аналітичний.

Ключові слова: випромінювання, колектор, стеження

Тема роботи – «Побудова лабораторного стенду та визначення ефективності трубчастого вакуумного сонячного колектора з системою відслідковування положення сонця»

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 Сонячне світло.....	9
1.1 Сонячне випромінювання.....	9
2 Сонячні колектори	17
2.1 Плоскі сонячні колектори.....	17
2.2 Вакуумні трубкові сонячні колектори.....	23
2.2.1. Фокусування дзеркал	25
2.2.2. Сонячна поглинальна трубка	28
3 Трекерна система	30
3.1 Трекери	31
3.1.1. Фіксований колектор / рухоме дзеркало.....	32
3.1.2. Рухомий колектор	32
3.2 Одновісні прилади відстеження.....	33
3.3 Двовісні прилади відстеження	36
3.4 Типи приводів	38
4 Побудова лабораторного стенду	40
4.1 Вакуумний трубковий колектор Elfran	41
4.2 База колектора з системою націлювання на сонце	47
4.3 Піранометр	49
4.4 Сонячний фактор	51
4.5 Резервуар для гарячої води.....	53
4.6 Теплоприймач	56
4.7 Циркуляційний насос	57
4.8 Система збору даних	58
4.9 Контролер колектора.....	59
5 Визначення ефективності вакуумного трубчастого сонячного колектора	61
5.1 Миттєва ефективність сонячного колектора	62
5.2 Діаграми.....	63
3.1.3. Середні температури на вході та виході колектора і температура навколишнього середовища.....	63

3.1.4. Ізоляція	64
3.1.5. Сонячний середній об'ємний потік.....	65
6 Розрахунки.....	66
7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	68
7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів що можуть виникати в лабораторії кафедри	68
7.2 Техніка безпеки при використанні електрообладнання	71
7.3 Розробка плану евакуаційних дій на випадок аварії в лабораторному корпусі	72
ВИСНОВКИ.....	74
ЛІТЕРАТУРА.....	75
ДОДАТОК.....	77

ВСТУП

Метою даної дипломної роботи є проектування та модернізація лабораторного стенду для випробування сонячних колекторів. Стенд був створений в 2007 році і використовувався для випробування плоского рідкого сонячного колектора Ariston. В дипломній роботі був підготовлений проект модернізації лабораторного стенду та пристосування його для роботи з новим типом трубчастих та вакуумних сонячних колекторів, обладнаних двовісною системою сонячного відстеження ELFRAN. В рамках реконструкції випробувального стенду була підготовлена конструкція модернізації системи, обрані частини системи, які слід замінити, та обрані їх заміни. Останньою частиною роботи була модернізація станції її пуск та попередні випробування. Оскільки сонячні колектори використовують сонячне випромінювання і перетворюють його в теплову енергію у розділі 1 представлена інформація про сонячну радіацію, вимірювання її інтенсивності та пристрої, що використовуються для цієї мети.

У розділі 2 представлена інформація про розподіл та конструкцію окремих типів сонячних колекторів, а специфікація вакуумно-трубного колектора є предметом дослідження.

Новий сонячний колектор, встановлений на лавці, оснащений сонячною системою відстеження. Розділ 3 містить інформацію про типи сонячних систем відстеження, їх будову та принципи роботи.

У розділі 4 представлені та описані окремі компоненти лабораторного стенду, що є предметом цієї роботи.

У главі 5 представлені результати вимірювань та розрахунок ефективності вакуумного трубного колектора ELFRAN.

1 СОНЯЧНЕ СВІТЛО

За останні десятиліття зростає акцент на використанні відновлюваних джерел енергії. Великим потенціалом у цій галузі є можливість використання сонячного випромінювання, особливо у галузі виробництва електроенергії з використанням фотоелектричних елементів, та підготовка гарячої води для побуту за допомогою сонячних колекторів різних типів.

1.1 Сонячне випромінювання

Сонячне випромінювання можна визначити як потік електромагнітних хвиль та елементарних частинок, що випромінюються від Сонця і досягають Землі. Метеорологічний словник [1] визначає інтенсивність випромінювання як потік сонячного випромінювання в межах одиниці твердого кута. Інтенсивність випромінювання, що досягає верхніх меж атмосфери, визначається як сонячна константа, величина якої була визначена в PN-EN-ISO 9488 [2] при $1367 \text{ Вт / м}^2 \pm 7 \text{ Вт / м}^2$ [Рис. 1.1].

Проходячи через шари атмосфери, він зменшується внаслідок певних факторів.

Близько 30% сонячної радіації відбивається хмарами, а чверть розсіюється молекулами повітря і води в атмосфері. З іншого боку, близько 15% поглинається аерозолями та атмосферними газами. Таким чином, приблизно одна третина всього випромінювання Сонця [3] досягає земної поверхні, яку ми можемо використовувати

як поновлювану енергію. У минулі часи були випадки, коли інсоляція була нижчою, наприклад, пов'язана з циклами Мілановича [11] або виверженнями вулканів. Це призвело до періодів похолодання або навіть льодовикових періодів.

Пряме випромінювання - це частина енергії, яка через атмосферу досягає поверхні Землі паралельними променями безпосередньо від Сонця [Рис.1].

Розсіяне випромінювання не входить до його складу.

Дифузне випромінювання визначається як частина променів, що змінює напрямок (відхилення) в атмосфері, тобто в оптично неоднорідному середовищі.

Положення Сонця в зеніті значно зменшує розсіяння випромінювання через скорочення оптичного шляху [5].

Сумарне випромінювання - це сума прямого і розсіяного випромінювання [6] [17].

Після досягнення поверхні Землі частина випромінювання відбивається вгору і повертається в атмосферу. Їх називали відбитим випромінюванням.



Рис. 1.1 - Сонячне випромінювання, що досягає поверхні Землі [<http://elib.tsatu.edu.ua>]

Кількість теплішої енергії, що досягає поверхні даного регіону Землі, сильно залежить від змін пір року. На Україні, розташованій у північній півкулі, взимку спостерігається низька інсоляція, рідко перевищує 500

[Вт / м²]. Це нахиляє добуву вісь обертання Землі до площини орбітального руху. Ця вісь разом із площиною екліптики утворює кут 66,5 градусів [8], а орієнтація осі обертання є постійною. Звідси випливає, що під час свого обертання протягом року Земля один раз нахиляється до північної півкулі до Сонця, один раз до півдня і два рази боком [Рис. 1.2].

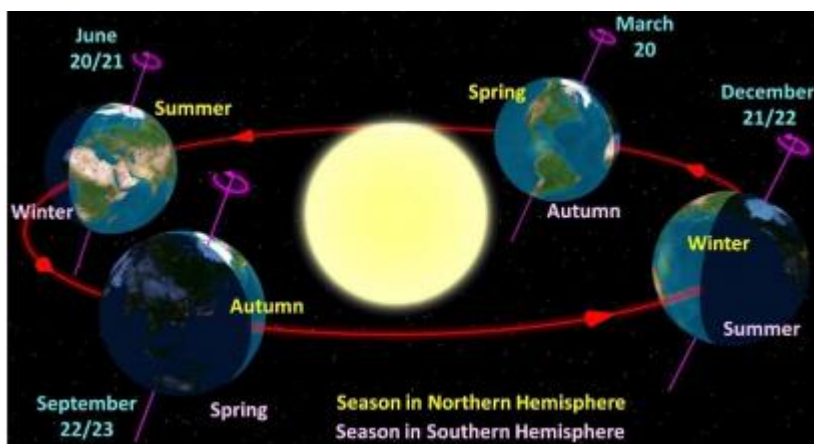


Рис. 1.2 - Положення Землі на орбіті протягом року [apollo.astro.amu.edu.pl]

Кількість енергії, яка падає на дану поверхню, залежить від косинуса кута між падаючим енергетичним потоком і перпендикуляром до поверхні. З цього випливає, що чим більший кут падіння сонячного світла, тим меншою буде інсоляція (рис. 1.3)

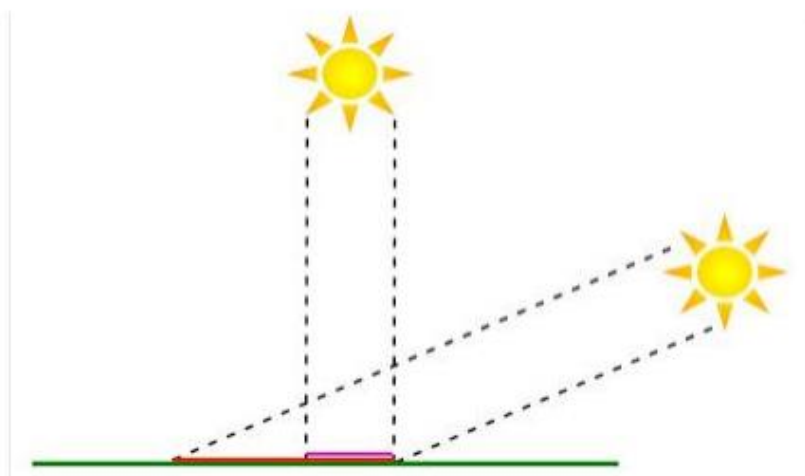


Рис. 1.3 - Залежність сонячної радіації від кута падіння сонячних променів

[<http://solaris18.blogspot.com/>]

З цієї причини на Україні протягом календарного літа сонячне світло є найвищим. Навіть 80% теплової енергії, що постачається сонячною радіацією, припадає на період з квітня по вересень [9]. Оптичне скорочення шляху та кут падіння променів спричиняє те, що сонячна радіація складається в основному з прямої радіації. Зимовий випадок - навпаки - відсоток дифузного випромінювання в загальній сонячній радіації зростає (рис.1.4).

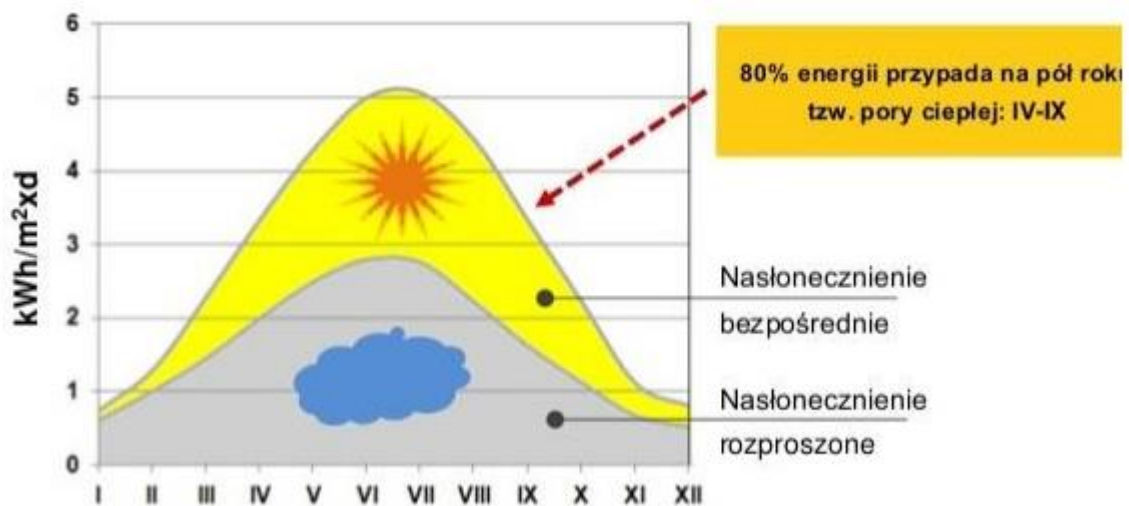


Рис. 1.4 - Пряме і непряме сонячне випромінювання протягом року [solarblog.pl]

1.2 Вимірювання сонячної радіації

Наукова галузь, що займається вимірюванням сонячного випромінювання називається радіометрією. Вона використовується в метеорології, хімії та техніці комп'ютерної графіки. Актинометрія призначена для вимірювання прямого, поглиненого в атмосфері та розсіяного випромінювання [7].

Вимірювання сонячного випромінювання можуть проводити 2 типи приладів:

- піранометрія та піреліометрія. Піранометр вимірює загальне короткохвильове випромінювання, що досягає купола приладу (на рівній поверхні), тоді як

піреліометр вимірює пряме випромінювання. Тому різниця у показаннях обох пристроїв є мірою розсіяного випромінювання.

Кожен шар атмосфери Сонця випромінює характерний діапазон хвиль, який домінує над ним. Це називається спектром сонячного випромінювання. Це нагадує розподіл чорного тіла, температура якого становить 5800 К. [5] Існує діапазон ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі менше 0,38 мкм, діапазон видимого випромінювання від 0,38 мкм до 0,78 мкм та інфрачервоне випромінювання, де довжина хвилі коливається від 0,75 мкм до 3 мкм [11] [Рис. 5.]. Цілих 49% енергії направляється у видимому та ближньому інфрачервоному вигляді. Понад 44% з них несуть випромінювання довжиною понад 0,8 мкм [5].

