Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Електротехнічний факультет

Кафедра Відновлюваних джерел енергії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
магістерської дисертації

галузь знань **14 – Електрична інженерія**

спеціальність **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)**

освітній рівень **магістр**

кваліфікація **2143.2 Інженер-електрик в енергетичній сфері**

на тему Порівняльний аналіз експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів.

Виконавець:
студент II курсу, групи 141м-16-3

______________ **Свинарчук М.Є.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівники/консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Проекту	Колб А.А.		
розділів:			
Розділ 1:	Колб А.А.		
Розділ 2:	Колб А.А.		
Розділ 3:	Колб А.А.		
Розділ 4:	Тимошенко Л.В.		

Рецензент			

Нормоконтроль	Ципленков Д.В.		

Дніпро
2018

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Відновлюваних джерел енергії
(повна назва)

Шкрабець Ф.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)

“ " січня 2018 року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра (магістерської дисертації)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

студенту групи 141м-16-3 Свинарчуку М.Є.
(група) (прізвище та ініціали)

Тема магістерської дисертації Порівняльний аналіз експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів.

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 31 жовтня 2017 р № 1806-л

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об’єкт досліджень сонячні геліосистеми.

Предмет досліджень вакуумні та плоскі колектори.

Мета НДР аналіз експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів.

Вихідні дані для проведення роботи колекторна геліосистема для умовного дому для трьох членів сім'ї.

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна важливим аспектом при проектуванні сонячних систем є вибір відповідної площі апертури сонячного колектора, оскільки розмір та конструктивні параметри останнього суттєво впливають на вартість геліоустановки в цілому, а звідси, і на термін її окупності.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розробка і впровадження запропонованих геліосистем у звичайні будівлі дозволить підвищити енергоефективність кожної оселі.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
Підготовка. Розробка плану дисертації. Початок виконання	13.09.17-03.10.17
Виконання першого розділу. Аналіз літератури вакуумних та плоских колекторів.	08.10.17-30.10.17
Розрахунок вакуумних колекторі. Розрахунок плоских колекто-рів.	01.11.17-09.12.17
Розрахунок техніко-економічного обґрунтування. Завершення дисертації. Оформлення записки.	11.12.17-20.01.18

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект Застосування пропонованої геліосистем знизить витрати електроенергії на опалення та гаряче водопостачання у порівнянні з традиційними системами.

Соціальний ефект Створення і впровадження таких систем дозволить забезпечити дешевою гарячою водою не тільки конкретні домашні будівлі, а і великі соціальні об'єкти.

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав ____________ Колб А.А.
(підпис) (прізвище,ініціали)

Завдання прийняв до виконання ____________ Свинарчук М.Є.
(підпис) (прізвище,ініціали)

Дата видачі завдання: 04.09.2017

Термін подання дисертації до ЕК 22.01.2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської дисертації складається з:

___ стор., 17 табл., 26 рисунків, 53 літературних джерел.

Тема дисертації: порівняльний аналіз експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів.

У першому розділі проведений огляд літературних джерел сонячних колекторі. Детально описані принципи роботи та види колекторів.

У другому та третьому розділі виконано розрахунок системи гарячого водопостачання з плоским та вакуумним колектором. Вибрані всі комплектуючі системи. Проведено їх порівняння.

У техніко-економічному обгрунтуванні виконувалися розрахунки капітальних витрат на введення в експлуатацію двох видів геліоколекторних систем (з вакуумним та плоским колектором) в систему ГВП будинку.

Наукова новизна роботи полягає у аналізі експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів.

Ключові слова: СОНЯЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, АБСОРБЕР, ВАКУУМНА ТРУБКА, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ГЕЛІОСИСТЕМА.

ABSTRACT

Explanatory note of the master's thesis consists of: page, table, figures, literary sources.

Theme of the dissertation: a comparative analysis of operational-economic parameters and methods of calculations of different types of solar collectors.

In the first section, an overview of the literary sources solar collector. The principles of operation and types of collectors are described in detail.

In the second and third sections the calculation of the system of hot water supply with a flat and vacuum collector is made. Selected all component systems. A comparison was made.

The second section describes the principle of the heat pump, their classification is presented. Possible sources of heat for heat pumps are presented. The calculation of the administrative and household complex of the enterprise in a coolant has been made.

In the second and third sections the calculation of the system of hot water supply with a flat and vacuum collector is made. Selected all component systems. A comparison was made.

In the feasibility study, calculations of capital costs for the commissioning of two types of solar collector systems (with a vacuum and a flat collector) into the system of hot water supply at the house were carried out.

Naukova's novelty of robotics is in the field of exploratory and economical parameters and methods of rozraunki in the various types of sonyachnye collectors.

Keywords: SOLAR RADIATION, SOLAR COLLECTOR, ABSORBER, VACUUM HANDLE, HOT WATER SUPPLY, HELIOSYSTEM.

ЗМІСТ

ВСТУП

Актуальність теми. Використання сонячних колекторів означає революцію в принципах будівництва, опалення та забезпеченні житла гарячою водою. Використання сонячної енергії дозволяє зменшити витрати на опалення в два рази, а на отримання гарячої води в 4 рази. Сонячні колектори - найефективніші на сьогодні пристрої з використання енергії сонця. Якщо фотоелектричні панелі використовують 14-18% від що надходить до них енергії сонця, то ефективність сонячних колекторів 90-95%. Основний принцип роботи полягає в тому, що сонячні колектори захоплюють теплову енергію, концентрують і спрямовують для використання людиною.

Існує помилкова думка, про малість сонячних ресурсів України для повноцінного використання фотоелектричних установок. У Німеччині сонячної енергії менше, ніж в Київській області, але, вже кілька років з успіхом реалізується програма «Сто тисяч сонячних дахів», в рамках якої держава стимулює розвиток сонячної енергетики, видаючи дешеві кредити на покупку сонячних електростанцій і купуючи вироблену енергію за підвищеними тарифами . Аналогічні програми діють в Іспанії, США, Греції, Болгарії та інших країнах. Країни ЄЕС планують довести виробництво електроенергії від альтернативних і поновлюваних джерел до 20% від всієї виробленої енергії до 2020 року.

Однак виникає ряд складнощів із застосуванням сонячних елементів в системах енергопостачання. По-перше, є труднощі з розрахунком реальної продуктивності сонячних елементів, так як в реальних умовах вони просто не здатні видавати ті характеристики, які описані підприємством-виробником. На потужність, що видається сонячним елементом, впливають такі чинники, як широта місцевості, де розташована сонячна електростанція, кут нахилу по відношенню до Сонця, спектральний склад випромінювання, погода, час доби і температура. По-друге, при проектуванні сонячної електростанції важливо правильно розрахувати потужність її структурних елементів і їх ККД, щоб станція не вийшла з ладу через перевантаження окремих її частин.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є аналіз експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів. Для виконання дослідження необхідно вирішити наступні завдання:

– виконати огляд літературних джерел сонячних колекторів;
– проаналізувати методики розрахунків геліосистем;
– виконати розрахункове порівняння декількох колекторів;
– виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

Об'єкт дослідження – процеси в сонячних геліосистемах.

Предмет дослідження – вакуумні та плоскі сонячні колектори.

Наукова новизна. Полягає у аналізі експлуатаційно-економічних параметрів і методик розрахунків різних типів сонячних колекторів .

Практична цінність роботи полягає в тому, що розробка і впровадження запропонованих геліосистем у звичайні будівлі дозволить підвищити енергоефективність кожної оселі.

Економічний ефект. Застосування пропонованої геліосистем знизить витрати електроенергії на опалення та гаряче водопостачання у порівнянні з традиційними системами.

Соціальний ефект. Створення і впровадження таких систем дозволить забезпечити дешевою гарячою водою не тільки конкретні домашні будівлі, а і великі соціальні об'єкти.

РОЗДІЛ 1
ТИПИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

1.1. Загальні відомості

Серед усіх відомих джерел енергії велика увага приділяється сонячної енергії. Сонце є поновлюваним джерелом енергії, тобто сонячна енергія є практично невичерпною. Світло від Сонця не потрібно добувати і транспортувати, він невагомий, нешкідливий, безшумний, а при його утилізації не утворюється прямих відходів і не порушується теплова рівновага планети. Ці властивості сонячної енергії роблять її унікальною для енергетичної стратегії нового часу. Використовуючи сонячну енергію, можна зберегти до 90 відсотків традиційного палива, яке необхідно для нагрівання гарячої води, і до 50 відсотків палива, необхідного для опалення.

Призначення сонячного колектора - це перетворення сонячної енергії в теплову, для того, щоб отримати теплу воду для побутових потреб і посилення опалення. Завдяки тому, що вакуумний сонячний колектор має високий коефіцієнт поглинання (більше 95 відсотків), він працює практично весь рік (при цьому, як газова плита близько 9 місяців). Ударостійке скло колектора забезпечує стійкість до граду, а також іншим твердим предметів, розчин гліколю (рідина) забезпечує роботу сонячних колекторів навіть при температурі повітря -50 ° С.

Сонячний колектор - це лише одна частина системи перетворення сонячної енергії. Встановлено, що системи сонячного теплопостачання одні з найбільш надійних і довговічних, але за умови, що вони правильно розраховані і якісно змонтовані. Будь-яка навіть незначна помилка може призвести до того, що ця система не буде виробляти бажану кількість теплової енергії чи взагалі вийде з ладу.

Можна виділити два основних видів сонячних колекторів: трубчасті вакуумні і плоскі. Трубчасті вакуумні колектори - це дорогі і продуктивні колектори, які використовуються в Європі протягом 20-ти років. Такі колектори встановлюють в умовах необхідності високої температури, або в комплексних системах для обігріву приміщень та нагрівання води. Плоскі ж колектори широко використовують через їхню невисоку вартість. Однак сьогодні більшість віддають перевагу трубчастим вакуумним колекторам, так як вони мають більш високий ККД, а також найнижчий рівень тепловтрат.[3]

1.2. Плоскі сонячні колектори

Плоский сонячний колектор - це один з найпоширеніших видів сонячних колекторів, які працюють за принципом дії парникових ефектів, а саме те, що скрізь скло практично повністю всі сонячні промені проходять і потрапляють на поверхню сонячного колектора.

Для плоского сонячного колектора застосовується звичайний або спеціальний загартований скло з коефіцієнтом пропускання спектрального інтервалу 0,4 ... 1,8 мкм і досягає 95%, а в чергу в нижній частині колектора використовується теплопоглинальне покриття більш ніж на 90% (високоселективне покриття). Поверхня скла використовує матову, яка поглинає більше сонячних променів, ніж глянсова поверхня.

Плоский сонячний колектор складається з наступних основних елементів:

• корпус;

• абсорбер та теплопоглинаюче покриття;

• прозоре захисне покриття (зазвичай стекло);

• термоізолюече покриття (звичайно мінеральна вата у комбінації зі світловідбиваючею алюмінієвою фольгою);

• елементи кріплення обладнання.

Корпус плоского сонячного колектора звичайно виготовляють з листового або анодованого алюмінію, і призначене для захисту основного обладнання від зовнішнього впливу та кріплення до підстави скотної крові або рідше до стін.