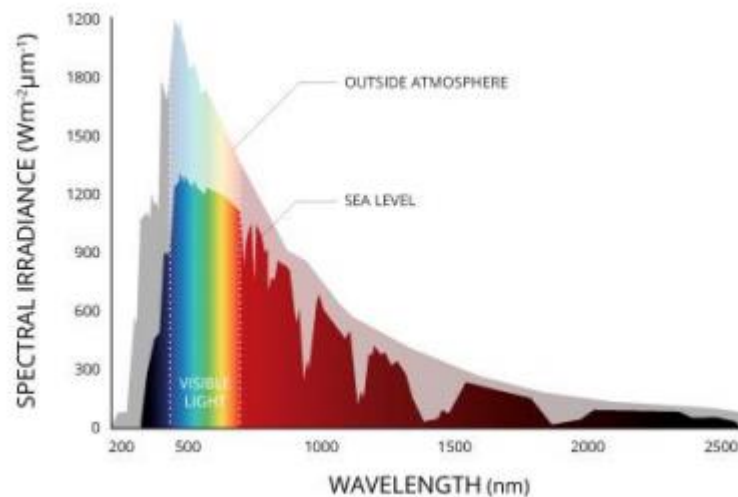


Рис.1.5 - Спектральний розподіл сонячної радіації [www.fondriest.com]

Піранометр реєструє довжини хвиль в діапазоні від 0,3 мкм до 3 мкм. Як видно з рис. 5, це практично весь діапазон випромінювання, який може бути використаний у відновлюваній енергетиці.

Специфіка його конструкції означає, що для її роботи не потрібно зовнішнє джерело живлення. Визначення та класифікація піранометрів наведені у стандарті ISO 9060 [12]. Існує три типи піранометрів, які можна виготовити за двома різними технологіями: термоелектричний та кремнієвий напівпровідник. Термоелектричні піранометри - це датчики на основі термопар, призначені для вимірювання широкої смуги щільності сонячного потоку з кутом огляду 180 градусів. Він вимірює хвилі в

діапазоні від 300 до 2800 нм з переважно плоскою спектральною чутливістю. Активна частина датчика була розділена на чорний і білий сектори і опромінення розраховується на основі різниці між температурою чорних секторів, що перебувають на сонці, і температурою білих секторів, що не отримують випромінювання [рис. 6].



Рис. 1.6 - Активна частина термоелектричного піранометра [www.fiedler.company]

У сучасних термоелектричних піранометрах активні (гарячі) кінці термопар розташовані під поверхнею чорного покриття і нагріваються випромінюванням, поглиненим чорним покриттям. Пасивні (холодні) спари термопар повністю захищені проти сонячного випромінювання і знаходяться в тепловому контакті з корпусом піранометра, який служить радіатором. Термопара виробляє невелику напругу, пропорційну різниці температур між чорною поверхнею покриття та корпусом пристрою. Як правило, в сонячний день вихідна потужність становить близько 10 мВ.

Кожен піранометр має унікальну чутливість, якщо він не обладнаний відповідною електронікою для калібрування сигналу.



Рис.1.7 -Піранометр термопари LAMBRECHT [www.merazet.pl]

Кремнієві піранометри wg. ISO 9060 засновані на фотодіодах [13]. Вони виявляють частину сонячного спектру в діапазоні 350-1100 нм. За допомогою фотоефекту 11 фотодіод перетворює сонячний спектр у струм, пропорційний інтенсивності випромінювання. Ці прилади є основою світлових лічильників, що використовуються у фотографії та світлових технологіях.



Рис. 8. Кремнієвий піранометр [stacjameteo.com]

Фотоелектричні піранометри - це похідні фотодіодних піранометрів, також відомі як сонякоміри. Це пов'язано з розповсюдженням фотоелектричних систем.

Активна частина датчика складається з фотоелемента, що працює в умовах короткого замикання.

Сформований струм прямо пропорційний сонячній радіації, що падає на клітинку, в діапазоні від 350 до 1150 нм. Його чутливість така ж, як у кремнієвої клітини.



Рис. 1.9 - Фотоелектричний піранометр [solarwind-sensor.com]

2 СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ

Сонячний колектор перетворює енергію, поглинену сонячним випромінюванням, в теплову енергію, передану назовні колектору робочим середовищем, яким зазвичай є вода, змішана з коефіцієнтом, який має знижувати температуру замерзання під час роботи при низьких температурах. Найпоширенішим таким фактором є етилен або пропіленгліколь. Гаряча вода, отримана за допомогою сонячних колекторів, зазвичай використовується в готелях, на підприємствах, у приватних будинках, басейнах, підлозі з підігрівом тощо. Завдяки їх конструкції розподіл сонячних колекторів визначається стандартом PN-ENISO 9488. Сонячна енергія: Термінологія [13]. Є плоскі, вакуумні, без кришки, колектори вакуумних труб, фокусуючі колектори з лінійним фокусом, параболічний жолоб, точковий фокус, параболічний, складний параболічний фокус, багатостінні, Френель, сонцезахисні колектори.

2.1 Плоскі сонячні колектори

Плоскі сонячні колектори - в системах сонячного опалення найчастіше використовуються плоскі сонячні колектори та резервуари для зберігання гарячої води для побуту. Плоскі сонячні колектори складаються з ізольованої та стійкої до атмосферних впливів чорної металопоглинальної пластини із вбудованими водопровідними трубами. Вода в трубах нагрівається сонячною енергією і циркулює по системі через потік, нагнітаний циркуляційним насосом. Плоскі сонячні колектори за своєю структурою різноманітні, але в основному всі вони містять пластину або трубчастий поглинач, покриті екраном із високою

селективністю, екраном з високим коефіцієнтом пропускання, реберну структуру з матеріалів з високою теплопровідністю, елементами тепловіддачі та належним чином виготовленим корпусом. Теплообмінна рідина циркулює по плавникових трубах, відводить тепло від абсорбера і нагріває воду, яка потім передається в накопичувальні баки.

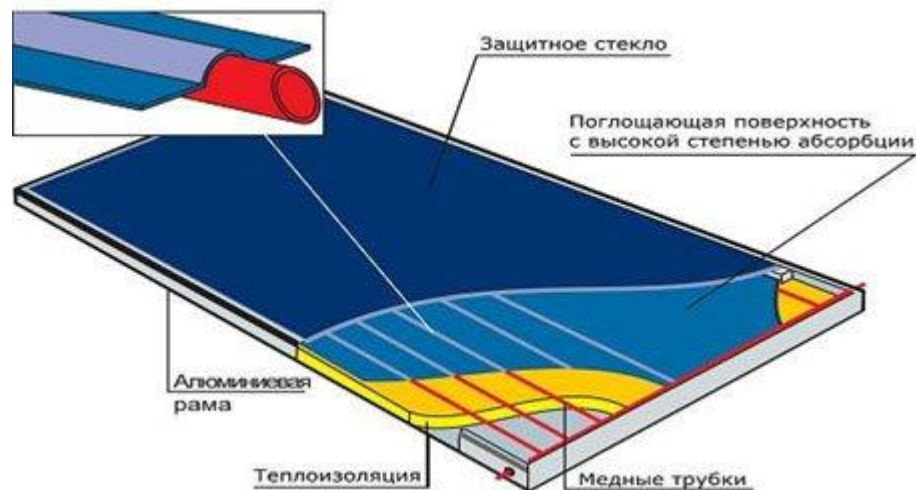


Рис. 2.10 - Плоский коллектор рідини Newalex [aniko-gas.ru]

Абсорбер - це елемент сонячного колектора, відповідальний за поглинання випромінювання, виробництво і віддачу тепла. Це найважливіша частина колектора.

Зазвичай його виготовляють з алюмінію або міді, але є і поглиначі із сталі або пластику. Багато типів поглиначів розвинулися, найважливіші з них будуть перелічені нижче:

- Панельні абсорбери [рис.11] - складаються з патрубків, прикріпленого до ребреного металевого листа, і прямих вертикальних труб.

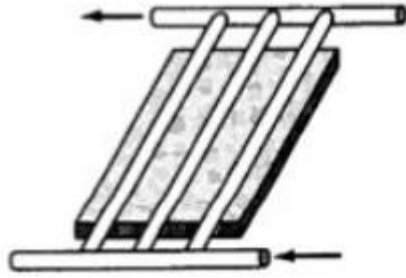


Рис. 2.11 - Панельний поглинач [renewableenergyhub.co.uk]

Поглиначі меандрів (змієподібних) [рис.12] - мають серпантиноподібні трубчасті обмотки



Рис. 2.12 - Поглинач меандрів [renewableenergyhub.co.uk]

Стрічкопоглиначі [Рис.13] - мідна труба прокатана між двома листами алюмінієвого листа

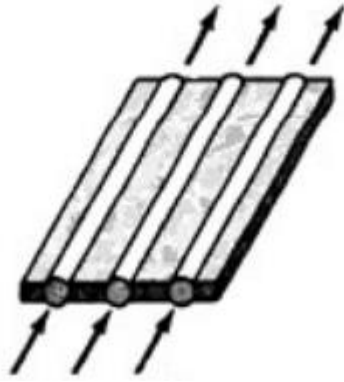


Рис. 2.13 - Газопоглинач [renewableenergyhub.co.uk]

Абсорбери з одним проточним каналом - цей канал створюється в результаті термічного зварювання кінців двох листів металу

- Поглиначі арфи [Рис.14]:

Горизонтальні - виготовляються з горизонтальних, паралельних труб, з'єднаних вертикальними трубами, розташованими по краю абсорбера, прикріпленими до листа.

Вертикальні - виготовляються з вертикальних паралельних труб, з'єднаних горизонтальними трубами по краю абсорбера, прикріплених до листа

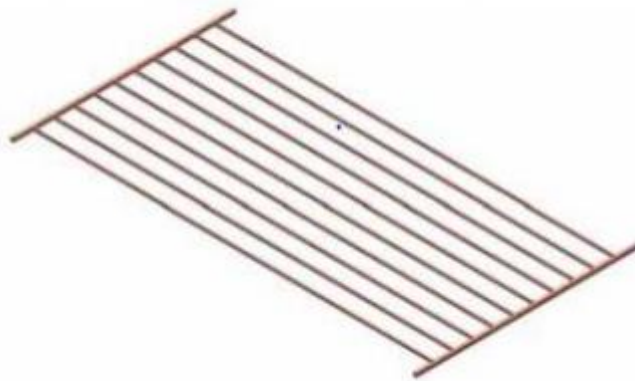


Рис. 2.14 - Поглинач арфи [Autobusy, 5/2012]

Важливим аспектом конструкції плоского колектора рідини є високий коефіцієнт пропускання. Зазвичай його роблять зі скла - звичайного скла, загартованого скла або так званого сонячне скло, що має знижене значення заліза.

Є також пластикові чохла. Основними завданнями обкладинки є:

- а. Високотемпературна стійкість
- б. Міцність до механічних пошкоджень
- в. Високий коефіцієнт пропускання сонячного випромінювання
- г. Низький коефіцієнт пропускання теплового випромінювання
- е. Запобігання втратам тепла в навколишнє середовище

Важливо забезпечити належну теплоізоляцію знизу та з боків колектора. Для цього використовується скло та кам'яна вата товщиною 50 мм.

Наразі на лабораторному стенді встановлений плоский рідкий сонячний колектор Ariston [рис. 15] з розмірами поглинача 1910x920 мм. Детальні параметри колектора наведені в таблиці 1.

Колектор	
Тип	Плоский рідинний
Матеріал корпусу	Алюміній
Вага	38 кг
Загальні розміри	1000 x 2000 x 100 мм
Загальна площа	2 м ²
Площа отвору	1,760 м ²
Площа поглинача	1,830 м ²
Покриття	
Кількість	1
Матеріал покриття	антиблікове скло

Товщина	4 мм
Трансмівність	0,9
Поглинач	
Кількість труб	8
Діаметр трубки	10 мм
Товщина стінки	0,5 мм
Матеріал	Мідний
Покриття	TiNOX
Тип	пластини
Об'єм середовища в колекторі	1,5 л
Розміри абсорбера	1910 x 920 мм
Коефіцієнт поглинання	0,95
Коефіцієнт викидів	0,05
Ізоляція	
Ізоляційний матеріал	скловата + кам'яна вата
Товщиною	50 мм
Допустимі робочі параметри	
Температура	99 ° C
Тиск	6 атм



Рис.2.15 - Плоский рідкий сонячний колектор [Політехніка Краківська -презентація лабораторії ВДЕ]

Сонячний колектор з поглинальними трубками, розташованими в арфі. Поглинач діаметром труби 10 мм і товщиною стінки 0,5 мм виготовлений з міді та покритий покриттям TiNOX. Коефіцієнт поглинання становить 0,95. Ізоляція колектора виконана зі скла та кам'яної вати. Допустима робоча температура колектора становить 99 ° С, а тиск - 6 атм.

2.2 Вакуумні трубкові сонячні колектори

Сонячні колектори з вакуумними трубками - перші колектори з вакуумними трубками були представлені наприкінці 1970-х років, але лише нещодавно спостерігається розвиток та більш широке використання цієї технології. Основним елементом такого пристрою є вакуумна скляна трубка, що оточує поглинаючий шар. Така труба має подвійну стінку, між якою створюється вакуум. Створюється негативний тиск $0,001 \div 0,002$ Па, що є набагато кращим теплоізолятором порівняно з повітрям, тому втрати тепла зсередини колектора менші. Це має особливе значення в умовах більш низьких температур. Взимку вакуумні трубкові колектори набагато кращі за плоскі. Для кращої теплопровідності поглиначі вакуумних трубних колекторів оснащені профільованими металевими елементами. Тепло збирається сонячною рідиною. Конструкція та принцип роботи вакуумного трубчастого колектора представлені на рис. 16 та рис. 17.



Рис. 2.16 - Конструкція вакуум-трубного колектора [spb-artstroy.ru]

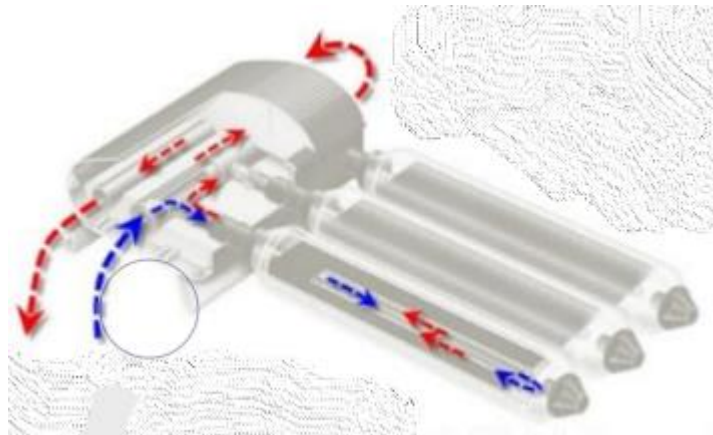


Рис. 2.17 - Принцип роботи вакуумного трубчастого колектора [viessmann.pl]

Види вакуумних трубних колекторів

Ми виділяємо три основні типи вакуумних колекторів:

- Теплотрубний тип - найдешевший тип колекторів. У мідній трубці є робоче середовище. Оскільки випромінювання нагріває поглинач на внутрішній трубці, воно також нагріває середовище. У вигляді пари він рухається до конденсатора, де тепло відводиться від основної труби збору. Особливістю є те, що сонячна рідина не контактує з поглиначем

- U-тип СРС - у кожній трубі розміщена П-подібна мідна арфа.

Робоче середовище, протікаючи через нього, отримує тепло від поглинача. Цей тип колектора має інші абсорбційні елементи у вигляді листів. Вони оснащені дзеркалами для фокусування.

- Тип прямого потоку - конструкція нагадує СРС типу U, але з можливістю монтажу кожної труби окремо.

2.2.1 Фокусування дзеркал

Фокусні дзеркала призначені для збільшення щільності потоку випромінювання, що потрапляє на поглинач. Їх можна розділити на:

Водостічні параболічні дзеркала - сонячне випромінювання, що падає на цей тип дзеркал, концентрується на фокусі параболи [Рис.18]. Вони виготовляються у вигляді жолоба з параболічним перерізом, вони фокусують випромінювання на поглинаючій трубі, що проходить вздовж фокусної точки [рис. 19].

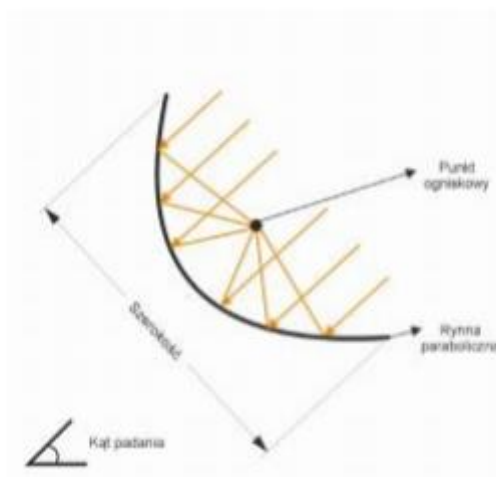


Рис. 2.18 - Фокусування сонячної радіації [Екологічна інженерія]



Рис. 2.19 - Дзеркало параболічного жолоба

Геліостати - плоскі дзеркала, дуже спрямовані, оснащені системою, що стежить за сонцем. Їх завдання - відбивати пряме сонячне світло і направляти його в одну конкретну точку. Вони використовуються на електростанціях, які називаються сонячними вежами [14]. [Рис. 20]



Рис. 2.20 - Геліостати навколо сонячної вежі [ths.rwth-aachen.de]

- Параболічні концентратори дисків - концентрують сонячні промені лише в одній центральній точці, де знаходиться поглинач



Рис. 2.21 - Дисконий параболічний концентратор [e-education.psu.edu]

Концентратори Френеля - лінійно фокусуєчи лінзи, працюєчи подібно до призми. Вони з одного боку плоскі, а з іншого - гострі поглиблення [рис. 22]. Сонячне випромінювання, що падає на лінзу, заломлюється і фокусується в лінію



Рис. 2.22 - Лінза Френеля

2.2.2 Сонячна поглинальна трубка

Випробуваний колектор виготовив компанія ELFRAN. Його основним є сонячна поглинальна трубка, на яку ELFRAN має патентний номер PL 213896 B1- «Сонячна поглинаюча трубка». Колектор може обертатися на 270 °, що дозволяє стежити за сонцем навіть з самого ранку. Відповідно до патентної специфікації № PL 213896 B1- «Сонячна поглинаюча трубка». Сонячний поглинач складається з двох труб - внутрішньої та зовнішньої. Трубки закриваються з одного кінця, а відкриваються з іншого. Відкриті кінці герметично з'єднані. Для того, щоб отримати вакуум, у просторі між ними є вакуум. У центрі внутрішньої трубки знаходиться U-трубка, яка використовується для потоку рідкого середовища, що несе поглинену сонячну енергію [15] [Рис. 23.]

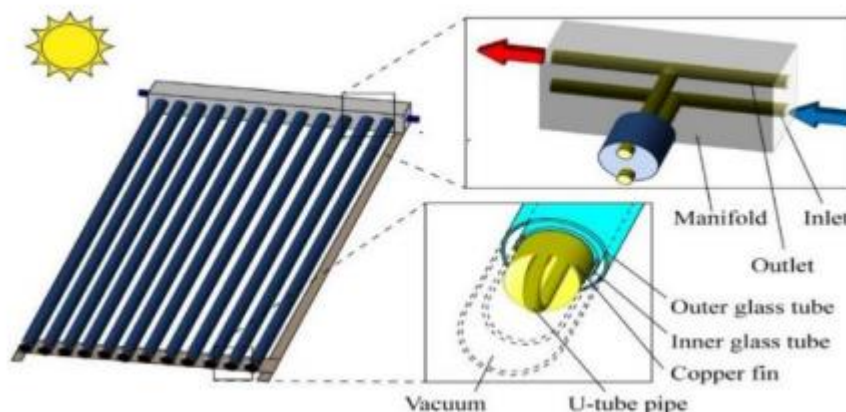


Рис. 2.23 - Схема роботи трубчастого асорбера

Істотною відмінністю від інших поглинальних трубок на ринку є теплопровідний елемент у формі циліндра, що має осьові канали для вбудовування в нього U-трубки, та використання теплопровідної пасти між внутрішньою поверхнею трубки та теплопровідними елементами. Поперечний переріз труби показано на рис. 24.

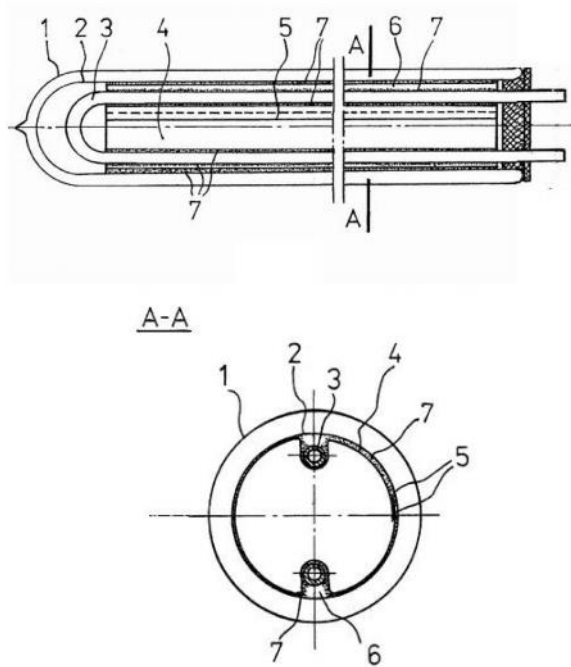


Рис. 2.24 - Поперечний переріз трубки абсорбера [ОПИС ПАТЕНТА PL 213896 B1]

Рис. 2.24 показує осьовий переріз сонячної поглинальної трубки, де

1 - скляна вакуумна трубка

2- внутрішня труба

3- U-трубка

4- елемент теплопередачі

5- циліндр з поздовжніми краями, що перекриваються

6-осьові канали

7- паста для передачі тепла

3 ТРЕКЕРНА СИСТЕМА

Система відстеження сонця - загальний термін, що використовується для опису пристроїв, які спрямовують предмети до сонця. Це можуть бути фотоелектричні панелі, сонячні колектори, відбивачі, лінзи або інші оптичні прилади. У фотоелектричних установках та плоских або вакуумних трубчастих сонячних колекторах використовуються відстежувальні пристрої, щоб мінімізувати різницю між кутом падіння світла та кутом нахилу фотоелектричної панелі. Це збільшує кількість енергії, що виробляється при встановленні заданої встановленої потужності, а також дозволяє більше використовувати енергію Сонця. В стандартних фотоелектричних установках, за підрахунками, пристрої відстеження використовуються принаймні в 85% комерційних установок з встановленою потужністю більше 1 МВт у 2009-2012 роках. Різні типи сонячних колекторів та їх розташування вимагають різних типів механізмів відстеження.

Фіксоване кріплення колектора

Побутові та невеликі комерційні фотоелектричні панелі та колектори для приготування гарячої води, як правило, закріплені, часто встановлюються врівень на правильно орієнтованому скатному даху [рис. 25].



Рис. 3.25 - Фіксоване кріплення колектора [ekofront.pl]

До переваг систем фіксованого кріплення (тобто факторів простежуваності) належать:

Механічна простота, а отже, менші витрати на встановлення та обслуговування.

Вітрове навантаження: легше і дешевше забезпечити тверду позицію;

всі кріплення, крім нерухомих змивних панелей, повинні бути ретельно розроблені з урахуванням їх вітрового навантаження через більшу експозицію.

Непряме світло: близько 10% падаючої сонячної радіації - це розсіяне світло, доступне під будь-яким кутом відхилення від падаючого сонця

Толерантність до вирівнювання: Ефективна зона роботи плоскої панелі відносно нечутлива до досить високих рівнів невідповідності сонці.

3.1 Трекери

Встановлена плоска панель зазвичай розташовується для збору значної частини доступної сонячної енергії опівдні, але значна кількість її також доступна рано вранці та пізно вдень, коли кут сонячного світла на нерухомому колекторному панелі стає занадто малим для збирання розумна кількість енергії. Наприклад, навіть коли Сонце знаходиться лише на 10° над горизонтом, доступна енергія може бути приблизно вдвічі менша за обід [16] (або навіть більше залежно від широти, пори року та погодних умов). Таким чином, головною перевагою сонячної системи відстеження є збирання сонячної енергії протягом більш тривалого періоду дня та з правильним вирівнюванням, коли положення сонця змінюється з часом року. Більше того, чим вищий рівень інтенсивності випромінювання, тим важливішим стає відстеження, оскільки частка енергії, що отримується від прямого випромінювання, вища, і правильне розташування панелі дозволяє поглинати більшу її частину.

3.1.1 Фіксований колектор / рухоме дзеркало

Багато колекторів не можна переміщати, наприклад, високотемпературні колектори, де енергія отримується у вигляді гарячої рідини або газу (наприклад, пара). Інші приклади включають безпосереднє опалення та освітлення будівель та постійні вбудовані сонячні обігрівачі, такі як відбивачі Шефлера. У таких випадках необхідно використовувати рухоме дзеркало [рис. 26], щоб незалежно від того, де знаходиться сонце на небі, сонячні промені були спрямовані на колектор. Через складний рух Сонця по небу, і рівень точності, необхідний для правильного спрямування сонячних променів на ціль, у дзеркалі геліостата зазвичай використовується двовісна система відстеження з принаймні однією механізованою віссю. У різних конструкціях дзеркала можуть бути плоскими або увігнутими.