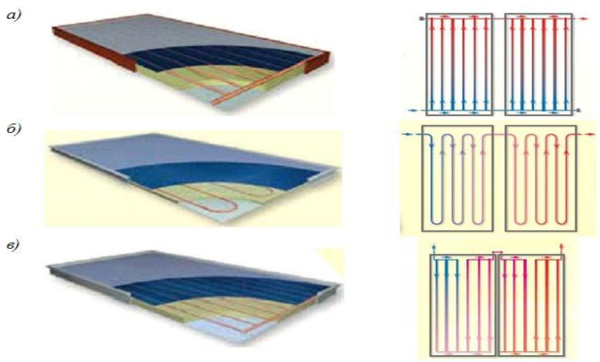
Абсорбер - основна елемент плоского колектора. Абсорбер представляє собою звичайну мідну плату з тепло поглинаючою поверхнею. К адсорберу припаяний проточний трубопровід, для відведення тепла, який може розташовуватися за двома схемами: «меандр» і «арфа». Абсорбер поміщається в склянний корпус. Одна поверхня, що закрита тепло поглинаючою поверхнею, приймає сонячне випромінювання, а інша сторона (протилежна) для зменшення тепловтрат утеплюється спеціальним матеріалом. Відведення теплоти від теплопоглинаючого покриття здійснюється через мідний або алюмінієвий теплообмінник, всередині якого в якості теплоносія поміщається вода або антифризи.

В різних моделях плоских сонячних колекторів можуть бути:

• абсорбер з кольорової ліроoбразної форми (рис. 1.1), поверхня якого покрита високоселективним чорним хромом, що дає можливість паралельного підключення колекторів, а;

• абсорбер з кола, меандровий з високоселективним покриттям «Sunselect», б;

• абсорбер з кольорової оболонки лирообразной форми з високоселективним покриттям «Ета плюс», в.



. Рисунок 1.1. – Пристрій плоских колекторів: а) абсорбер з міді лірообразної форми; б) абсорбер з міді, меандровий; в) абсорбер з високоселективним покриттям

У плоских сонячних колекторах використовують такі види стекол:

• звичайне скло;

• спеціальне загартоване скло. Особливістю є підвищена міцність на удар і висока неуважність;

• антирефлексне скло (рис. 1.2.) - це скло, на обох поверхнях якого завдано спеціальний шар Елімінується відображення сонячного світла і тому максимальну кількість цього випромінювання потрапляє на абсорбер (до 96%);

• полярне скло (самоочищаються скло); поверхню такого скла покрита спеціальним шаром діоксид титану, що призводить до вигоряння на сонці всього органічного сміття, який осідає на поверхню колектора, а дощ змиває його залишки, залишаючи скло чистим.

У більш дорогих версіях плоского сонячного колектора замість звичайного захисного скла застосовується скло з полікарбонату, яке також добре пропускає сонячні промені, але є більш стійким до ударів.

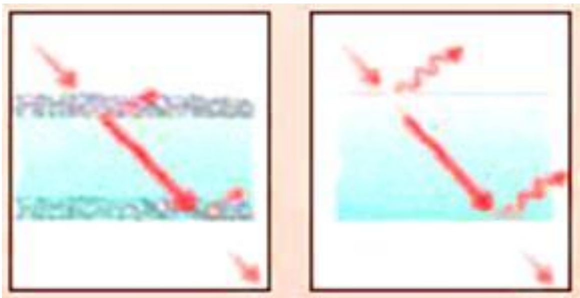


Рисунок 1.2. – поглинаюча здатність і відображення сонячних променів: антирефлексне скло (зліва) і спеціальне загартоване скло (праворуч)

Дуже важливо, щоб плоскі колектори мали гарну теплоізоляцію, яка знижує втрати тепла. Зазвичай теплоізоляція плоских колекторів встановлюється товщиною 20 ... 60 мм виготовленої з мінеральної вати і світловідбиваючої алюмінієвої плівки.

Для нашого регіону, влітку в Україні максимальна продуктивність плоского сонячного колектора становить 50 л (температура 50 ... 60 ° C) за 1 день з 1 $м^2$ колектора.

Плюси плоских сонячних колекторів:

1. Висока продуктивність (ККД більше 50%).

2. Проста і надійна конструкція.

3. Висока довговічність обладнання (понад 50 років; виробник зазвичай дає гарантію на 10 років експлуатації).

4. Можливість роботи круглий рік.

5. Ефективно працюють при необхідності нагріву води вище на 20 ... 40 ° C від температури навколишнього середовища.

Мінуси плоских сонячних колекторів:

1. Низька продуктивність в зимовий час і в несприятливу для колектора погоду (в порівнянні з вакуумним колектором).

2. Максимальна ефективність плоского колектора досягається тільки при попаданні сонячних променів під прямим кутом, тобто опівдні.

3. Вимагає періодичної очистки від пилу, бруду, снігу.

4.При пошкодженні колектора, необхідно проводити повну заміну пристрою, а не окремого елемента, як це відбувається в трубчастих вакуумних колекторах.

Як вже вище зазначалося, що плоскі колектори встановлюють зазвичай на крівлю або на стіни будинків. Оптимальним рішення є установка сонячного колектора на стадії будівництва будинку, що дозволяє істотно знизити витрату коштів на покрівельні матеріали. В даному випадку плоскі колектори просто вбудовують в каркас покрівлі, і їх можна використовувати в комплексі з сонячними батареями і мансардними вікнами (з далека важко відрізнити це вікно або колектор).

Таку конструкцією колекторів, розмір яких збігається з основними типовими розмірами мансардних вікон, займаються такі виробники як ROTO (Німеччина) і VELUX (Данія).[10-11]

1.3. Сонячний вакуумний колектор

Сонячний вакуумний коллектор (рис. 1.3) має значно менші теплові втрати в навколишнє середовище, оскільки вакуум є ідеальним теплоізолятором. Однак досить складно зробити вакуум (розріджене повітря з тиском меншим атмосферного. Як правило, в промисловості значення тиску не повинно перевищувати 300 мбар). І утримати його в сонячному колекторі з часом експлуатації. У плоских колекторах проблематично домогтися герметичності для утримання вакууму через великий обсяг і конструкції корпусу. Так само існує проблема прогину скла. Для вирішення проблеми використовують додаткові опорні стійки, які призводять до додаткового затінення.

Рисунок 1.3.- Плоский вакуумний сонячний колектор

Трубчаста форма у вигляді колби найбільш оптимальна для створення і утримання вакууму. Саме тому найбільшого поширення в побутовому секторі отримали вакуумні трубчасті колектори. Існує кілька типів трубчастих колекторів різних за своїми конструктивними особливостями, внаслідок чого у різних вакуумних колекторів можуть бути різні експлуатаційні характеристики, цільове використання та ефективності.

Найбільш поширені сонячні вакуумні трубчасті колектори можна класифікувати за двома основними конструктивними особливостями скляних трубок і теплового каналу, використовуваних як абсорбера сонячного колектора:

- за типом скляної трубки (коаксіальна, пір'яна);
- за типом теплового каналу (теплова трубка «Heat pipe», прямоточна);

Розглянемо класифікацію по типу скляної трубки. Існує два основних типи конструкції скляної трубки:

- коаксіальна трубка;
- пір'яна трубка.

Коаксіальна трубка(рис. 1.4) фактично є термосом, є подвійною скляну колбу, в просторі між трубками відкачано повітря (створений вакуум). На стінці внутрішньої трубки нанесено поглинає покриття, тому передача тепла відбувається від самої скляної колби даного колектора .

Рисунок 1.4. - Вакуумна коаксіальна трубка

Пір'яна трубка (рис. 1.5) являє собою одностінну скляну колбу. Вакуум в даній трубці знаходиться в просторі теплового каналу, в даних трубках частина теплового каналу і абсорбера інтегрована всередині самої колби.

Рисунок 1.5.- Пір'яна трубка

За типом теплового каналу сонячні вакуумні трубчасті колектори можна розділити на два типи:

• теплової канал типу «Heat pipe»;

• прямоточний теплової канал;

Сонячний вакуумний колектор з трубкою типу «Heat pipe» так само відомі під назвою теплова труба, займає більшу частину ринку сонячних колекторів. Принцип роботи теплової трубки (рис. 1.6) заснований на тому, що в закритих трубках з теплопровідногу металу (міді або алюмінію) знаходиться рідина, легко випаровується, перенесення тепла відбувається за рахунок того, що рідина нагріваючись під дією сонячного випромінювання, випаровується на нижній частині трубки, поглинаючи теплоту випаровування і конденсується у верхній частині (теплозбірник), а потім знову перетікає вниз і процес повторюється. Теплоносій через поглинач відбирає виділяється тепло.

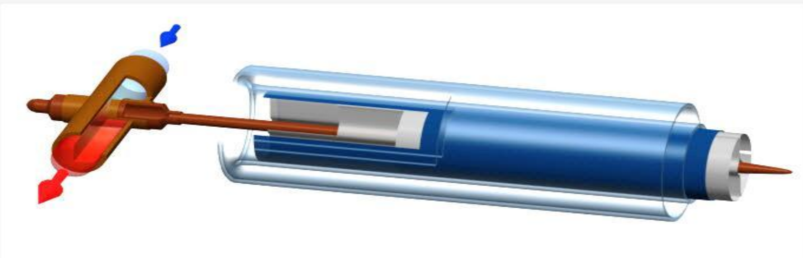


Рисунок 1.6.- Конструктивна особливість сонячного колектора з тепловою трубкою

У вакуумних трубчастих сонячних колекторах з прямоточним каналом (рис. 1.7), теплоносій безпосередньо протікає і нагрівається в кожній з трубок колектора.

Рисунок 1.7.- Конструктивна особливість сонячного колектора з прямоточним тепловим каналом

Різні типи теплових каналів можуть поєднуватися з різними типами вакуумних колб.

Розглянемо більш докладно можливі конфігурації сонячних вакуумних колекторів. Вакуумна коаксіальна трубка може поєднуватися з тепловим каналом типу «Heat pipe» (рис. 1.8). Даний сонячний вакуумний колектор є найбільш поширеним через свою дешевизну і простоту заміни пошкоджених трубок.

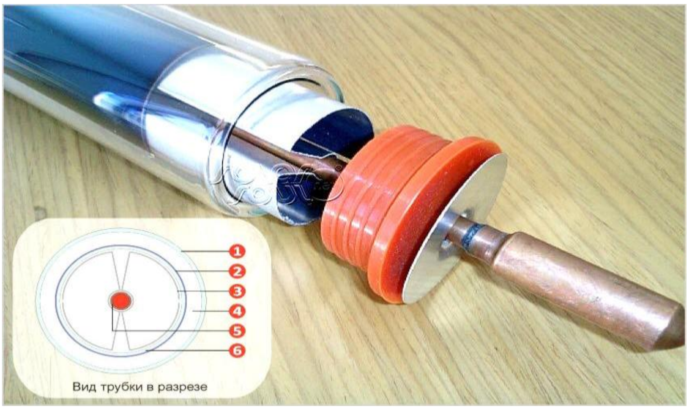


Рисунок 1.8.- Вакуумна коаксіальна трубка в поєднанні з тепловим каналом "Heat pipe". 1-зовнішня скляна колба, 2-високоселективне поглинаюче покриття, 3-алюмінієві ребра, 4-вакуумний прошарок, 5-тепловий канал з рідиною, яка легко випаровується 6-внутрішня скляна колба.