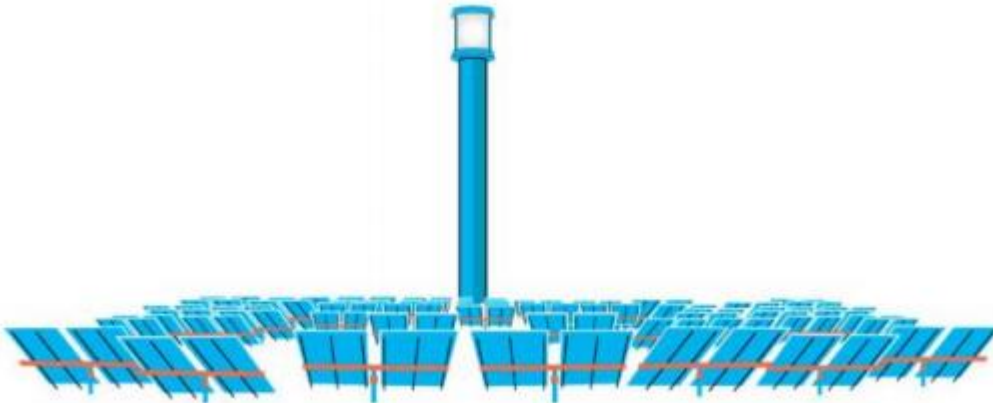


Рис. 3.26 - Сонячна електростанція з рухомими дзеркалами [sinovoltaics.com]

3.1.2 Рухомий колектор

Трекери можна згрупувати у групи за кількістю та орієнтацією осей трекера. Порівняно з фіксованим кріпленням, одновісний трекер збільшує річну продуктивність приблизно на 30%, а двовісний трекер додатково на 6%. Пристрої відстеження можна розділити на два типи: стандартні фотоелектричні (PV) та концентровані фотоелектричні трекери (CPV). Кожен із цих типів трекерів може бути додатково класифікований за кількістю та орієнтацією їх осей, процедурою запуску та типом рушія, передбачуваним застосуванням, вертикальними опорами та типом основи.



Рис. 3.27 - Рухомий колектор [heliomotion.com]

3.2 Одновісні прилади відстеження

Одноосьові трекери мають єдиний ступінь свободи, який діє як вісь обертання. Вісь обертання одновісних трекерів зазвичай вирівняна вздовж меридіана. Вирівняти їх можна в будь-якому великому напрямку завдяки вдосконаленим алгоритмам відстеження. Є кілька загальних реалізацій одновісних трекерів. До них належать горизонтальні одновісні трекери (HSAT), вертикальні одновісні трекери (VSAT), нахилені одновісні трекери (TSAT) та поляризовані одновісні трекери (PSAT). Орієнтація щодо осі трекера є важливою при оцінці продуктивності.

Горизонтальний одновісний пристрій відстеження (HSAT)

Вісь обертання горизонтального одновісного трекера горизонтальна до землі [Рис.28]. Макети з горизонтальними одновісними трекерами дуже гнучкі.

Проста геометрія означає, що утримання всієї осі обертання паралельно одна одній є єдиною умовою, необхідною для правильного вирівнювання трекерів між собою.

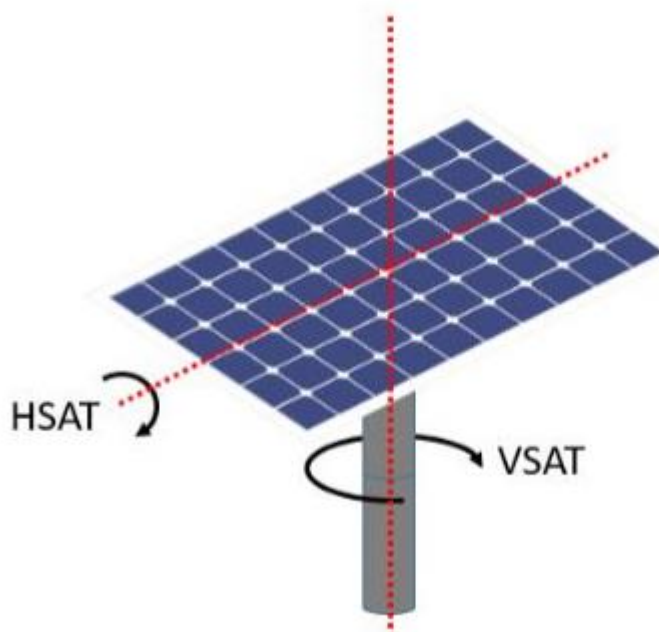


Рис. 3.28 - Осі обертання установок HSAT та VSAT [concord.org]

Достатній інтервал між панелями може максимізувати співвідношення виробництва / вартості енергії залежно від рельєфу та умов затінення та часу доби. Горизонтальні трекери зазвичай мають лицьову сторону трекера, орієнтовану паралельно осі обертання. Під час відстеження циліндр обертається повністю симетрично навколо осі обертання. Багато виробників можуть поставляти одновісні горизонтальні трекери. Їх конструкція складається з довгої горизонтальної трубки, підпертої опорами, встановленими на пілонах або рамах. Вісь труби знаходиться на лінії північ-південь. Панелі встановлені на трубці, і трубка обертається навколо своєї осі, щоб відстежувати видимий рух сонця протягом дня.

Вертикальні одновісні трекери (VSAT)

Вісь обертання вертикальних одновісних трекерів вертикальна до землі [рис. 4]. Ці трекери обертаються протягом дня зі сходу на захід. Такі трекери ефективніші у високих широтах, ніж трекери на горизонтальній осі. Макети полів повинні передбачати затінення, щоб уникнути непотрібних втрат енергії та оптимізувати землекористування. Через характер затінення протягом року встановлення обмежено. Вертикальні одновісні трекери мають площину модуля, орієнтовану під кутом відносно осі обертання. Одновісний нахилений трекер (TSAT) Трекери з осями обертання між горизонтальною та вертикальною дугою вважаються одновісними нахиленими пристроями [Рис. 29].

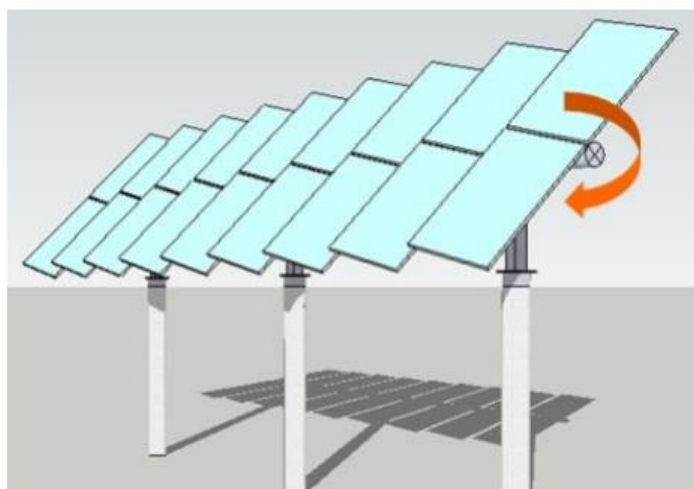


Рис. 3.29 -Трекер TSAT [<http://www.green-source.com.tw/>]

Кути нахилу трекера часто обмежені, щоб зменшити профіль вітру та зменшити висоту піднятого кінця масиву над землею. Розміщення полів повинно враховувати затінення, щоб уникнути непотрібних втрат та оптимізувати землекористування. Завдяки можливості повороту їх можна встановлювати без ризику затінення перпендикулярно їх осі обертання. Вирівнювання, паралельне їх осі обертання, обмежується кутом нахилу та широтою. Нахилені одновісні трекери зазвичай мають модуль, орієнтований паралельно осі обертання.

3.3 Двовісні прилади відстеження

Двовісні трекери мають два ступені свободи, які виконують роль осей обертання. Вісь, яка закріплена на землі, є первинною віссю, а друга - вторинною віссю. Існує кілька поширених типів двовісних трекерів. Вони класифікуються відповідно до орієнтації їх основних осей відносно землі. Дві загальноприйняті категорії - це двосторонні трекери з нахилом осі (TTDAT) [Рисунок 6.] та двовісні трекери з азимутно-висотною висотою (AADAT) [Рисунок 7.]. Двовісні локатори зазвичай мають модулі, орієнтовані паралельно вторинній осі обертання. Двовісні прилади відстеження дозволяють оптимально використовувати сонячну енергію завдяки можливості відстеження її у двох площинах - вертикальній та горизонтальній.

Двовісний трекер нахилу (TTDAT)

Двовісний трекер нахилу має основну вісь, горизонтальну до землі. Тоді мала вісь нормальна до первинної осі.

Дотримання осей обертання паралельно одна одній необхідно лише для правильного вирівнювання трекерів між собою.

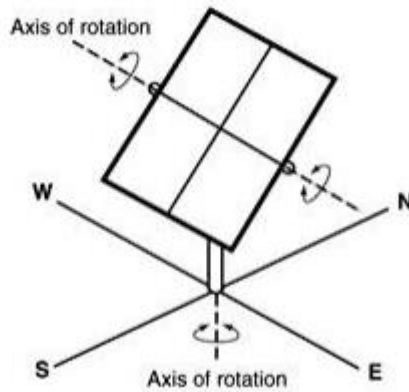
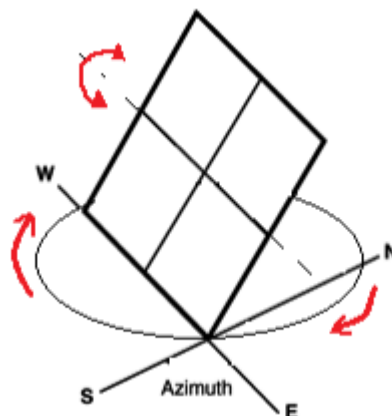


Рис. 3.30 - Трекер TTDAT [www.mdpi.com]

Двовісний трекер азимутальної висоти (AADAT)

Двовісний азимутальний трекер висоти має свою основну вісь вертикально до землі. Тоді мала вісь нормальна до первинної осі. Розміщення полів повинно враховувати затінення, щоб уникнути непотрібних втрат енергії та оптимізувати землекористування. При конструкції основи використовується телескопічна опора, щоб правильно встановити систему. Одна вісь - вертикальний обертовий вал або горизонтальна кільцева ручка, що дозволяє повертати пристрій до точки, позначеної компасом. Друга вісь горизонтально встановлена на азимутальній платформі. Використовуючи комбінації двох осей, ви можете розташувати колектор у будь-якому положенні. Такі системи можуть бути керовані комп'ютером відповідно до очікуваної сонячної орієнтації або можуть використовувати датчик відстеження для управління двигунами, які вирівнюють панелі до сонця.



3.4 Типи приводів

Активний трекер

Активні трекери використовують двигуни та шестерні для керування трекером за вказівкою контролера, який реагує на напрямок Сонця [10]. Приводи окремих компаній можуть суттєво відрізнятися один від одного.

Активні двовісні трекери також можуть бути використані для орієнтації рухомих геліостатичних дзеркал. У великих установках кожне дзеркало повинно мати індивідуальну орієнтацію. У такій системі ними керує центральний комп'ютерний контролер, який також забезпечує аварійне відключення системи.

Сонячні датчики відстеження, як правило, складаються з двох фотодатчиків, таких як фотодіоди, сконфігурованих по-різному для отримання нульового зчитування при отриманні одного і того ж світлового потоку. Датчики повинні бути односпрямованими, орієнтованими з інтервалом 90° . Через енергоспоживання приводних двигунів їх використання не відбувається постійно. Система відстеження запрограмована на крокове переміщення пристрою. Більше того, якщо вхідне світло нижче певного порогу, генерованої потужності буде недостатньо, щоб виправдати зміну орієнтації. Це також трапляється, коли недостатня різниця в рівні світла з одного напрямку в інший внаслідок зміни затінення, наприклад через рухомих хмар. Це зменшує споживання електроенергії, необхідної для роботи колектора.

Пасивний трекер

Пасивні трекери використовують стислий газ з низькою температурою кипіння, який може бути спрямований в обидві сторони (за допомогою сонячного тепла, що створює

тиск газу). Це призводить до переміщення пристрою через дисбаланс установки. Ця орієнтація не дуже точна, що робить її непридатною для деяких типів концентричних сонячних колекторів, але працює досить добре, коли не потрібна висока точність. Щоб запобігти надмірному переміщенню пристрою через сильний рух вітру, пасивні трекери мають пригнічувачі. Однією з проблем є досить тривалий ранковий запуск такого пристрою.

4 ПОБУДОВА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ

У цій главі представлено конструкцію лабораторного стенду.

Він був створений на місці попередньої станції з плоским колектором рідини.

Спрощена схема стенду показана на рис. 32.

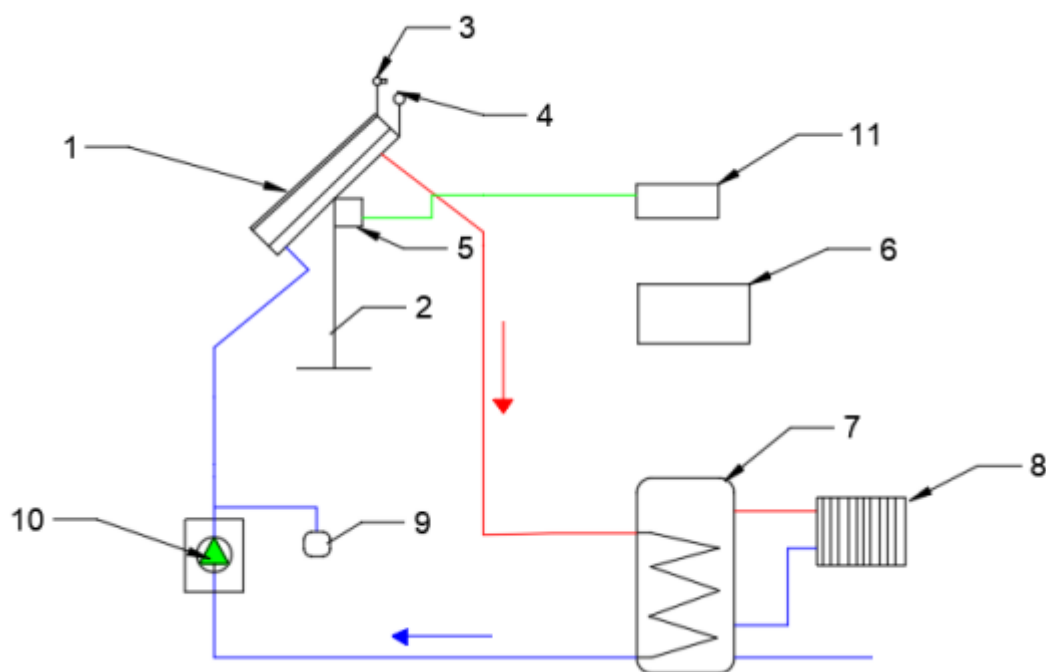


Рис. 4.32 - Спрощена схема позиції

- 1- Колектор вакуумної трубки Elfran
- 2- Колекторна база
- 3- Інфрачервоні датчики системи "Око"
- 4- Піранометр
- 5- Привід трекера
- 6- Система збору даних

7- Цистерна WEBER W1 200

8- Теплоприймач

9- Мембранний бак

10- сонячний насос Wilo

4.1 Вакуумний трубковий колектор Elfran

Виробником сонячного колектора, що використовується для будівництва лабораторного стенду, є ротаційна фабрика сонячних колекторів Elfran із місцем розташування в Новому Тарзі. Модель колектора - ELFRAN-Revolution. Можливим застосуванням пристрою є підготовка гарячої води для побутових потреб, підігрів води в басейні або додаткове опалення кімнат.



Рис. 4.33 - Сонячний колектор вакуумної трубки

Технічні дані сонячного колектора представлені в таблиці 2. Виробник надає дані для колектора під торговою назвою "Революція восьма" з тепловою потужністю вдвічі більшою, ніж встановлена на випробувальному стенді, із шістьма трубчастими сонячними поглиначами.

Таблиця 2. Технічні дані колектора ELFRAN-Revolution Eight

Матеріал колектора	боросилікатні труби
Абсорбуюче покриття	AIN / AIN-SS / Cu
Поглинання	0,94 ~ 0,96
Викиди	0,04 ~ 0,06
Вакуумна ізоляція	$P < 5 \times 10 \text{ Па}$
Оптична ефективність	0,91
коефіцієнт корисної дії η	0,611
Температура застою	270 ~ 300° C
Коефіцієнт теплових втрат	0,6 Вт / м ² К
Залежність температури тепловтрат	0,0053
Максимальний тиск	1 МПа
Ширина мм	200
Висота мм	1680
Глибина мм	400-1300
Загальна площа	5376 м ²
Активна площа	5184 м ²
Площа поглинача	2,07 м ²
Ефективність відбивача	89%
Радіус вільного простору кулі	3000 мм
Вага кг	123
Ємність L	2,8 дм ³
Номінальний потік	180 дм ³
Макс. робочий тиск МПа	0,6

Температура відступу ° С	99
Температура повернення ° С	90
Температура стоянки ° С	140-160
Гідравлічне з'єднання	1/2 '
Електричне підключення	4x1.5 та 2x2.5mm ²
Номінальна ємність бака становить	800 дм ³
Живлення становить	12 В постійного струму
Теплова потужність	3,78 кВт
Середньорічна теплоємність	4,7 - 6,1 МВт-год
Споживання енергії	0,9 Вт / год

Компоненти вакуумного трубного колектора ELFRAN

Окремі компоненти сонячного колектора вакуумної трубки ELFRAN показані на рис. 34.

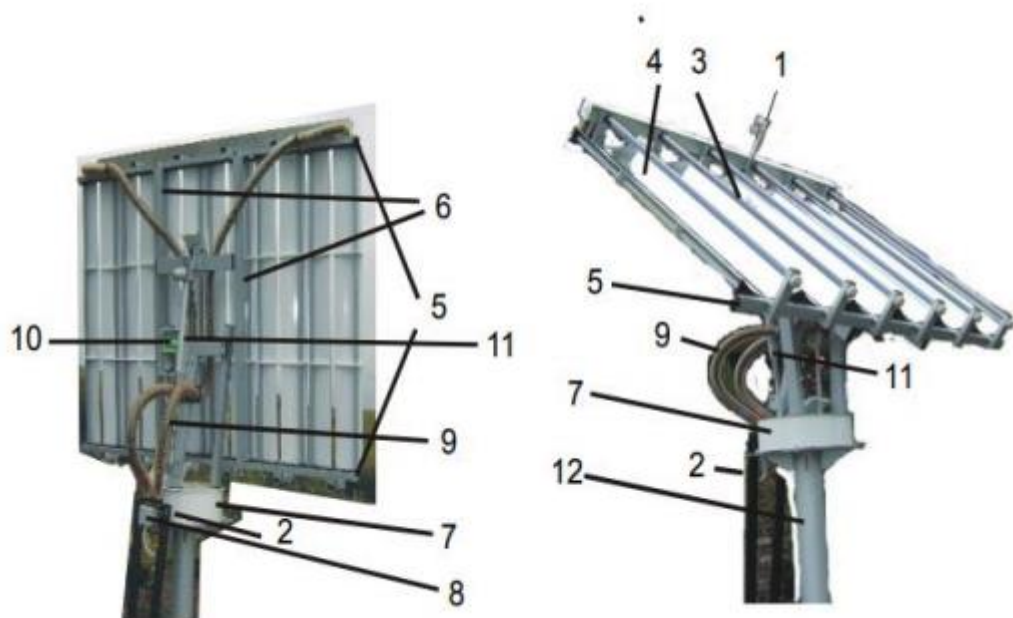


Рис. 4.34 - Компоненти колектора ELFRAN [Посібник з експлуатації та монтажу ELFRAN-Revolution]

Вияснення до посилання на рис. 34

1. Датчики управління
2. Гідравлічне з'єднання
3. Поглинач
4. Відбивачі навісу
5. Плечі
6. Балки, що кріплять сегменти навісу
7. Вертушка 270
8. ½ дюймове гідравлічне та електричне підключення 6 разів 2,5 мм²
9. Гідравлічні лінії
10. Електронне управління "Rajser"
11. Пускач
12. Монтажна лапка

Дзеркальна система з поглинальними трубками

Сонячний колектор ELFRAN має три набори високоглянцевих параболічних дзеркал CPC (тарілка) [рис. 35], які призначені для фокусування сонячної радіації на трьох поглинальних трубках, де збирається тепло.



Рис. 4.35 - Поверхня навісу з поглинальними трубами

Дзеркала виготовлені з алюмінію, що забезпечує легку конструкцію та стійкість до погодних умов. Спеціальні ребра підвищують жорсткість. З метою посилення дзеркального ефекту їх покривали високовідбиваючою поплавковою фольгою. За належного профілювання навісу сонячні промені падають на поглинач у широкому діапазоні кута падіння [рис. 36].

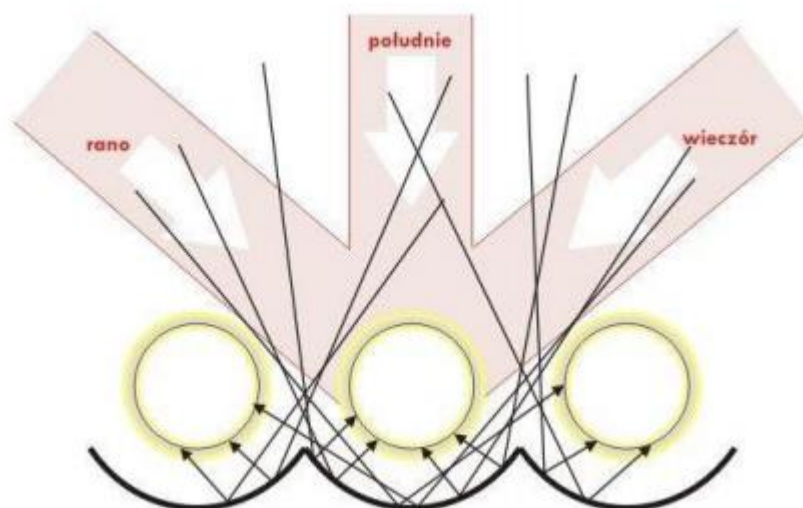


Рис. 4.36 - Параболічне дзеркало CPC

Нагріта поверхня в 20 разів менше поверхні, що приймає сонячні промені. Дзеркала на коротших краях мають центруючі рами, що дозволяють їх прикріпити до основи та правильно розташувати вздовж осі абсорбера [рис. 37]. Між абсорбером і дзеркалами є місце для повітря, яке завдяки нагріванню забезпечує кращі умови роботи колектора.

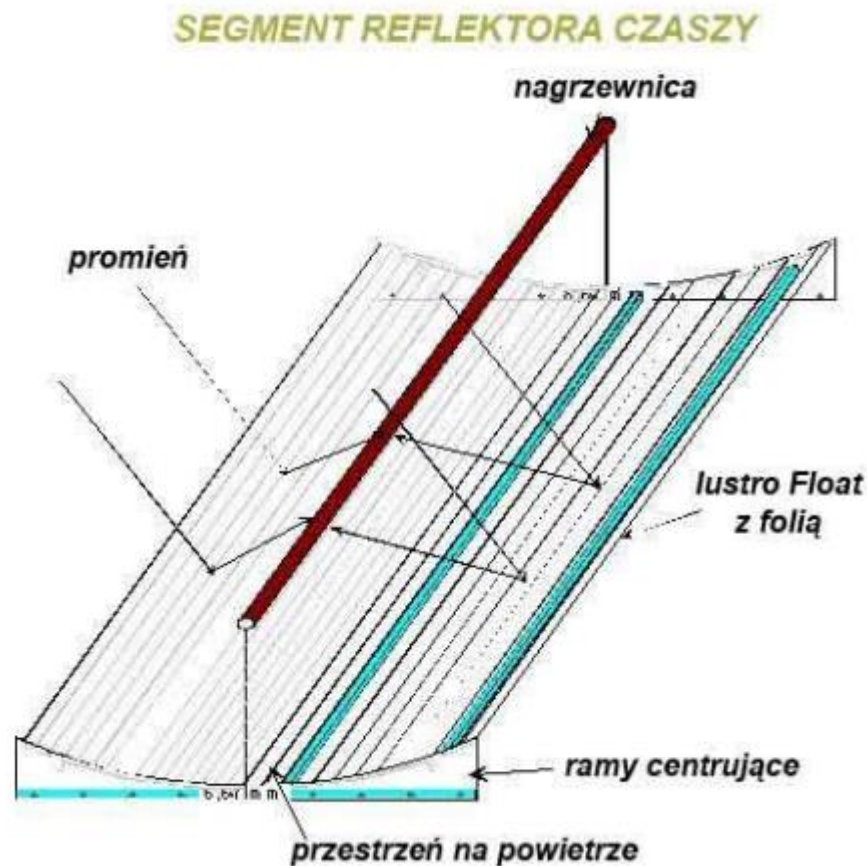


Рис. 4.37 - Сегмент відбивача навісу [czamara.net.pl]

Колектори з подвоєною площею поверхні також доступні для продажу, але для дослідницьких завдань така велика теплова потужність не потрібна.

4.2 База колектора з системою націлювання на сонце

База колектора була розроблена відповідно до індивідуальних вимог ELFRAN. Його встановили на місці розібраної колекторної бази, розташованої раніше на станції.



Рис. 4.38 - База колектора

Основа має двовісну систему спрямування сонця, розроблену ELFRAN, що називається "Око". Суть роботи цієї системи полягають у датчиках наведення, що працюють в діапазоні інфрачервоного випромінювання [рис. 39].