Ці колектори мають досить складний процес передачі тепла. Тепло передається кілька разів, від скла до алюмінієвими ребрами потім від алюмінію до самої тепловій трубці і тільки потім передається теплоносію геліосистеми. Тому в поєднанні з круглою формою абсорбуючій поверхні ефективність сонячного колектора цього типу невисока. Показники максимального ККД (оптичного ККД "η_0") колектора до 65%.

Коаксіальна вакуумна трубка(рис. 1.9) так само може бути використана для колектора з прямоточним тепловим каналом. Даний тип сонячного вакуумного колектора отримав назву колектор з «U» - образної трубкою.

Рисунок 1.9.- Вакуумна коаксіальна трубка з прямоточним тепловим каналом 1-зовнішня скляна колба, 2-високоселективне поглинає покриття, 3-алюмінієва вставка, 4-теплової канал з теплоносієм, 5-вакуумна прошарок, 6-внутрішня скляна колба.

В даних типах колекторів, за рахунок зменшення кількості теплопередач (теплота від алюмінієвого шару передається відразу трубках, в яких циркулює теплоносій геліосистеми), максимальний ККД може становити для деяких моделей до 76%. Недоліком може бути те, що при певному характері ушкодження заміни може зажадати весь сонячний колектор, а не тільки колба.

Пір'яна трубка також може поєднуватися з тепловим каналом «Heat pipe» (рис. 1.10).

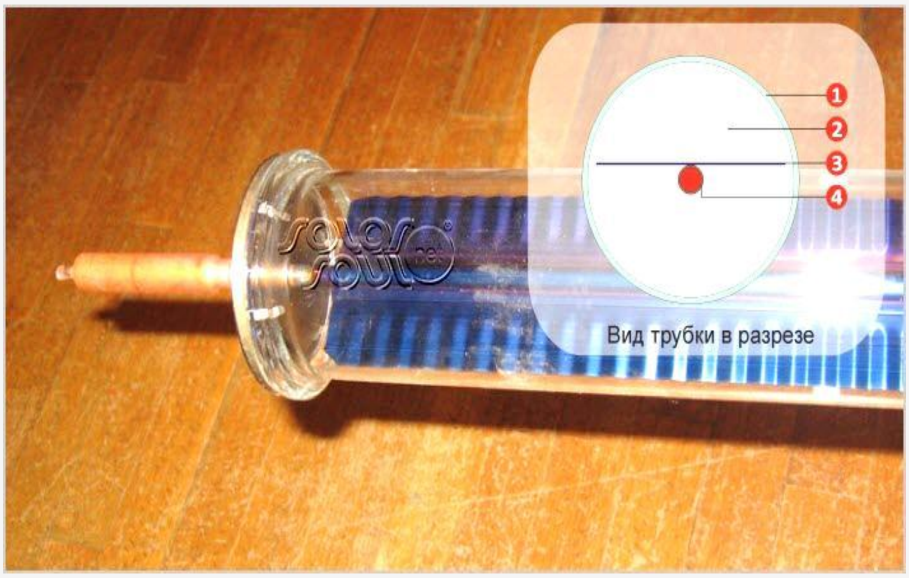


Рисунок 1.10.- Пір'яна трубка з тепловим каналом типу "Heat pipe" 1-скляна колба, 2-вакуумна прошарок, 3-мідний абсорбер з високоселективним покриттям, 4-теплової канал з легкоиспаряющихся рідиною.

Дані сонячні вакуумні трубчасті колектори мають більш високі оптичні характеристики, ніж колектори з коаксіальної трубкою. У деяких виробників значення максимального ККД досягають 77%.

Цьому сприяють деякі конструктивні особливості: плоский абсорбер з безпосередньою передачею теплоти до теплової трубки, а так само один шар скла, що значно зменшує відображення сонячного випромінювання. Так само зручним є процес заміни пошкоджених трубок, що не вимагає заміни всього колектора і зливання теплоносія всієї геліосистеми.

Найбільш ефективним поєднанням є пір'яна трубка і прямоточний тепловоі канал (рис. 1.11.).

Рисунок 1.11.- Пір'яна трубка з прямоточним тепловим каналом

1-скляна колба, 2-вакуумна прошарок, 3-мідний абсорбер з високоселективним покриттям, 4 внутрішній теплової канал з теплоносієм (подає), 5-зовнішній теплової канал з теплоносієм (нагрівається).

Такий сонячний вакуумний колектор має максимальний ККД до 80%. При заміні пошкоджених трубок потрібно зливати теплоносій всієї геліосистеми. Так само ці колектори мають досить високою ціною.

На рис. 1.12. представлений графік порівняння теплової ефективності різних сонячних колекторів.

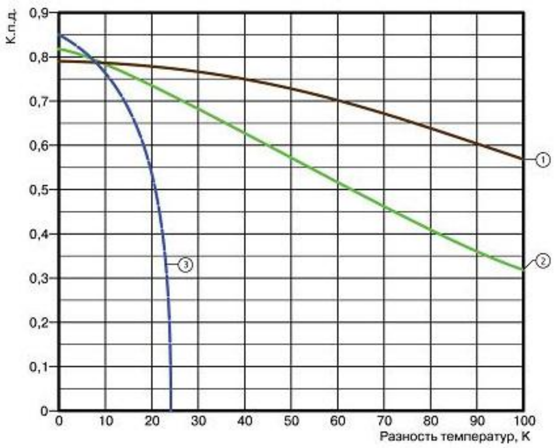


Рисунок 1.12.- Графік порівняння теплової ефективності різних сонячних колекторів при сонячному випромінюванні потужністю 600 Вт / м2: 1 - вакуумний колектор (трубчастого типу); 2 - плоский сонячний колектор (селективне покриття); 3 - сонячний колектор відкритого типу

У табл. 1.1. наведені для порівняння найголовніші переваги і недоліки вакуумного і плоского колекторів.

Таблиця 1.1. – Порівняльна таблиця переваг та недоліків трубчастого вакуумного і плоского колекторів

Вакуумні трубчасті	**Плоскі високоселективні**
• низькі тепловтрати	• високі тепловтрати
• Працездатність в холодну пору року до -30 ° С	• Низька працездатність в холодну пору року
• Тривалий період роботи протягом доби	• Висока продуктивність влітку
• Відмінне співвідношення ціна / продуктивність для помірних широт і холодного клімату	• Відмінне співвідношення ціна / продуктивність для південних широт і теплого клімату
• зручність монтажу	• Складність монтажу, пов'язана з необхідністю підйому на покрівлю зібраного колектора
• Нездатність самоочищення від снігу	• Здатність очищатися від снігу та інею
• Відносно висока початкова вартість проекту	• Менша початкова вартість
• Робочий кут нахилу не менше 20 °	• Можливість установки під будь-яким кутом
• низька парусність	• висока парусність
• Здатність генерувати високі температури теплоносія	• не здатний генерувати високі температури теплоносія

Параметри, за якими визначають ефективність роботи теплопоглинаючого покриття:

а - коефіцієнт поглинання (адсорбції) - це відношення кількості поглинає енергії до всієї «приходить» енергії. Нормальне значення коефіцієнта а лежить в межах 0,8 ... 0,98;

е - коефіцієнт випромінювання (емісії) - це відношення кількості випромінювань енергії до поглиненої. Нормальне значення е лежить в межах 0,95 ... 1,02, що залежить від виду покриття;

а / е - коефіцієнт селективності. Чим вище значення коефіцієнта селективності, тим краща поглинає здатність теплопоглинальною поверхні.[18]

1.4. Порівняльні характеристики різних типів сонячних колекторів

Сьогодні на ринку представлена велика кількість сонячних колекціонерів від великої кількості виробників різного за типом, конструкції, ефективності і вартості. Вибір найбільш оптимального варіанту може стати непростим завданням. Спробуємо зрозуміти особливості вибору сонячного колектору для геліосистем, це дозволить вам зробити правильний вибір і відчути всі переваги використання сонячної енергії.

Сонячний колектор: сфера застосування

По-перше, необхідно визначити, для яких цілей вам потрібен сонячний колектор.

Зазвичай геліосистема застосовується в побутовому секторі для:

- гарячого водопостачання;
- опалення;
- нагрів води в басейні.

Кожен варіант може використовуватися як самостійно, так і в поєднанні один з одним і як все разом. Однак в комбінованих системах повинна бути одна пріоритетна мета, за допомогою якої необхідно керуватися вибором сонячного колектора.

Основні типи сонячних колекторів

Після визначення цілей використання можна почати вибір, наприклад, сонячного колектора. Упевнений, що багато хто з вас чули про безпритульного суперечці - вакуумному або плоскому сонячному колекторі. Насправді очевидного переможця в цій суперечці немає. Все залежить від цілей застосування сонячної системи, що для кожного випадку той чи інший варіант може бути більш підходящим. Крім того, ми підемо далі, і ми розширимо діапазон вибору.

Відомо, що існують деякі основні типи вакуумних сонячних колекторів, які значно відрізняються один від одного, тому розглядатимуть кожен тип окремо більш правильно. Для порівняння були обрані чотири основні типи вакуумних трубчастих колекторів (рис. 1.13) і один плоский високоефективний:[4]

• Вакуумний трубчастий колектор з поглиначем peryevy і тепловим каналом прямого потоку;

• Вакуумний трубчастий сонячний колектор з поглиначем peryevy з тепловою трубкою «пірьєва трубка»;

• U-образний прямоточний проточний колектор з коаксіальної колбою і відбивачем;

• Вакуумний трубчастий сонячний колектор з коаксіальної колбою і тепловою трубкою «heat paip»

• Плоский високоефективний сонячний колектор

Більшість аргументів «за» чи «проти» того чи іншого типу колектора зводяться до дуже абстрактних показників, таким як: «краще сприйняття сонячного світла», «відсутність теплових втрат» і т.п.

Рисунок 1.13.- Основні типи вакуумних трубчастих колекторів

Оскільки кожен сонячний колектор має абсолютно конкретні параметри ефективності, тому для розрахунку продуктивності сонячного колектора дані необхідно добирати в конкретно кожному обраному випадку.

Більш докладно про ці параметри і принципі розрахунку: ефективність сонячного колектора

На рис. 1.14. показана залежність ефективності від різниці температур повітря і теплоносія в сонячному колекторі за умови сонячного світла рівної 1000 Вт / м^2. Для аналізу ми будемо використовувати середні параметри для кожного обраного типу сонячного колектора, зазначеного на зображенні.

Перша зона з мінімальною різницею температури характерна для режиму роботи сонячного колектора для нагріву води в басейні. Режим роботи геліосистеми в другій зоні оптимальний для подачі гарячої води в цілорічному режимі. Третя зона відповідає режиму роботи сонячних колекторів для потреб опалення, так як температура повітря протягом періоду нагріву є найнижчою. Четверта зона використовується для отримання високих температур, які використовуються в технологічних потребах. У побутовому секторі такий температурний режим роботи зустрічається вкрай рідко.