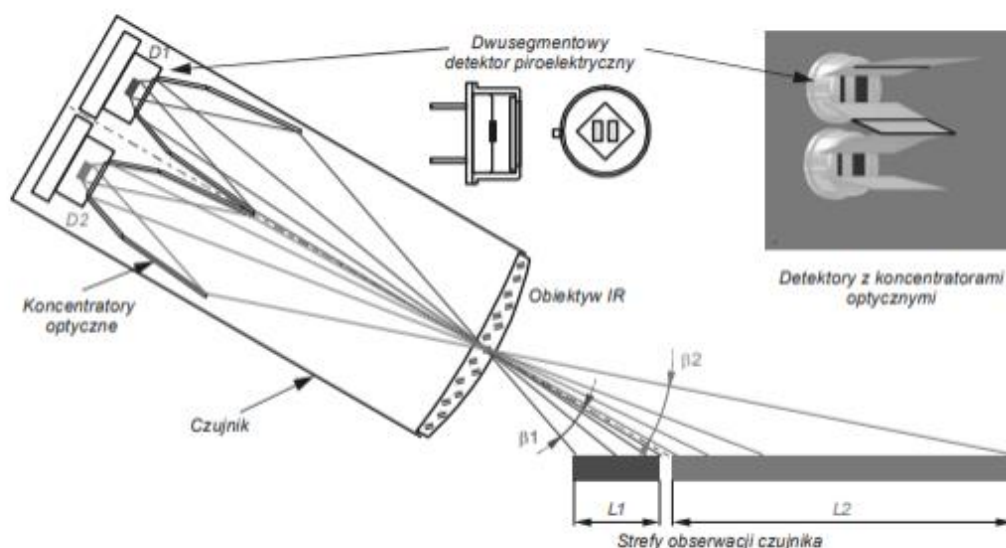


Рис. 4.39 - Побудова датчика інфрачервоного випромінювання [Військовий технологічний університет, Інститут оптоелектроніки]

Спеціально підібраний спектральний діапазон дії робить їх дуже чутливими до сонячного випромінювання. Захоплюючи їх, вони посиляють сигнал напруги на контролер, який керує механізмом обертання за допомогою двигунів та гідравлічного приводу для встановлення датчиків інфрачервоного випромінювання перпендикулярно сонячним променям, а отже і всій поверхні колектора. Така система відчуває обертання земної кулі кожні 7-10 секунд. Спосіб кріплення датчиків показаний на рис. 40.



Рис. 4.40 - Встановлення колекторних датчиків ELFRAN

Колектор може обертатися на 270° , що дозволяє стежити за сонцем навіть з самого ранку. Висота вертикальної осі вирішується гідравлічним приводом, а горизонтальна вісь - зубчастою передачею. Цікаво, що він живиться від двигуна від приводу склоочисників автомобіля Fiat 126р.



Рис. 4.41 - Привід трекера

4.3 Піранометр

Загальне короткохвильове сонячне випромінювання, що доходить до колектора, вимірюється піранометром FLA 6285 типу 8101.

Параметри піранометра наведені в таблиці 3.

Діапазон вимірювання	від 0 до 1500 Вт ⁻²
Спектральний діапазон	0,3-3 мкм
Вихідна потужність приблизно	15 мкВ / Вт ⁻² або 4 ... 20 мА = 0 ... 1500 Вт ⁻²
Опір приблизно	35 Ом
Температура навколишнього середовища	від -40 ° С до + 60 ° С
Роздільна здатність	<1 Вт ⁻²
Стабільність	<1% від виміряного значення (діапазон протягом одного року)
Ефект косинусу	<3% від виміряного значення (від 0 до 80 ° С)
Спрямований ефект	<3% від виміряного значення
Вплив температури	<1% від значення в діапазоні від -20 ° С до + 40 ° С
Лінійність	<0,5% у діапазоні від 0,5 до 1330 Вт ⁻²
Час відповіді	<25 сек. (95%), <45 сек. (99%)
Вага	1,0 кг

Спосіб встановлення піранометра - піранометр встановлювався в тій самій осі, що і колекторний посуд, на кронштейні, що перешкоджає його затіненню структурними елементами (рис. 42). Він слідує за сонцем разом із колектором, а це означає, що інтенсивність сонячного випромінювання, що падає на пристрій, така ж, як і на колектор.



Рис. 4.42 - Спосіб установки піранометра

4.4 Сонячний фактор

В установці використовується сонячний агент GLTHERM EKO PRO -35°C на основі пропіленгліколю (MPG) [Рис. 43]. Концентрація гліколю становить 51%. Забезпечує захист установки від низьких температур та корозії. Тривалість сонячного фактора очікується на 5 років.



Рис. 4.43 - Сонячний фактор GLTHERM [allegro.pl]

Властивості сонячної рідини GLITHERM ЕКО PRO -35°C наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Властивості сонячної рідини GLITHERM ЕКО PRO -35°C

Зовнішній вигляд	Безбарвна, прозора рідина без осаду
Запах	Слабкий або відсутність запаху рН 7,5-9,5
Температура замерзання / плавлення	-35 °С
Початкова температура кипіння	> 100 °С
Температура спалаху	104 °С
Верхня / нижня межа вибуху	17,4% / 2,4%
Відносна щільність (20°C)	1,041 г / см ³
Розчинність у воді	Повна
Інші розчинники	Аліфатичний спирт, альдегіди, кетони, оцтова кислота, ароматичні вуглеводні, піридин, ефіри
Тиск пари	0,08 гПа при 20°C
Температура самозаймання	-
Межі вибуху	2,4 % об`єму
Критична температура	403°C
Щільність пари відносно повітря	2.6
Коефіцієнт розподілу н-октанол / вода	-0,92
В'язкість (20 °С)	44mPas

4.5 Резервуар для гарячої води

Як бак для гарячого водопостачання використовувався емальований бак з однією котушкою від WEBER W1 ємністю 200 літрів. Він має магнієвий анод для захисту від корозії. Він має теплоізоляцію, виготовлену з пінополіуретану товщиною 50 мм, забезпечену скай пальто. Вбудований термометр дозволяє миттєво зчитувати температуру побутової води. Резервуар дозволяє встановити додатковий електронагрівач.



Рис. 4.44 - Резервуар для гарячої води WEBER W1 200 [swatt.pl]

Технічні параметри бака WEBER W1 200:

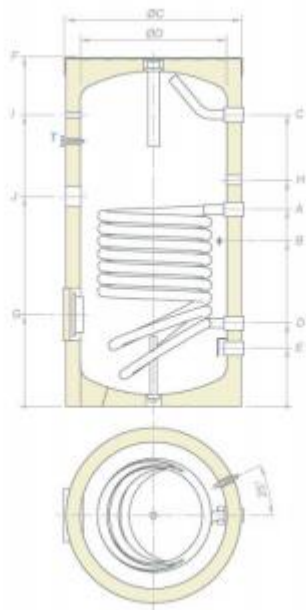


Рис. 4.45 - Поперечний переріз бака для гарячої води WEBER W1 200

Таблиця 5. Параметри баку для гарячої води WEBER W1 200

Ємність		л	200
Місткість змійовика (10-60 °C)		л/мін	20
Макс. доп. темп. (бак / котушки)		кВ	14
Макс. доп. тиск (бак / котушки)		°C	95/110
Ємність обмінника		°C	10/10
Площа обмінника		л	5,8
Ізоляція		мм	0,96

Діаметр ізольованою з		мм	600
Діаметр ізольованою без		мм	500
Вхід в котушку	А	мм	671
Втулка датчика температури	Б	мм	564
Витік гарячої води	В	мм	993
Повернення котушки з	Г	мм	284
Вплив холодної води	Д	мм	199
Висота пристрою	Е	мм	1200
Оглядний отвір	Є	мм	314
Циркуляція	Ж	мм	771
Термостат	З	мм	993
Електричний обігрівач	И	мм	714
Площа обмінника		м ²	0,96

Зв'язки

Холодна вода / гаряча вода	В/Д	GW	1"/1"
Циркуляція	Ж	GW	¾"
Котушка	А/Г	GW	1"/1"
Електричний обігрівач	И	GW	1 ½"

Оглядовий отвір	Є	мм	180
Втулка датчика температури	Б	GW	½"
Термометр		мм	14
Магnezієвий анод 1 ½"		мм	40x280
Вага (порожній)		кг	109

GW - внутрішня різьба, Gz - зовнішня різьба

4.6 Теплоприймач

Через неможливість використання побутової гарячої води для побутових цілей було вирішено використовувати теплоприймач у вигляді панельного радіатора. Щоб максимально спростити монтаж, приймач працює самопливом без використання додаткового циркуляційного насоса.



Рис. 4.46 - Пластинчастий нагрівач [purmo.com.pl]

4.7 Циркуляційний насос

Щоб забезпечити правильну циркуляцію робочого середовища в установці, було вирішено залишити циркуляційний насос Wilo (рис. 47) Він надходить із попередньої стенди і не був замінений. Насос має ручне управління, яке потрібно для належної взаємодії з регуляторами колектора компанії ELFRAN



Рис. 4.47 - Циркуляційний насос від Wilo

4.8 Система збору даних

Для збору даних використовується електронний реєстратор MPI-G від Metronic (рис. 48), який виконує архівування та вимірювання:

- інтенсивність сонячного випромінювання - піранометр FLA 6285 тип 8101
- витрати робочого середовища та гарячої господарської води - витратоміри FVA915VTN фірми Ahlborn, (FVA915VTN - латунь 2-40 л / хв, діаметр 3/4"),
- температура середовища на вході та виході з колектора - датчики Pt100,
- температура середовища на вході та виході з бака - датчики Pt100,
- температура гарячої води для гарячого водопостачання на вході та виході з водойми - датчики Pt100,
- температура корпусу резервуара в 16 точках (чотири точки по окружності на чотирьох рівнях по висоті резервуара) - датчики Pt100; точки вимірювання, встановлені для випробування стратифікації,
- температура навколишнього середовища - термометр.



Рис. 4.48 -Система збору даних

4.9 Контролер колектора

Сонячний колектор для вакуумної трубки, встановлений на вимірювальному стенді, має індивідуальну систему управління, розроблену фірмою ELFRAN (рис. 49).

Отримуючи сигнал від датчиків інфрачервоного випромінювання, що використовуються в системі орієнтації на сонце "Око", він обробляє його і направляє на шестерню та привід, що дозволяє колектору рухатися вздовж двох осей. Він вимірює температуру сонячного фактора до і після колектора. Відповідає за запуск циркуляційного насоса, коли ΔT досягає передбачуваного значення. Контролер живиться від мережі 230 В, а також оснащений системою аварійного живлення у вигляді батареї у випадку відключення електроенергії. Це запобігає надмірному підвищенню температури колектора та накопичувального бака.



Рис. 4.49 - Контролер колектора

Функції контролера - контролер має кілька функцій, які дозволяють колектору ефективно працювати в будь-яких умовах

- «перегрівання» - колектор відвертається від Сонця у вихідне положення, коли поглинач читає 94°C , і повертається до Сонця, коли поглинач охолоджується до 89°C

- "живлення" - якщо трапиться перебої в електромережі на 230 В, і в результаті сонячний насос відключений, колектор відступить від Сонця у вихідне положення.
- "на добраніч" - коли сутінки колектор повернеться у вихідне положення - на схід та вгору.
- "перевантаження" - приводний двигун вимкнеться, коли натрапить на перешкоду. Приблизно через 2,5 хв двигун запускається і перевіряється, чи може він відновити роботу. Якщо ні, він знову вимикається.
- "відпустка" - після ввімкнення цієї функції потужність колектора зменшується в двадцять разів, що дозволяє його не використовувати, наприклад для відпустки.
- «енергетичний транспорт» - включення та регулювання швидкості циркуляційного насоса при певній, регульованій різниці температур.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАКУУМНОГО ТРУБЧАСТОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

В Європейському Союзі з 2006 р. Діє стандарт, завданням якого є визначення принципів випробування сонячних колекторів. Номер цього стандарту - EN 12975-1: 2006, і він має дві основні складові:

- EN - 12975-1 Теплові сонячні системи та компоненти - Сонячні колектори - Частина I: Загальні вимоги
- EN - 12975-2 Теплові сонячні системи та компоненти - Сонячні колектори - Частина II: Методи випробувань.

З 2007 року цей стандарт також діє в нашій країні як стандарти:

- PN - EN 12975-1: 2007 Сонячні системи опалення та їх компоненти - Сонячні колектори - Частина I: Загальні вимоги
- PN - EN 12975-2: 2007 Сонячні системи опалення та їх компоненти - Сонячні колектори - Частина II: Методи випробувань.

Завдяки введенню цих стандартів можна достовірно порівняти можливості окремих сонячних колекторів

Сертифікат Solar Keymark - кожен сонячний колектор на ринку Європейського Союзу повинен мати сертифікат Solar Keymark. Це підтверджує відповідність пристрою стандарту EN 12975-1: 2006.

5.1 Миттєва ефективність сонячного колектора

Миттєва ефективність сонячного колектора - це відношення теплового потоку, який тимчасово отримує сонячне робоче середовище, що протікає по колекторних трубах, до енергії, що забезпечується сонячною радіацією. Значення ефективності змінюється з часом, вони навіть дуже сильні коливання через можливість постійного або тимчасового затінення.

Вимоги, виведені зі стандарту PN - EN 12975-2: 2007 Сонячні системи опалення та їх елементи - Сонячні колектори - Частина II: Методи випробувань. Для того, щоб відповідати вимогам стандарту, колектор повинен працювати в стійкому стані під час випробування на ефективність і ділиться на два періоди:

1-й вступний період - повинен тривати не менше 15 хвилин. Потрібно, щоб протягом цього часу температура робочого середовища була постійною на вході в колектор і не змінювалася від середнього значення не більше ніж на $\pm 0,1$ К.

2. Після дотримання умови попереднього періоду вимірювання проводять у стійкому стані. Його проміжок часу не повинен бути менше 10 хвилин. Можна припустити, що на той час колектор працював у стійкому стані, якщо жоден з параметрів, наведених у табл. 1 не відхиляв свої середні значення більш ніж на граничне значення, також наведене в таблиці 1.