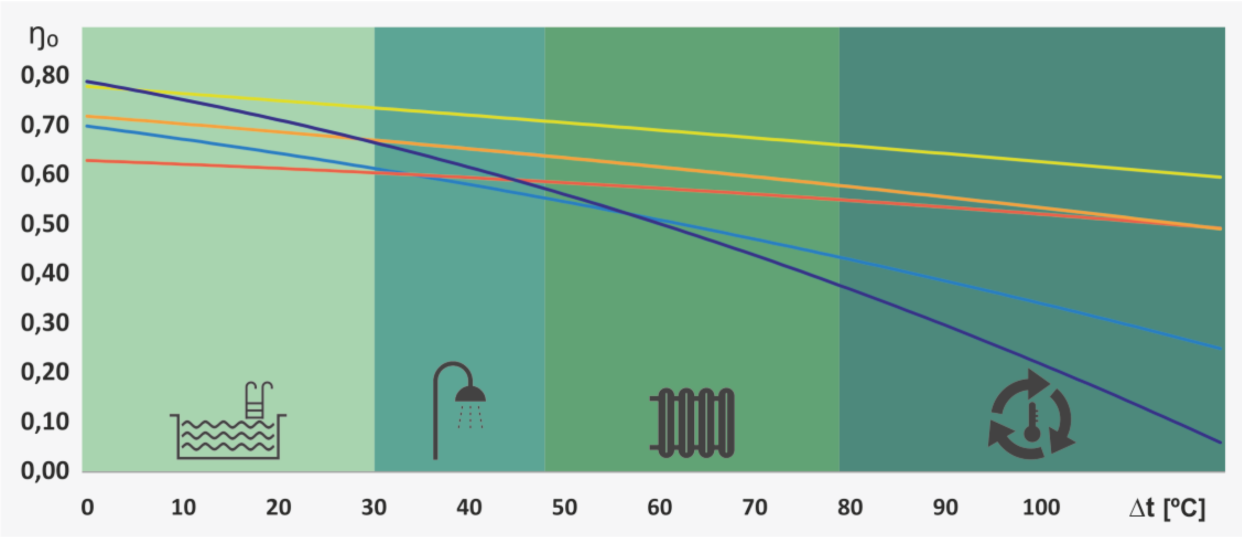


Рисунок 1.14.- Залежність ефективності від різниці температур повітря і теплоносія в сонячному колекторі

З графіка видно, що чим менше т, насправді означає, що температура подачі теплоносія нижче, ефективність сонячного колектора вище. З цієї причини для геліосистеми оптимальним є застосування низькотемпературних систем опалення, таких як «теплоізольовані підлоги». Плоскі колекторні і вакуумні трубчасті колектори з плоским поглиначем володіють більш високою ефективністю при роботі на басейні і нагріванні GVS за рахунок оптичних властивостей, що сприяють кращому поглинанню сонячного світла. У свою чергу вакуумний сонячний колектор з коаксіальної колбою працює протягом періоду нагріву, завдяки кращій кращої теплоізоляції.

Продуктивність сонячних колекторів

Наступна діаграма (рис.1.15.) дозволяє оцінити середню продуктивність складальників в рік і для опалювального періоду (нижня частина колони).

Дані про кількість розвиненою енергії отримані за допомогою розрахунку, в програмі, що дозволяє імітувати роботу сонячної системи через рік. У розрахунках використовуються середні дані про сонячному світлі і погоді в місті Дніпропетровську.

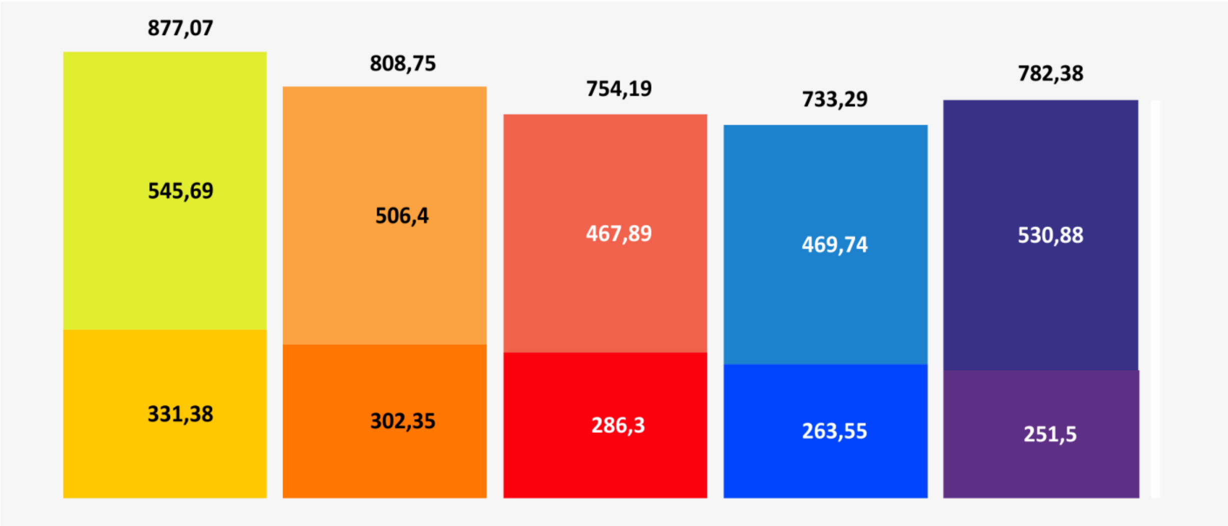


Рисунок 1.15.- Діаграма середньої продуктивністі

Розрахунки даються 1 м^2 апертури кожного типу колектора.

Діаграма дозволяє оцінити максимальну ефективність при безперервній роботі сонячної системи протягом всього року. На практиці такі умови практично неможливі і не завжди показують реальну картину продуктивності сонячного колектора.

1.5. Вартість сонячного колектора і тепла

Вартість сонячних колекторів може значно варіюватися і залежить від набору факторів: якості збірки, поглинача і матеріалу корпусу, товщини і способу укладання ізоляції, товщини скла і т. д. Для оцінки вартості отриманої теплової енергії від сонячних колекторів ми будемо встановлювати за середньою вартістю одного метра квадрата кожного типу сонячного колектора. Оскільки, взявши за основу термін служби 25 років і умови обслуговування, ми можемо отримати вартість вартості, отриманої 1 кВт * год енергії (рис. 1.16).

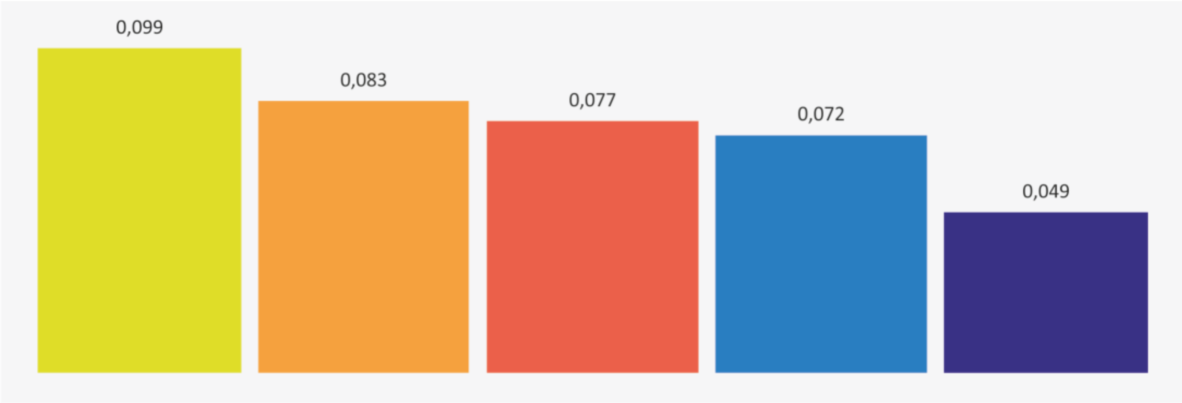


Рисунок 1.16.- Графік вартості 1 кВт * год енергії з різних видів колекторів

Як видно з графіка, теплота, отримана від вакуумного колектора з прямим потоком з поглиначем пір'яного кольору, є найдорожчою. І найдешевший, одержуваний від плоского сонячного колектора, відповідно плоскі колектори мають мінімальний термін окупності.

Однак ціна сонячного колектора не завжди є фундаментальним фактором. Дорожчі збирачі можуть мати більший термін служби і низькі експлуатаційні витрати, пов'язані з можливими поломками. У зв'язку з цим можна розглянути можливість установки як дорогого брендового обладнання, так і бюджетних варіантів на певному рівні початкових капіталовкладень.

Вибираючи сонячний колектор, зверніть увагу на технічну інформацію.

Дуже важливим фактором для вибору сонячного колектора є наявність повної технічної специфікації. Найбільш цікавими для нас будуть значення параметрів оптичної ефективності Коефіцієнти теплових втрат . І площа сонячного колектора (апертура і загальна). Ці параметри дозволяють оцінити ефективність і обчислити прогнозовану продуктивність сонячного колектора.

Якщо виробник або продавець з яких-небудь причин не надають ці дані, в результаті ми отримуємо «свині в мішку», і ми не можемо оцінити внесок влади, тому геліосистеми краще утримаються від покупки такого продукту. Вітається наявність міжнародного сертифіката (наприклад, з швейцарської лабораторії SPF або Solar Keymark), однак не завжди ми продаємо колекціонер з параметрами, встановленими в цьому документі. Тим більше, що азіатські виробники грішать, тут ми нічого не можемо перевірити, потрібно сподіватися на порядність компанії виробника або постачальника.

У висновку, ми пропонуємо вашій увазі повну інфографіку «як правильно вибрати сонячний колектор».[29-30]

Висновки по розділу 1

У даному розділі був проведений обзір різних типів сонячних колекторів, їх ефективності, плюси і мінусу того чи іншого сонячного колектора стосовно їхньої експлуатаційних параметрів. А так розглянуті можливості використання різних колекторів у різних сферах.

РОЗДІЛ 2
РОЗРАХУНОК ВАКУУМНИХ КОЛЕКТОРІВ

2.1 Визначення необхідного сонячного колектора

Після аналізу нашого об'єкта, його діючої системи гарячого водопостачання, а також можливих варіантів нової системи, на базі використання відновлюваних джерел енергії, раціональним і ефективнішим буде вибір вакуумного сонячного колектора ATMOSFERA СВК-А 30 трубок (Рис. 2.1.).

Геліосистеми від ATMOSFERA відрізняються високою ефективністю, простотою монтажу та зручністю експлуатації, тому успішно використовуються не лише на півдні України та в Криму, але і в північних та західних регіонах України. Сонячні нагрівачі з успіхом застосовуються в приватних будинках, школах, дитячих садках, санаторно-курортних та оздоровчих установах, АЗС, магазинах, на виробничих комплексах залізничного транспорту та портів. Число тих, хто бажає заощадити на витратах за енергоносії з використання сонячних колекторів постійно зростає. Вакуумні сонячні колектори ATMOSFERA ідеальні для застосування в цілорічному режимі роботи в будь-яких кліматичних зонах. Основне призначення вакуумних сонячних колекторів - нагрів гарячої води і підтримки систем опалення. Для сонячних колекторів ATMOSFERA характерні висока продуктивність в літній і зимовий час. Геліосистеми ATMOSFERA забезпечують від 30% до 90% потреби в гарячій воді і до 30% опалення. Термін експлуатації - 25 років, гарантія на системи до 15 років. Використовуючи обладнання ATMOSFERA, користувач має можливість значно знизити свої витрати на нагрів гарячої води, а також збільшити термін служби основного котельного обладнання, відключивши його в літній період.

Загальні параметри СВК-А приведені в таблиці 2.1.

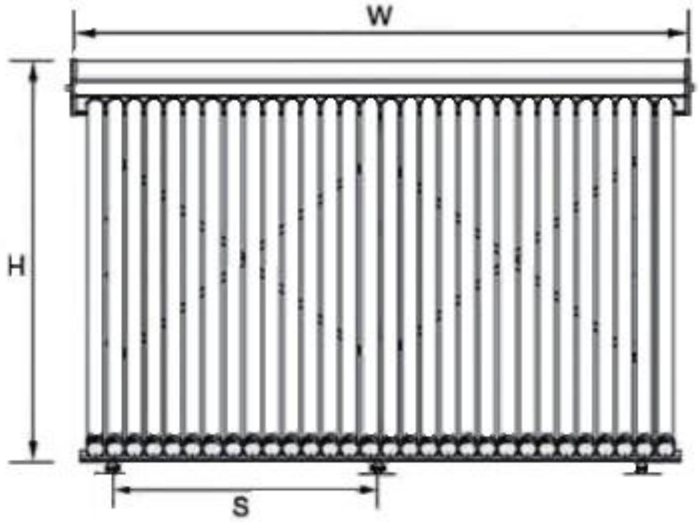


Рисунок 2.1.- Вакуумний сонячний колектор СВК-А

Таблиця 2.1 – Параметри СВК-А

Артик.	Кільк. труб (шт.)	Пік.енерг. кВт·год	S аперт.(м^2)	S абсор. (м^2)	Ємн. Тепло-обм. (л)	H(мм)	W (мм)	S (мм)	Вага кг
СВК-А 30-58-1800	30	2,062	2,81	2,41	2,07	2020	2440	216	97

Вакуумний колектор СВК-А укомплектований 30 вакуумними трубками, що розташовуються паралельно один одному, ефективний для експлуатації в цілорічному режимі в будь-якій області України. ККД геліосистеми на базі такого колектора - становить 95%. Термоізоляція теплообмінника 75 мм, конденсатор трубки типу "тепловими трубками" 25 мм, виходи колектора ¾, корпус і рама - алюміній, теплоізоляція мінеральна вата. Гарантія: система теплової труби - 5 років; теплообмінник - 5 років; рама - 5 років; вакуумні труби - 15 років.

Він володіє високою продуктивністю в умовах низької сонячної інсоляції. Сонячні колектори Атмосфера такого типу мають термоізоляцію 75 мм. Алюмінієва рама колектора дозволяє знизити навантаження на несучі конструкції покрівлі. Універсальна рама розрахована на монтаж колектора на будь-який тип даху: і на горизонтальні і на вертикальні поверхні. Монтаж вакуумного сонячного колектора відбувається безпосередньо на даху таким чином, щоб найбільш ефективно використовувати площу даху для збору енергії. Як правило сонячний вакуумний колектор монтуються під кутом, від 30 до 60°.

Для підтримки опалення встановлюється буферний бак, який являє собою систему перетворення, збереження та підтримки тепла, отриманого від сонця, а також і від інших джерел енергії (наприклад, традиційний котел, що працює на газі, електриці або дизпаливі). Ці джерела потрібні для підтримки сонячного вакуумного колектора при недостатній кількості сонячного випромінювання. Нагріта від цих джерел енергії вода використовується як теплоносій для звичайної системи опалення. Контролер вакуумного сонячного колектора автоматично підтримує найбільш оптимальні параметри циркуляції і забезпечує температуру. При відсутності сонячної активності або вночі, автоматика системи забезпечує мінімально необхідне залучення допоміжного джерела енергії для підтримки встановленої температури усередині приміщення. Система має низьку інерційність, швидким виходом на робочий режим і дозволяє забезпечити середньорічну економію енергоносіїв до 50%

2.2 Розрахунок гарячого водопостачання

2.2.1. Розрахунок навантаження гарячого водопостачання.

Навантаження гарячого водопостачання визначаємо за формулою:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$

де N - число днів місяця,

n – кількість людей – 3.

$T_{сер.}$ - середня температура гарячої води - 55°C,

$T_{хол.}$- температура холодної води - 10°C,

ρ- щільність води - 1 кг/л.

C_p - теплоємність - 4190 Дж/кг · К.

Розрахуємо навантаження гарячого водопостачання для кожного місяця:

Для січня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}0042\ Гкал$$

Для лютого:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 29 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 16{,}4\ Мдж$$
$$= 4{,}56\ кВт \cdot год. = 0{,}0039\ Гкал$$

Для березня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}042\ Гкал$$

Для квітня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 30 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 16{,}97\ Мдж$$
$$= 4{,}71\ кВт \cdot год. = 0{,}0040\ Гкал$$

Для травня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot (T_{сер.} - T_{хол.}) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}042\ Гкал$$

Для червня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 30 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 16{,}97\ Мдж$$
$$= 4{,}71\ кВт \cdot год. = 0{,}0040\ Гкал$$

Для липня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}042\ Гкал$$

Для серпня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}042\ Гкал$$

Для вересня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 30 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 16{,}97\ Мдж$$
$$= 4{,}71\ кВт \cdot год. = 0{,}0040\ Гкал$$

Для жовтня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}042\ Гкал$$

Для листопада:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 30 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 16{,}97\ Мдж$$
$$= 4{,}71\ кВт \cdot год. = 0{,}0040\ Гкал$$

Для грудня:

$$L_{гв} = N \cdot n \cdot 1000 \cdot \left(T_{сер.} - T_{хол.}\right) \cdot \rho \cdot C_p$$
$$= 31 \cdot 3 \cdot 1000 \cdot (55 - 10) \cdot 1 \cdot 4190 = 17{,}54\ Мдж$$
$$= 4{,}87\ кВт \cdot год. = 0{,}042\ Гкал$$

Дані навантаження гарячого водопостачання по місяцях зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. – Навантаження гарячого водопостачання

Місяць	Кількість днів	Навантаження ГВП, МДж	Навантаження ГВП, кВт·год.	Навантаження ГВП, Гкал.
1	31	17,54	4,87	0,0042
2	29	16,4	4,56	0,0039
3	31	17,54	4,87	0,0042
4	30	16,97	4,71	0,0040
5	31	17,54	4,87	0,0042
6	30	16,97	4,71	0,0040
7	31	17,54	4,87	0,0042
8	31	17,54	4,87	0,0042
9	30	16,97	4,71	0,0040
10	31	17,54	4,87	0,0042
11	30	16,97	4,71	0,0040
12	31	17,54	4,87	0,0042
Σ		207,06	57,49	0,049

2.2.2 Розрахунок теплопродуктивності сонячного колектора

Кількість теплоти, що надходить з теплоприймача на 1 $м^2$ сонячного колектора визначаємо за формулою:

$$Q_{кор} = F_R^{'} \cdot \lfloor E_\beta \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_T - T_a) \rfloor$$

де $Q_{кор}$. - корисна теплова потужність СВК-А, Вт/$м^2$

E_β - щільність потоку сумарної сонячної радіації в площині колектора, Вт/м2.

τ - пропускна здатність прозорої ізоляції.

α - поглинаюча здатність панелі колектора.

U_L- загальний коефіцієнт теплових втрат, Вт/($м^2$ ·К)

T_T - середня температура теплоносія в колекторі.

T_a - температура навколишнього повітря, К.

$F_R^{'}$ - коефіцієнт ефективності поглинаючої панелі, що враховує ту обставину, що середня температура панелі завжди вище середньої температури рідини.

Розрахунок ведеться для СК марки СВК-А (30 трубок), з наступними характеристиками:

- коефіцієнт ефективності поглинаючої панелі $F_R^{'}$ = 0,77;
- загальний коефіцієнт теплових втрат $U_L = 0{,}8$ Вт/($м^2 \cdot$ К);
- $(\tau\alpha)$ = 1,08;
- середня температура теплоносія в колекторі T_T = 328 К.
-

Температура навколишнього повітря розрахована для кожного місяця:

$$T_{a1} = 273 - 5{,}5 = 267{,}5 \text{ К};$$

$$T_{a2} = 273 - 4{,}1 = 287{,}9 \text{ К};$$

$$T_{a3} = 273 + 0{,}8 = 273{,}8 \text{ К};$$

$$T_{a4} = 273 + 9{,}4 = 282{,}4 \text{ К};$$

$$T_{a5} = 273 + 16{,}0 = 289{,}0 \text{ К};$$

$$T_{a6} = 273 + 19{,}6 = 292{,}6 \text{ К};$$

$$T_{a7} = 273 + 21{,}3 = 294{,}3 \text{ К};$$

$$T_{a8} = 273 + 20{,}6 = 293{,}6 \text{ К};$$

$$T_{a9} = 273 + 15{,}4 = 288{,}4 \text{ К};$$

$$T_{a10} = 273 + 8{,}4 = 281{,}4 \text{ К};$$

$$T_{a11} = 273 + 2{,}5 = 275{,}5 \text{ К};$$

$$T_{a12} = 273 - 2{,}1 = 270{,}9 \text{ К}.$$

Таблица 2.3. – щільність потоку сумарної сонячної радіації в площині колектора, Вт/м^2.

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дніпро	1210	1990	2980	4050	5550	5570	5700	5080	3660	2270	1200	960

Отже кількість теплоти, що надходить з теплоприймача на 1 $м^2$ сонячного колектора:

$$Q_{кор1} = 0{,}77 \cdot \lfloor 1210 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 267{,}5) \rfloor = 968 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор2} = 0{,}77 \cdot \lfloor 1990 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 268{,}9) \rfloor = 1618 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор3} = 0{,}77 \cdot \lfloor 2980 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 273{,}8) \rfloor = 2445 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор4} = 0{,}77 \cdot \lfloor 4050 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 282{,}4) \rfloor = 3340 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор5} = 0{,}77 \cdot \lfloor 5550 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 289{,}0) \rfloor = 4591 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор6} = 0{,}77 \cdot \lfloor 5570 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 292{,}6) \rfloor = 4610 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор7} = 0{,}77 \cdot \lfloor 5700 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 294{,}3) \rfloor = 4719 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор8} = 0{,}77 \cdot \lfloor 5080 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 293{,}6) \rfloor = 4203 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор9} = 0{,}77 \cdot \lfloor 3660 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 288{,}4) \rfloor = 3019 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор10} = 0{,}77 \cdot \lfloor 2270 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 281{,}4) \rfloor = 1859 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор11} = 0{,}77 \cdot \lfloor 1200 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 275{,}5) \rfloor = 965 \text{ Вт год}$$
$$Q_{кор12} = 0{,}77 \cdot \lfloor 960 \cdot (1{,}08) - 0{,}8 \cdot (328 - 270{,}9) \rfloor = 763 \text{ Вт год}$$

Дані зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. – кількість теплоти, яка надходить з теплообмінника на 1м^2 сонячний колектор

Місяць	T_a, К	$Q_{кор}$, Вт · *год*
1	267,5	968
2	268,9	1618
3	273,8	2445
4	282,4	3340
5	289,0	4591
6	292,6	4610
7	294,3	4719
8	293,6	4203
9	288,4	3019
10	281,4	1859
11	275,5	965
12	270,9	763

2.2.3 Розрахунок об’єму бака-акумулятора та його вибір

Тепловий акумулятор – це сталева ємність, циліндричної форми, в якій накопичується і зберігається гаряча вода. Наявність тепло-акумулятора мінімізує втрату теплової енергії і значно знижує споживання енергоресурсів, такий акумулятор є невід'ємною частиною сучасної комплексної системи опалення, і несе в собі економічну вигоду. Залежно від модифікації, теплові акумулятори можуть працювати спільно з сонячними колекторами, твердопаливними котлами, газовими котлами, тепловими насосами, електричними нагрівачами та іншими джерелами енергії. Підключати до тепло-акумулятора можна відразу кілька таких джерел.