Таблиця 6. Допустимі відхилення робочих параметрів

Символ Параметр	Параметр	Допустиме відхилення від середнього значення
G	Загальна інтенсивність сонячного випромінювання	$\pm 50 \text{ В/м}^2$ $G \geq 650 \text{ В/м}^2$

T_{nc}	Температура навколишнього середовища	$\pm 1 \text{ K}$
\dot{m}	Масова витрата	$\pm 1\%$
T	Температура рідини на вході в колектор	$\pm 0,1 \text{ K}$
U	Швидкість навколишнього повітря	$\pm 0,5 \text{ м/с}$

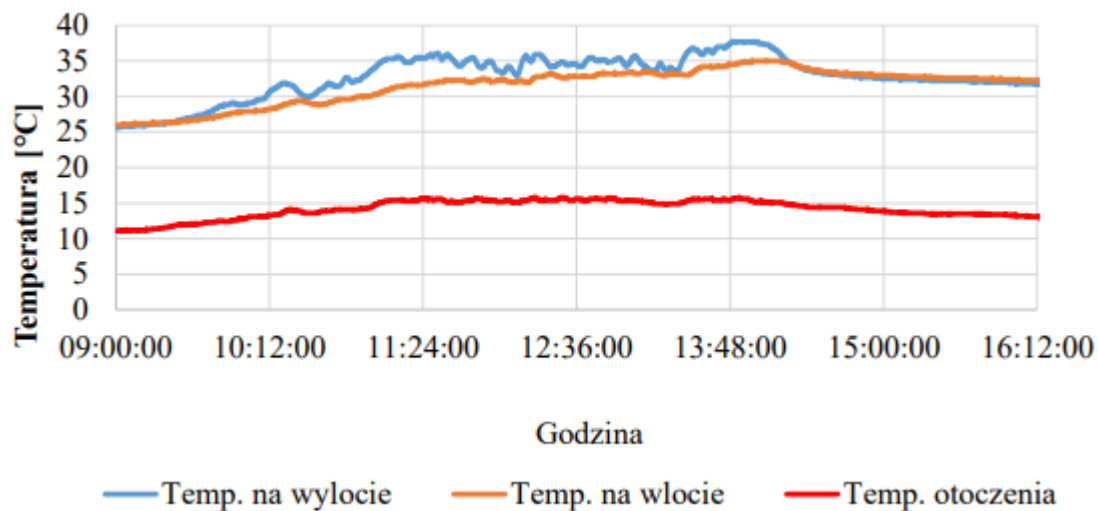
5.2 Діаграми

Для того, щоб проілюструвати результати вимірювань та атмосферні умови на день запису вимірювань, були складені графіки, зокрема, зосереджені на розподілі температури сонячного фактора на вході та виході з колектора, температурі навколишнього середовища та величині інсоляції.

5.2.1 Середні температури на вході та виході колектора і температура навколишнього середовища

Діаграма 1. показує залежність температури сонячного фактора на вході в колектор, на виході з колектора та температури навколишнього середовища від часу доби. Вимірювання проводились 22 січня 2020 року. Як бачите, графік зростає, коли Сонце

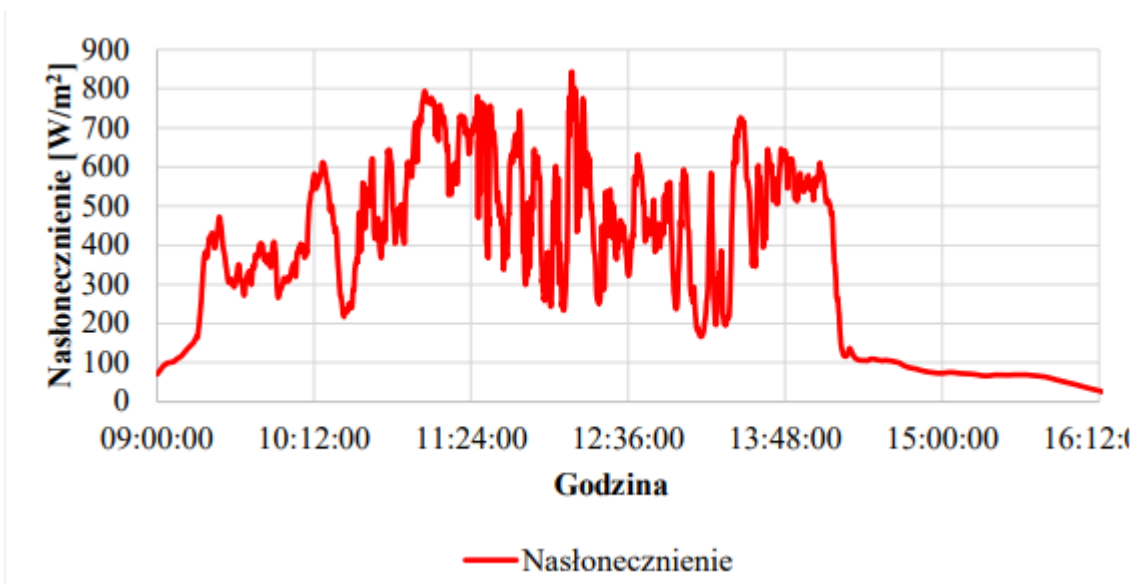
сходить над горизонтом. Колектор націлений на них, і температура сонячного фактора на вході та виході швидко зростає. Через відсутність сонця колектор не отримує жодної радіації вночі. Найнижча температура, зафіксована в той день, становила $9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, а найвища - $15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Діаграма 1. Середня температура на вході та виході з колектора та температура навколишнього середовища

5.2.2 Ізоляція

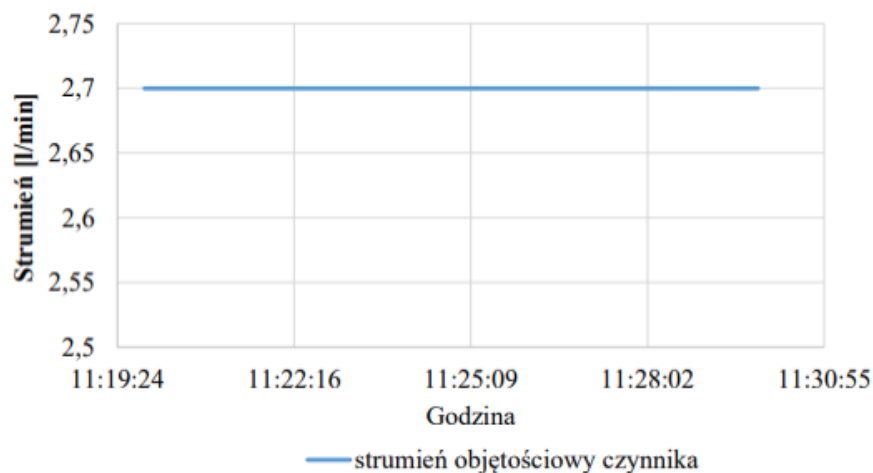
На діаграмі 2 показано значення інсоляції, зафіксовані 15 січня 2020 року. Найвище значення того дня становило $843,4\text{ Вт / м}^2$, що, враховуючи зиму, можна вважати цілком задовільним результатом. Близько 14 години зафіксовано дуже велике падіння інтенсивності випромінювання, яке було викликане затіненням, спричиненим сусідньою будівлею.



Діаграма 2. Інсоляція 15 січня 2020 року

5.2.3 Сонячний середній об'ємний потік

Діаграма 3. Показує об'ємний потік сонячної рідини на виході з колектора, для даних у Додатку. Діаграма являє собою пряму лінію, яка підходить для вимірювання ефективності колектора. Сонячний насос працює безперервно.



Діаграма 3. Потік сонячного фактора

6 РОЗРАХУНКИ

У Додатку представлена таблиця з результатами вимірювань від 15 січня 2020 року, необхідних для розрахунку миттєвої ефективності колектора. На жаль, для сезону (зими) та погодних умов не вдалося повністю задовольнити вимоги допустимих відхилень від середніх значень, наведених у додатку. Тим не менше, було вирішено розрахувати тимчасову ефективність колектора.

Для подальших розрахунків були прийняті середні значення до сотих.

Таблиця 7. Середні значення вимірювань

Т _{вн} [°C]	Т _{зов} [°C]	Т[°C]	G [В/м ²]	V [л/мін]
31,74	35,56	15,52	697,39	2,7
(Т _{вн} +Т _{зов})/2	33,65			

Формула для розрахунку миттєвої ефективності η сонячного колектора:

$$\eta = \frac{\dot{m}_{cz} \cdot c_{cz} \cdot (t_{out} - t_{in})}{G \cdot A_p} \cdot 100\% \quad (1)$$

Де:

\dot{m}_c - масова витрата середовища [кг / с]

G - інсоляція [Вт / м²]

A_p - площа отвору колектора, [м²],

T_{in} - температура робочого середовища на вході в колектор, [° C],

t_{out} - температура робочого середовища на виході з колектора, [° C],

c_{cz} - питома теплоємність робочого середовища - водний розчин 50% від маси пропіленгліколю С3Н8О2, Дж / (кг К),

Щільність розчину пропілгліколю при температурі приблизно 35 [° C]

$$\rho = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (2)$$

Питома теплота розчину пропілгліколю при температурі приблизно 35 [° C]

$$c_{cz} = 3550 \frac{\text{Дж}}{\text{кг К}} \quad (3)$$

Перетворення одиниці середнього об'ємного потоку:

$$V_{cz} = 2,7 \frac{\text{л}}{\text{хв}} = 4,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (4)$$

Розрахунок масового потоку сонячного фактора:

$$m_{cz} = \rho \cdot V_{cz} \quad (5)$$

$$m_{cz} = 1030 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 4,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (6)$$

$$m_{cz} = 0,04635 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (7)$$

Площа отвору колектора $A_p = 1,035 \text{ [м}^2\text{]}$,

Підставивши у формулу (1)

$$\eta = 87,08 \%$$

Миттєва ефективність колектора становила 87,08%. Це пов'язано з сезоном (зимою) та погодними умовами, хоча результат досить високий. Для отримання більш надійних результатів вимірювання слід проводити знову влітку, коли ефективність пристрою буде найвищою.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів що можуть виникати в лабораторії кафедри

Небезпечний фактор у процесі роботи - фактор, вплив якого на працівника призводить або може призвести до травми. [18]

Шкідливий фактор у процесі роботи - фактор, вплив якого на працівника призводить або може призвести до захворювання.

Залежно від рівня впливу або інших умов шкідливий фактор може стати небезпечним.

Залежно від характеру дії, небезпечні та шкідливі фактори, що виникають у процесі роботи, поділяються на:

1. фізичний,
2. хімічна,
3. біологічний,
4. психофізичний.

Небезпечними та шкідливими фізичними факторами в робочому середовищі можуть бути:

- рухомі машини та інші пристрої (наприклад, транспортні засоби),
- рухомих частин верстатів та їх приладів та рухомих інструментів (наприклад, усі типи верстатів),
- рухомі вироби, напівфабрикати, матеріали та сировина;

- розташування робочого місця на рівні, відмінному від рівня навколишнього;
- обладнання, що використовується для переробки, зберігання, передачі та розподілу енергії та її носіїв (наприклад, парові та опалювальні котли, двигуни внутрішнього згорання, дизельні двигуни, компресори, компресори, резервуари, газові контейнери, вакуумні пристрої, лінії подачі),
- падаючі предмети (наприклад, пухкі деталі машин, інструменти, матеріали, камені, уламки гірських порід),
- гострі виступаючі елементи: леза, гострі краї, шорсткі поверхні,
- слизькі, нерівні поверхні,
- гарячі або холодні поверхні та речовини
- вибухонебезпечні та легкозаймисті речовини та матеріали,
- гарячий або холодний мікроклімат,
- електричний струм,
- статична електрика,
- радіація,
- шум, вібрації, освітлення
- промисловий пил,
- обмежені вузькі простори, точки доступу, проходи.

Хімічні, шкідливі та шкідливі фактори в процесі роботи, залежно від видів дії на організм людини, можна розділити на:

- токсичний,
- дратівливий,
- сенсibiliзуючий,
- канцерогенний,
- мутагенний,
- порушення репродуктивних функцій.

Розподіл залежно від методів поглинання:

- через дихальні шляхи,
- через шкіру та слизові оболонки,
- через травний тракт.

Неприємні фактори - це фактори, вплив яких на працівника може спричинити нездужання або надмірну втому, що не призводить до постійного погіршення стану здоров'я. Однак вони можуть призвести до тривалих прогулів через хвороби та зниження продуктивності праці. Основні обтяжливі фактори включають такі категорії:

- мікроклімат,
- одноманітність,
- психічний стрес,
- статичне навантаження,
- освітлення,
- фізичні зусилля.