У системах з природною і примусовою циркуляцією рекомендується використовувати баки-акумулятори тепла. Така акумулююча ємність в найбільш простий конфігурації являє собою сталевий вертикальний бак, висота якого в 3-5 разів перевищує його діаметр. Таким чином забезпечується температурне розшарування води і підвищується ефективність використання бака-акумулятора тепла.

Визначення, на скільки градусів має підвищитися температура води і її обсяг. Сім'я - 3 людини. За емпіричними даними на середньої людини витрачається в день 50 літрів води. Сумарний обсяг ємнісного нагрівача треба розраховувати з розрахунку 1,5 ... 2 добової потреби.

$$\text{Відповідно } (50 \cdot 3) \times 1{,}5 = 225 \text{ л.}$$

Середня температура вхідної води = 15 ° С. Вона повинна бути нагріта до 55 ° С.

$$55 - 15 = 40\,°\text{C.}$$

Крок 2.

Визначаємо кількість енергії необхідної для нагрівання цієї кількості води. Враховуємо, що для нагрівання одного літра води на один градус треба затратити енергію рівну 1 ккал.

$$225 \text{ л} \times 40\,°C = 9000 \text{ ккал.}$$

Для перекладу цієї енергії в кВт * год скористаємося такою формулою:

$$9000 / 859{,}8 = 10{,}46 \text{ кВт} * \text{ год.}$$

Вибираємо бак зі змійовиком з нержавіючої сталі для гарячого водопостачання та нижнім змійовиком з чорної сталі для підключення сонячних колекторів на 250 л.

Характеристики баку представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.- Характеристики бака-акумулятора

Виробник	BakiLux
Об’єм бака	250.0 (л)
Максимальний тиск в баці	2.5 (бар)
Максимальна температура в баці	90.0 (град.)
Матеріал бака-акумулятора	Углеродиста сталь
Матеріал ізоляції	Пено-поліуретан
Кількість теплообмінників	1 (шт.)
Матеріал теплообмінника	Сталь
Максимальний тиск теплообмінника	5.0 (бар)
Максимальна температура теплоносія в баці	90.0 (град.)
Вага	105.0 (кг)
Гарантійний строк	60 (міс)
Діаметр (без ізоляції)	800.0 (мм)
Товщина ізоляції	100.0 (мм)
Висота	2260.0 (мм)

Бак з вбудованим верхнім змійовиком з нержавіючої сталі, головне призначення якого – приготування гарячої води для господарських потреб. Може застосовуватись з різними джерелами теплової енергії, зокрема: твердопаливні котли, електрокотли, сонячні колетори, теплові насоси, тощо. В традиційних системах з газовими котлами виконує функцію бойлера ГВП.

Особливості:

– можливість підключення до різних джерел енергії чотири варіанти діаметру нержавіючого теплообмінника: 20мм, 25мм, 32мм, 40мм виконують функцію бойлера ГВП;

– система нагріву гарячої води "fresh" унеможливлює розвиток небезпечних бактерій завдяки відсутності магнієвого аноду, воду з системи ГВП можна вживати в їжу;

– відсутність накипу зі сторони підігріву гарячої води, завдяки застосуванню теплообмінника виготовленого із гофрованої труби. При різких температурних коливаннях накип сколюється зі стінок теплообмінника;

– надійна ізоляція з пінополіуретану товщиною 100мм забезпечує незначні статичні втрати тепла;

– може комплектуватися ТЕН;

– може бути використаним у відкритій чи замкнутій системі вбудований нижній змійовик для підключення сонячних колекторів.

2.2.4 Вибір площі СК

Потрібну площу колекторів вибираємо по ясному дню найтеплішого місяця року (липень) :

$$\mathrm{A} = \mathrm{N/n};\ \text{м}^2$$

Де

N - добова витрата гарячої води, л.; N = 250 л.;

n - добова продуктивність 1 м^2 СК, яка визначається за формулою:

$$n = \frac{Q_{кор}}{m \cdot c \cdot (t_{гар} - t_{хол})}, л/м^2 \cdot день$$

де, $Q_{кор}$ - кількість корисного тепла, що виробляється колектором, кВт · год/м^2 · добу;

m - питома вага води, кг/л.; m = 1 кг/л.;

с - теплоємність води, кВт·ч / м^2 · °С.; с = 0,001 кВт·ч / м^2 · °С.;

$t_{гар}, t_{хол}$ - відповідно температура гарячої та холодної води, °С

$t_{гар} = 55$ °С, $t_{хол} = 10$ °С.

$$n = \frac{0{,}968}{1 \cdot 0{,}001 \cdot (55 - 10)} = 21{,}5\ л/м^2 \cdot день$$

Потрібна площа СК:

$$А = \frac{250}{21{,}5} = 11{,}63 \text{ м}^2.$$

Таблиця 2.6. – Потрібна площа СК

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n, л/м^2	21,5	35,96	54,33	74,22	102	102,4	104,86	93,4	67,08	41,31	21,4	16,96
Необхідна площа , м^2	11,63	6,96	4,6	3.37	2,45	2.44	2,38	2,67	3,72	6,05	11,68	14,74
Кількість вакуумних колекторів	5	3	2	2	2	2	1	2	2	3	5	7

2.2.5 Термостатичний змішувач, описання та вибір

Термостатичний змішувач (рис. 2.2) - прилад, необхідний для підтримки постійного напору та рівня нагріву води. Його мета - створення приємною для людського тіла температури, приблизно 38-и градусів - саме така температура максимально комфортна для організму при прийомі душу. Основа конструкції такого змішувача - термостатичний клапан, який регулює потік води, забезпечуючи стабільність температури. Він являє собою невелику кнопку, яка при «віджиманні» збільшить потік гарячої води. Зменшує ж натиск змішувач при необхідності самостійно. Це обладнання забезпечує не тільки комфорт, але і безпеку, що особливо важливо, якщо у Вас є діти.

Регульовані термостатичні дивертори (регульовані термостатичні клапани) високої продуктивності призначені для перенаправлення рідини (як правило, це вода ГВП або теплоносій системи опалення) за двома різними контурам залежно від її температури.

Принцип роботи дивертора легко проілюструвати на прикладі його застосування для гарячого водопостачання. Якщо температура ГВП на вході девертора дорівнює або більше температури, встановленої на голівці цього клапана, то потік ГВП направляється по контуру, який веде безпосередньо до споживача. У тому ж випадку, коли температура на вході в дивертор нижче встановленого значення, потік прямує на додатковий нагрів, після чого подається споживачу ГВС.[20]

Рис. 2.2.- Термостатичний змішувальний клапан BRV 03729-3560

Термостатичні дивертори дозволяють встановлювати операційну температуру в діапазоні від 38 °C до 54 °C. Щоб уникнути випадкових змін налаштувань дивертори BRV оснащені блокатором обертання головки.

Характеристики регульованих термостатичних дивертерів BRV:

Максимальна статичний тиск – 10 бар

Максимальна динамічний тиск – 5 бар

Максимальна постійна температура на вході – 100 °C (короткочасно до 20 сек. – 120 °C)

Робочий діапазон температур – 38-54 °C

Сумісність з теплоносіями на основі гліколю.

Для більшої зручності при монтажі в систему, термостатичні дивертер мають асиметричне розташування виходів. Корпуси нових дивертер BRV виконані з латуні, на вході встановлений фільтр і зворотний клапан для високої температури.

2.2.6 Вибір контролера

Сонячний контролер - обов'язковий елемент геліосистеми з примусовою циркуляцією теплоносія. Сонячний контролер призначений для керування процесом нагріву від сонця і контролю стану геліосистеми, а також, залежно від сонячного контролера, може управляти і іншими теплотехнічними процесами в системі опалення і ГВП (тепловим насосом, електричним ТЕНом, газовим котлом, твердопаливним котлом). Сонячний контролер отримує інформацію від датчиків температури (один з яких обов'язково знаходиться в сонячному колекторі), інший в баку-акумуляторі геліосистеми та вибирає необхідний режим роботи.

Ефективність та безпека геліосистеми в значній мірі залежать від роботи сонячного контролера: правильності закладених алгоритмів роботи геліосистеми, вибору схеми геліосистеми, надійності елементів геліосистеми.

Переваги сонячних контролерів:

– Можливість автоматичного регулювання швидкості протоку теплоносія в геліосистеми (управління витратою циркуляційного насоса) залежно від різниці температур між сонячним колектором і баком-акумулятором геліосистеми (реалізована у всіх моделях сонячних контролерів);

– В результаті геліосистема працює більш стабільно, швидше досягаються необхідні температури, забезпечується додаткове вироблення теплової енергії за рахунок збільшення часу роботи геліосистеми в ранкові, вечірні години і в похмуру погоду, а також досягається економія електроенергії геліосистемою за рахунок зниження споживаної потужності циркуляційним насосом.

– Універсальність сонячних контролерів. Всі моделі сонячних контролерів можна використовувати в геліосистемах різного призначення, наприклад: ГВП, нагрівання води в басейні, опалення;

– Висока надійність сонячних контролерів. Досягається завдяки оптимально підібраним комплектуючим в сонячних контролерах, укладеними в герметичний полікарбонатний корпус, який забезпечує захист від прямого попадання бризок (клас захисту IP 65). Кожен сонячний контролер піддається жорстким випробуванням, для виявлення можливих несправностей ще на етапі виробництва сонячного контролера;

– Простота контролю режимів геліосистеми. За допомогою індикації на передній панелі сонячного контролера легко контролювати стан геліосистеми, сонячний контролер не потребує постійної налаштуванні, всі необхідні установки геліосистеми монтажна організація здійснює в процесі монтажу;

– Дистанційний контроль геліосистеми і коректування роботи системи сонячного теплопостачання. Робота сонячного контролера за таймером.

– Захист пам'яті при зникненні напруги живлення. У разі зникнення живлення сонячний контролер зберігає встановлені параметри геліосистеми без зміни. При появі напруги сонячний контролер повертається у встановлений режим роботи.

Контролер управління G422-P07 (рис.2.3) для сонячних колекторів є самостійним регулювальним пристроєм, призначеним для управління роботою сонячною геліо станцією. G422-P07 виконаний в сучасній стилістиці, відрізняється широким діапазоном функцій, а одночасно є дуже простим в обслуговуванні завдяки застосуванню панелі користувача з розбірливою клавіатурою і графічним ЖК-дисплеєм. Контролер є інтегральною частиною насосно-керуючого блоку ZPS 18е-01, ZPS 18е-01 ECO або ZPS 28-01. Контролер G422-P07 є вдосконаленою моделлю попередньої версії, з додатковими функціями. Директива Євросоюзу про енергетичну ефективність ErP (Energy related Products), поступово вводить необхідність заміни традиційних циркуляційних насосів високо ефективними насосами з електронним управлінням швидкості обертання. Версія G422-P07 контролера дозволяє взаємодію як зі стандартними насосами з постійною швидкістю обертання, так і з насосами з електронним регулюванням швидкості обертання. Другим істотним розширенням функціональності контролера управління G422-P07 є можливість підключення датчика тиску в сонячні установці. Це дозволяє здійснювати контроль за умовами роботи установки, також в дистанційному режимі, в поєднанні з системою дистанційного моніторингу ECONTROL.

Огляд функцій контролера G422-P07:

Інтуїтивне і зручне обслуговування завдяки великому ЖК-дисплею;

Рис. 2.3.- Контролер управління G422-P07

Можливість вибору типу циркуляційного насоса і управління за допомогою спеціального алгоритму роботи, за вибором: стандартний насос WILO

ST6, стандартний насос із зменшеною витратою електроенергії WILO ST6ECO, електронний насос управління спеціальним сигналом PWM: WILO ST7PWM2;

Можливість підключення 4 датчиків температури NTC10k;

Можливість підключення 3 циркуляційних насосів і / або клапанів управління;

Обслуговування різних варіантів сонячних геліо установок (мінімум 17 варіантів), в тому числі з підтримкою опалення та підігріву води в басейні;

Обмеження роботи основного джерела тепла, наприклад, нагрівального котла, в разі сприятливих умов для роботи сонячної установки;

Вибір пріоритету роботи сонячної установки (побутова вода, підтримка опалення, вода в басейні);

Тимчасові програми для роботи циркуляційних насосів, наприклад, циркуляційного насоса теплої побутової води і ін.

Гігієнічна функція (періодичний бактерицидний підігрів);

Захист колекторів від перегріву;

Функція "відпочинку" для захисту установки від перегріву при тривалому періоді відсутності споживання тепла

Графічне представлення поточних температур і режимів роботи установки;

Графічне представлення виробництва тепла в часі (денний, тижневий, місячний і багаторічний лічильники);

Попередня світлова та акустична сигналізація аварійних станів, наприклад відсутність течії в системі, аварії циркуляційного насоса, завоздушеня системи, пошкодження датчика температури;

Поточна актуалізація показань нагрівальної продуктивності сонячних колекторів;

Поточна актуалізація показань витрати електроенергії церкуляційним насосом

Інформація про активну функції бактерицидного прогріву, що здійснюється контролером.

Можливість підключення модуля ECO-GSM або ECO-LAN до дистанційного моніторингу роботи установки ECONTROL;

Доступні мовні версії: польська, англійська, німецька, французька, португальська, іспанська, голландська, італійська, чеська, словацька, румунська, шведська, норвезька, фінська, датська, естонська, литовська, латиська, словенський, угорський, хорватський, російська.

Гарантія 12 місяців.

При розрахунку системи ГВП однією з істотних характеристик є її ККД, яке визначається за формулою:

$$\eta = 0{,}8 \cdot \left(\theta - \frac{8 \cdot v(0{,}5 \cdot (t_1 + t_2) - E_н)}{Q_{кор} \cdot A}\right),$$

де v - наведений коефіцієнт тепловитрат СК, v = 5 Вт/($м^2$ ·К);

$t_1 і\ t_2$ - температура теплоносіїв на вході і виході з СК, °С;

$t_1 = t_{хол} + 5 = 8 + 5 = 13$°С;

$t_2 = t_{гар} + 5 = 55 + 5 = 60$°С;

$E_н$ - середня денна температура зовнішнього повітря, °С;

$Q_{кор}$ - табл. 2.4, Вт·год;

А = 4,82 $м^2$;

Розраховуємо:

$$\eta_1 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) + 5{,}5)}{4{,}82 \cdot 968}\right) = 0{,}216$$

$$\eta_2 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) + 4{,}1)}{4{,}82 \cdot 1618}\right) = 0{,}337$$

$$\eta_3 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 0{,}8)}{4{,}82 \cdot 2445}\right) = 0{,}407$$

$$\eta_4 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 9{,}4)}{4{,}82 \cdot 3340}\right) = 0{,}45$$

$$\eta_5 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 16)}{4{,}82 \cdot 4591}\right) = 0{,}474$$

$$\eta_6 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 19{,}6)}{4{,}82 \cdot 4610}\right) = 0{,}48$$

$$\eta_7 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 21{,}3)}{4{,}82 \cdot 4719}\right) = 0{,}483$$

$$\eta_8 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 20{,}6)}{4{,}82 \cdot 4203}\right) = 0{,}479$$

$$\eta_9 = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 15{,}4)}{4{,}82 \cdot 3019}\right) = 0{,}458$$

$$\eta_{10} = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 8{,}4)}{8 \cdot 1859}\right) = 0{,}404$$

$$\eta_{11} = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) - 2{,}5)}{4{,}82 \cdot 965}\right) = 0{,}27$$

$$\eta_{12} = 0{,}8 \cdot \left(0{,}63 - \frac{8 \cdot 5(0{,}5 \cdot (13 + 60) + 2{,}1)}{4{,}82 \cdot 763}\right) = 0{,}168$$

Аналізуючи розрахункові дані установки бачимо, що найбільш ефективними місяцями експлуатації є березень, квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень.

В результаті пропонується впровадити геліоустановку з наступними параметрами:

- Площа СК А = 4,08 м^2 (в нашому випадку беремо 2 колектори СВК-30 що вибрали раніше і сумарна площа складатиме 4,82 м^2)
- Об’єм бака акумулятора – 0,25 м^3
- Витрата теплоносія 0,1 кг / сек.
- Теплоносій - антифриз.

Установку слід розташувати на даху будівлі, з південної сторони під кутом 48° до горизонту.

Отже, система гарячого водопостачання буде мати вигляд (рис. 2.4).

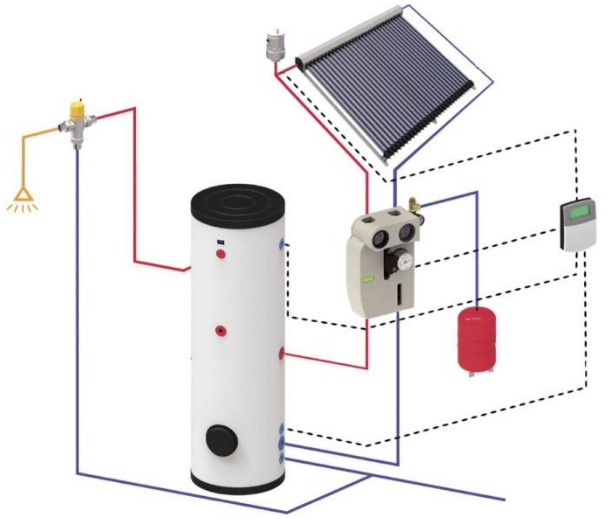


Рисунок 2.4.- Система гарячого водопостачання.

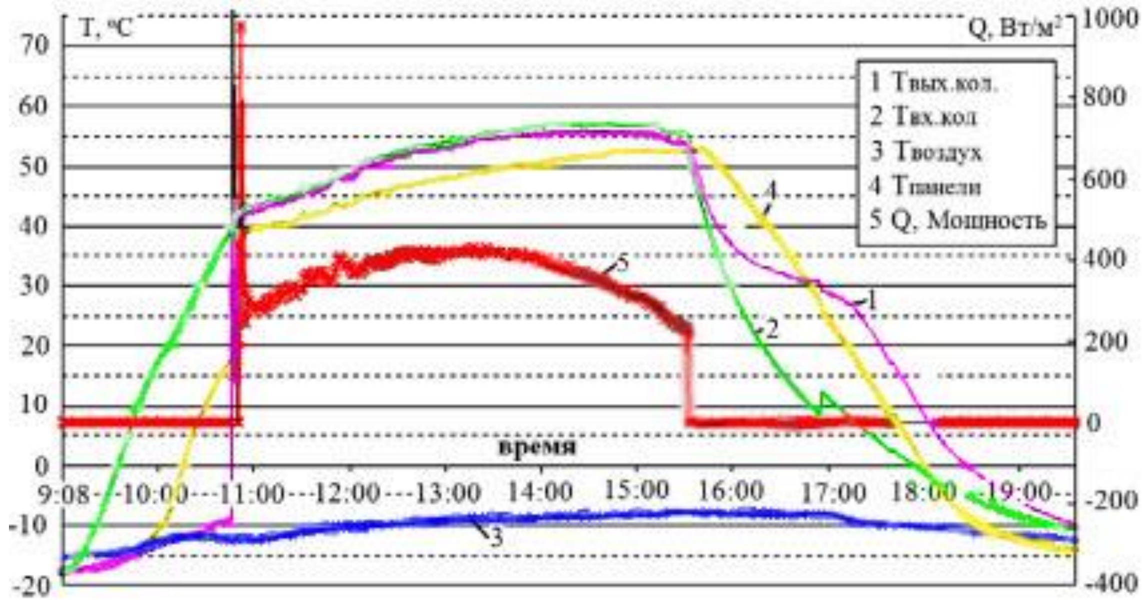


Рисунок 2.5.- Графік характерного режиму роботи сонячного колектора.

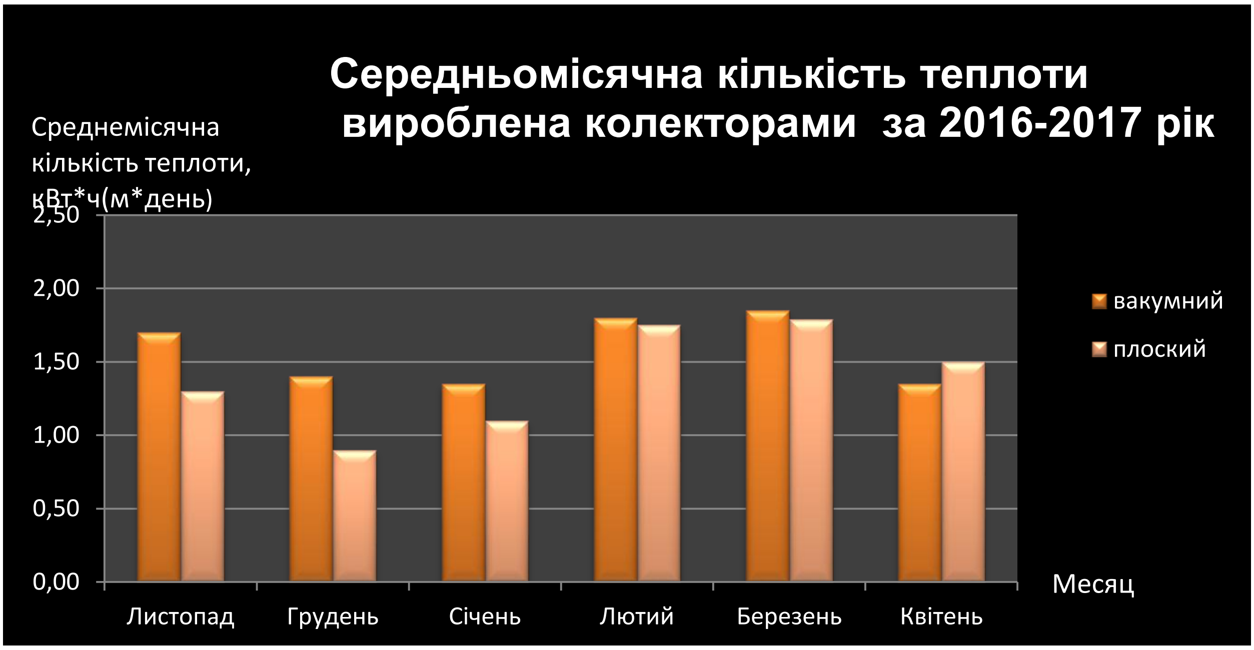


Рисунок 2.6.- Графік середньомісячної кількості теплоти виробленої колекто рами за 2016-2017 р.