До психофізичних факторів у процесі роботи належать:

1) фізичне навантаження:

а) статичний (викликаний тривалим напруженням м'язів, спричиненим тривалим утриманням тіла або предметів у тому ж, особливо вимушеному положенні),

б) динамічні (пов'язані з фізичними навантаженнями під час роботи; мірилом цього навантаження є величина енергії, витраченої організмом в процесі роботи);

2) нервово-психічний стрес:

- а) навантаження на розум (надмірна активність усієї психіки або деяких її функцій протягом більш тривалого періоду робочої зміни, найчастіше спричинена неправильною конструкцією керованого пристрою або неправильно розробленим технологічним процесом),
- б) недостатнє навантаження або перцептивне перевантаження (обмеження людської праці найчастіше пов'язане з процесом автоматизації машин, приладів і технологічних процесів, що призводить до ослаблення розумової діяльності з одночасною потребою бути пильним),
- в) емоційний стрес.

7.2 Техніка безпеки при використанні електрообладнання

Безпечне використання електричних приладів

Перш за все, слід захистити всі електричні прилади та установки, які в даний час вимкнені. Ми повинні перевіряти щоразу, чи всі заходи безпеки на певних пристроях заблоковані, і пристрій не зможе самостійно увімкнутись. На будівельних майданчиках установки та пристрої слід вимикати шляхом очевидного переривання ланцюгів живлення, наприклад, видаленням запобіжників. Експлуатувати спеціалізовані пристрої повинні лише особи, навчені для цього, і тому захист та належне зберігання відповідних пристроїв повинні здійснюватися призначеними особами. [19]

Роботи, які можна виконати без відключення джерела живлення

Деякі роботи можна виконати без відключення джерела живлення. Такі роботи включають, серед іншого, заміну лампочок та запобіжників у ланцюгах напругою до 1 кВ, а також виконання вимірювань та випробувань установок відповідно до

інструкцій з експлуатації, встановлених відповідними органами. Усі інші роботи, пов'язані з електроустановками та приладами, можна виконувати без відключення напруги, лише якщо інструкція з експлуатації це дозволяє. Тим не менше, для запобігання нещасного випадку слід вживати спеціальних запобіжних заходів.

Лінії електропередач та робочі станції

Працюючи на будівельному майданчику, важливо також переконатися, що окремі робочі місця не розташовані безпосередньо під повітряними лініями електропередач. Передбачається, що відстань від лінії напругою до 1 кВ до робочої станції повинна бути не менше 3 м, для лінії напругою від 1 кВ до 15 кВ - 5 м, при напрузі від 15 кВ до 30 кВ - 10 м тощо. також пам'ятайте, що використання машин та інших технічних пристроїв під лініями електропередач відбувається лише з дозволу оператора машини.

7.3 Розробка плану евакуаційних дій на випадок аварії в лабораторному корпусі

Коли вас повідомлять про евакуацію, не панікуйте.

Покиньте зону, що зникає, якомога швидше - ваше життя - це найголовніше! [20]

Дотримуйтесь вказівок екстрених служб або міської влади.

Не ризикуйте власним життям навіть для збереження майна коли він потрапляє в небезпечну зону.

Слухайте місцеві радіостанції, які транслюють інформацію про дорожній рух.

Після оголошення тривоги та наказування евакуації в лабораторному корпусі негайно слідуйте за аварійними виходами з напрямком аварійних знаків або маршрутом, позначеним відповідальний за евакуацію.

Рухайтесь низько, коли шляхи евакуації дуже задимлені біля землі та вздовж стін, щоб не втратити орієнтацію щодо напрямку евакуації.

Коли потрібно перестрибнути з вікна на відстань від стрибка пожежної служби чекай сигналу пожежного (щоб уникнути стрибка до іншої людини або надувної подушки).

Евакуація закінчується у місці збору, вказаному керуючим евакуації, про залишення якого необхідно повідомити служби, відповідальні за безпеку.

Повертайтеся до покинутого закладу лише після отримання дозволу людини, відповідальної за евакуацію.

ВИСНОВКИ

Метою дипломної роботи було проектування та модернізація лабораторного стенду для випробування сонячних колекторів. Представлена теоретична інформація про вимірювання сонячної радіації та пристрої, що використовуються для її вимірювання. Була надана інформація про будівництво окремих типів сонячних колекторів. Було представлено конструкцію та обладнання лабораторного стенду з особливим акцентом на вакуумному трубчастому колекторі ELFRAN. Були проведені вимірювання, які через сезон року не є повністю надійними. Їх слід проводити знову в літні умови, коли колектор працює в номінальних умовах. Миттєвий коефіцієнт корисної дії колектора склав 87,08%, що показує, що вакуумно-трубчасті колектори мають високу ефективність навіть у

зима. Вакуумно-трубні колектори в нашій країні поки не дуже поширені.

Плоскі колектори для рідини все ще використовуються набагато частіше, головним чином через меншу вартість установки.

У колекторі ELFRAN було помічено дуже хорошу роботу двовісної системи відстеження Сонця. Схоже, такі пристрої, незважаючи на свою складність, будуть набирати все більшої популярності на ринку, оскільки значно розширюють можливості обігріву сонячних колекторів.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Польське географічне товариство, Метеорологічний словник, Інститут метеорології та водного господарства у Варшаві. 2003 рік
- [2] PN-EN-ISO 9488 Сонячна енергія: термінологія
- [3] Różdżyński T. Метеорологічна метеорологія, IMGW, 1995
- [4] Кампізано Крістофер Дж. Міланкович Цикли, палеокліматичні зміни та еволюція Гомініна, Інститут людського походження, Школа людської еволюції та соціальних змін, штат Арізона, 2012
- [5] Ян К., Випромінювання Сонця, доступно в Інтернеті, <http://www.wiw.pl/astronomia/0705-slonce.asp>, (доступ: 9 лютого 2020)
- [6] Матушко Д. Про термінологію сонячного випромінювання, Департамент кліматології, Інститут географії та просторового управління Ягеллонського університету, Краків
- [7] Валашек К. Загальна радіація, доступна в Інтернеті, <https://powiekieta.uni.wroc.pl/base/t/promieniowanie-calkowite> (дата доступу: 02.09.2020)
- [8] Dybczyński P, Астрономія та пори року, доступні в Інтернеті, <https://apollo.astro.amu.edu.pl/PAD/pmwiki.php?n=Dybol.PoryRoku>, (доступ: 08.08.2020)
- [9] Szymański B. Сонечко взимку, доступне в Інтернеті <http://solaris18.blogspot.com/2012/01/nasoniecznienie-w-zimie.html>, (доступ: 02.09.2020)
- [10] Енциклопедія ENCENC, Актинометрія, доступна в Інтернеті, <https://encenc.pl/aktynometria/> (доступ: 02.02.2020)

- [11] Chwieduk Dorota Основи отримання, переробки та використання енергії сонячного випромінювання, ІТС РВ, 2010
- [12] ISO9060: 1990 Класифікація піранометрів
- [13] Aakanksha Patil, Kartik Haria, Priyanka Pashte, піранометр на основі фотодіоду, Технологічний інститут Sardar Patel, Індія, 2013
- [14] Сотеріс А. Калогіру, сонячні теплові колектори та програми машинобудування, Вищий технічний інститут, Кіпр, 2004
- [15] ОПИС ПАТЕНТА PL 213896 B1
- [16] Bhatia S. C. Advanced Renewable Energy Systems, WPI India, 2014
- [17] Mousazadeh H, Keyhani A, Javadi A, Mobli H, Abrinia K, Sharifi A. Огляд принципів та методів відстеження сонця для максимізації виходу сонячних систем - Огляди відновлюваних джерел та стійкої енергетики, 2009
- [18] <https://www.prawo.pl/kadry/czynniki-niebezpieczne-w-srodowisku-pracy>
- [19] <https://mojafirma.infor.pl/>
- [20] PORADNIK POSTĘPOWANIA W SYTUACJACH ZAGROŻEŃ, Warszawa 2011

ДОДАТОК

Таблиця вимірювань з 15 січня 2020 року

L.P	Data	Godzina	Tin[°C]	Tout[°C]	Tot[°C]	G [W/m ²]	Vcz [l/min]
1	22.01.2020	11:19:50	31,6	35,3	15,4	717,6	2,7
2	22.01.2020	11:20:00	31,6	35,3	15,3	710,9	2,7
3	22.01.2020	11:20:10	31,6	35,3	15,3	709,6	2,7
4	22.01.2020	11:20:20	31,6	35,4	15,3	710,7	2,7
5	22.01.2020	11:20:30	31,6	35,4	15,3	717,2	2,7
6	22.01.2020	11:20:40	31,6	35,4	15,3	727,7	2,7
7	22.01.2020	11:20:50	31,6	35,4	15,3	724,8	2,7
8	22.01.2020	11:21:00	31,6	35,4	15,4	723,6	2,7
9	22.01.2020	11:21:10	31,6	35,4	15,4	723,3	2,7
10	22.01.2020	11:21:20	31,6	35,4	15,4	699,1	2,7
11	22.01.2020	11:21:30	31,5	35,5	15,4	684,1	2,7
12	22.01.2020	11:21:40	31,6	35,5	15,4	689,2	2,7
13	22.01.2020	11:21:50	31,6	35,5	15,4	688,4	2,7
14	22.01.2020	11:22:00	31,6	35,5	15,5	690,6	2,7
15	22.01.2020	11:22:10	31,6	35,5	15,5	694,7	2,7
16	22.01.2020	11:22:20	31,6	35,4	15,5	695,8	2,7
17	22.01.2020	11:22:30	31,6	35,5	15,6	681,9	2,7
18	22.01.2020	11:22:40	31,6	35,5	15,6	662,4	2,7
19	22.01.2020	11:22:50	31,6	35,5	15,6	644,9	2,7
20	22.01.2020	11:23:00	31,6	35,5	15,6	633,3	2,7
21	22.01.2020	11:23:10	31,6	35,4	15,6	640,1	2,7
22	22.01.2020	11:23:20	31,6	35,4	15,7	642,2	2,7
23	22.01.2020	11:23:30	31,6	35,4	15,7	647,4	2,7
24	22.01.2020	11:23:40	31,6	35,4	15,7	654,8	2,7
25	22.01.2020	11:23:50	31,6	35,4	15,7	666,6	2,7
26	22.01.2020	11:24:00	31,6	35,4	15,6	693,1	2,7
27	22.01.2020	11:24:10	31,6	35,4	15,6	692,1	2,7
28	22.01.2020	11:24:20	31,7	35,4	15,6	686,7	2,7
29	22.01.2020	11:24:30	31,7	35,4	15,6	690,3	2,7
30	22.01.2020	11:24:40	31,7	35,4	15,5	694,1	2,7
31	22.01.2020	11:24:50	31,8	35,4	15,6	691,7	2,7
32	22.01.2020	11:25:00	31,8	35,4	15,6	694	2,7
33	22.01.2020	11:25:10	31,8	35,5	15,6	700,3	2,7
34	22.01.2020	11:25:20	31,8	35,5	15,6	709,1	2,7
35	22.01.2020	11:25:30	31,8	35,5	15,6	701,7	2,7
36	22.01.2020	11:25:40	31,8	35,6	15,6	721,1	2,7
37	22.01.2020	11:25:50	31,8	35,6	15,6	724,6	2,7

38	22.01.2020	11:26:00	31,8	35,6	15,5	717,6	2,7
39	22.01.2020	11:26:10	31,8	35,6	15,5	699,9	2,7
40	22.01.2020	11:26:20	31,8	35,6	15,6	701,5	2,7
41	22.01.2020	11:26:30	31,9	35,7	15,5	723,7	2,7
42	22.01.2020	11:26:40	31,9	35,7	15,6	749,2	2,7
43	22.01.2020	11:26:50	31,9	35,8	15,6	765,8	2,7
44	22.01.2020	11:27:00	31,9	35,8	15,6	780,9	2,7
45	22.01.2020	11:27:10	31,9	35,8	15,6	753,8	2,7
46	22.01.2020	11:27:20	31,9	35,8	15,6	470,4	2,7
47	22.01.2020	11:27:30	31,9	35,9	15,6	664,9	2,7
48	22.01.2020	11:27:40	31,9	35,9	15,6	662,7	2,7
49	22.01.2020	11:27:50	31,9	35,8	15,6	614,8	2,7
50	22.01.2020	11:28:00	31,9	35,8	15,6	615,8	2,7
51	22.01.2020	11:28:10	31,9	35,8	15,6	533,6	2,7
52	22.01.2020	11:28:20	31,9	35,7	15,5	719,2	2,7
53	22.01.2020	11:28:30	31,9	35,6	15,4	763	2,7
54	22.01.2020	11:28:40	31,9	35,6	15,4	765,1	2,7
55	22.01.2020	11:28:50	31,9	35,6	15,4	763,4	2,7
56	22.01.2020	11:29:00	31,9	35,7	15,4	751,9	2,7
57	22.01.2020	11:29:10	31,9	35,8	15,5	747	2,7
58	22.01.2020	11:29:20	31,9	35,8	15,5	746,5	2,7
59	22.01.2020	11:29:30	31,9	35,8	15,5	747	2,7
60	22.01.2020	11:29:40	31,9	35,9	15,5	749,8	2,7
61	22.01.2020	11:29:50	31,9	35,9	15,5	753,4	2,7
Średnia			31.7393	35.559	15.5197	697.387	2.7