Висновки по розділу 2

У цьому розділі був проведений розрахунок вакуумного сонячного колектора для побутовах потреб даного об'єкту. Були вибрані комплектуючі для провадження даної системи згідно проведених розрахунків.

РОЗДІЛ 3
РОЗРАХУНОК ПЛОСКИХ КОЛЕКТОРІВ

3.1 Розрахунок параметрів плоских геліоколекторів

На теперішній час промисловістю випускається велика кількість різноманітних за характеристиками і змістом геліоколекторів. Наразі гостро стоїть питання оптимізації параметрів та вибору найбільш підходящого варіанту.

Удосконалення плоских колекторів розвивається по двох напрямках:

випуск недорогих низькотемпературних колекторів для одержання гарячої води при температурі 50—60^{o}C, для побутових потреб у теплий період року;

створення колекторів з поліпшеними характеристиками при підвищених значеннях температур.

Задачі першого напрямку вирішуються шляхом заміни міді іншими матеріалами для теплоприймальної поверхні геліоколектора (такими, як сталь, алюміній, пластмаси) і використання замість трудомістких методів виготовлення теплоприймальних елементів із труб і пластин більш простої технології. Зараз промисловість випускає більш-менш удалі штамповані колектори зі сталі, прокатно-зварені з алюмінію і литі з пластмаси.

З другим напрямком зв'язані наступні проблеми:

Забезпечення максимального пропущення через прозоре покриття, наприклад, за рахунок використання скла з низьким змістом заліза чи створення на поверхні скла невідбиваючого світло шару.

Зниження до мінімуму теплових втрат від колектора. втрати з тильної і бічної сторін можуть бути зменшені за рахунок поліпшення ізоляції. Радіаційну і конвективну складові втрат з лицьової сторони колектора зменшують вакуумуванням простору між теплоприймальною поверхнею і прозорою ізоляцією, проте не завжди вдається забезпечити абсолютно непроникне з'єднання різнорідних матеріалів, і вакуум через якийсь час погіршується.

Інший шлях – використання багатошарового скляного покриття, або використання склопластиків з поліпшеними теплоізоляційними властивостями.[37]

3.1.1 Визначення геометричних параметрів геліоколекторів

Для даної дисертації, враховуючи кліматичні характеристики місцевості та характер розв'язуваної задачі оберемо геліоколектор з «середніми» параметрами, що дозволить за прийнятною ціною спеціального обладнання забезпечити споживачів гарячою водою. В зимові місяці забезпечення необхідної температури досягається за рахунок дублюючого джерела енергії. Влітку залишкова енергія поглинена геліосистемою може використовуватись на господарські потреби(підігрів басейну, систему сезонного кондиціювання повітря, та ін.)

Для розрахунків оберемо геліоколектор з параметрами:

Матеріал поглинальної пластини	мідь
Число прозорих покрить	2
Товщина скла, м	0,004
Товщина зазору склопакету за	0,016
Тепловий опір склопакету, ($м^2$ К)/Вт	0,32
Товщина зазора між склопакетом та тепло поглинаючим елементом, м	0,025
Товщина теплопоглинаючого елемента, м	0,001
Товщина ізоляції, м	0,050
Теплопровідність ізоляції(пінополістирол при режимі роботи А), Вт/(м2 К)	0,041
Ширина ГК, м	1,14
Довжина ГК, м	1,74
Товщина, м	0,104

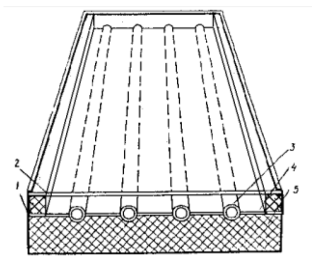
Площа теплоприймальної пластини ГК, м2	1,6
Ступінь чорноти приймальної пластини	0,95
Зовнішній діаметр трубок ГК, м	0,012
Шаг трубок, м	0,06
	Позначення: 1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія; 4 – поглинаюча панель; 5 – теплова ізоляція

Рисунок 3.1.- Обраний сонячний плоский колектор Hewalex KS

Плоский всесезоний сонячний колектор Hewalex KS зазвичай використовують для нагріву гарячої води в будинках, готелях, пансіонатах чи ресторані. Колектори даного типу можливо використовуюти також для нагріву води в домашньому басейні і в якості доповнення центральної системи опалення в приватному будинку.

Сонячний колектор розроблений з метою отримати доступну ціну для клієнта, завдяки застосуванню алюмінієвої конструкції абсорбера замість мідного. Щоб не знижувати робочі характеристики, розробники провели збільшеня товщини листа алюмінію, він компенсує її більш низьку теплопровідність в порівнянні з листовою міддю. Схема трубопроводів виконаний у вигляді "арфи" (паралельні трубки) з міді, що дозволяє застосування стандартних елементів фітингу з міді або латуні. Виробництво абсорбера з алюмінію і міді, можливо завдяки застосуванню найсучаснішого методу ультразвукового лазерного зварювання.

Особливі і характеристики сонячного колектора:

Використання алюмінієво мідного абсорбера дає можливість зменшити вагу сонячного колектора і ціну приблизно на 18%, в порівнянні з колекторами, в яких абсорбер складається повністю з міді;

Корпус колектора виконаний повністю з гнутого алюмінієвого профілю, з високої жорсткості;

Кришка корпусу виготовлена із структурного скла, що призводить до збільшеня коефіцієнту поглинання сонячної енергії (91,6% високий клас U1);

Використання для абсорбера листового алюмінію з товщиною 0,4 мм (в два рази збільшені в порівнянні з листовою міддю) для компенсації низької теплопровідності алюмінію по відношенню до міді.

Використання схеми укладання мідних труб у вигляді " арфи " (паралельна система трубопроводів) дозволяє забезпечити низький опір протікання, що призводить до скорочення споживання електроенергії циркуляційним насосом, також сприяє спуску з трубопроводів гліколю під час перегріву колектора;

Для покращення покриття абсорбера використовується шар BlueTec з високою характеристикою селективності (поглинання 95%, коефіцієнтом емісії 5%);

Низький коефіцієнт втрат тепла колектора отримується завдяки використанню теплоізоляції з мінеральної вати нового покоління;

В якості теплоносія геліосистеми будемо використовувати водний розчин пропіленгліколю.

Теплоносії на основі водного розчину пропіленгліколю широко використовуються в різних галузях промисловості в якості теплоносіїв (антифризів, холодоносіїв), в системах опалення, вентиляції, кондиціювання житлових будинків і громадських будівель, в системах охолодження харчових виробництв, а також в теплообмінному обладнанні в інтервалі температур від -60 ° C до +110 ° C.

Теплоносії, виготовлені на основі пропіленгліколю, є нетоксичними та екологічно безпечними. Пропіленгліколь є харчовою добавкою (Е 1520).

Випадкові протікання теплоносія не представляють токсикологічної та екологічної небезпеки для людини, що знаходиться в цьому приміщенні і для навколишнього середовища. Незважаючи на більш високу в'язкість, теплоносії на основі пропіленгліколю володіють "змащувальні ефектом", що знижує гідродинамічний опір (до 25%) і поліпшує умови роботи насосів у вторинному контурі. Теплоносій стабільний, при експлуатації в робочому інтервалі температур, тривало не розкладається і не окислюється. Пропіленгліколь сприяє видаленню з внутрішніх поверхонь теплообмінного обладнання органічних та неорганічних відкладень, накипу. У випадку аварійного тривалого відключення системи в зимовий період низькозамерзаючі теплоносії дозволяють зберегти працездатність інженерних комунікацій при температурі навколишнього середовища до мінус 60 ^{o}C.

Таблиця 3.1. – Основні характеристики теплоносіїв марок ХНТ

Марка теплоносія	температура початку крис-талізації, С	температура кипіння, С	густина, кг/м^{3*}	темлоємність, Дж/(кг·К)*	Теплопровідність, Вт/(м·К)*	Динамічна в'язкість , мПа·с*
ХНТ-20	-20	98	1032	3770	0.400	4.3
ХНТ-30	**-30**	**102**	**1037**	**3615**	**0.368**	**6.00**
ХНТ-50	-50	106	1044	3390	0.320	9.5
ХНТ-60	-60	108	1053	3200	0.290	14

Для даної дисертації враховуючи кліматичні особливості та режими роботи геліосистеми було обрано холодоносій марки ХНТ-30.

3.1.2 Визначення площі геліоколекторного поля

Необхідну площу геліоколекторів Fгк можна визначити за формулою:

$$F\text{гк} = \frac{Q_{\text{міс}}}{E_{\text{міс}}\,\eta},$$

де η – ефективність геліосистеми.

Використовуючи досвід проектування подібних установок задамося $\eta \;=\; 0{,}2$.

Для обчислення щомісячного приходу енергії на 1 м^2 використовується емпірична формула:

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot E_{\text{мр}} \cdot \tau_{\text{с}} \cdot \psi_{c} \cdot n_{\text{міс}},$$

де $E_{\text{мр}}$ – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, Вт/м^2.

τ_c – тривалість світового дня, год.

ψ_c – коефіцієнт сонячного випромінювання.)

$n_{міс}$– кількість днів у місяці.

1 місяць:

$$E_{міс} = \frac{7200}{\pi} \cdot 1210 \cdot 8{,}76 \cdot 0{,}18 \cdot 31 = 0{,}136 \text{ Гдж/м}^2.$$

Для наступних місяців розрахунок проводиться аналогічно, результати розрахунку наведено у табл. 2.5.

Таблиця 3.2. – Щомісячний приход енергії на 1 м^2, горизонтальної поверхні

Місяці	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
$E_{мр}$, , Вт/м^2	1210	1990	2980	4050	5550	5570	5700	5080	3660	2270	1200	960
τ_c, год	8,76	10,35	11,8	13,6	15,17	16	15,66	14,4	12,63	10,93	9,3	8,4
ψ_c	0,18	0,24	0,39	0,45	0,55	0,61	0,67	0,71	0,61	0,47	0,29	0,18
$n_{міс}$, шт	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$E_{міс,}$ГДж/м^2	0,136	0,33	0,974	1,74	3,3	3,74	4,25	3,17	1,94	0,83	0,223	0,103

3.1.3 Визначення місячного теплового навантаження

Місячне теплове навантаження $Q_{міс}$ визначається за формулою:

$$Q_{міс} = G \cdot C \cdot \Delta t \cdot z,$$

де $Q_{міс}$ – місячна потреба теплоти, Дж/(м^2 міс);

G – витрати теплоносія в день, л/день;

C – середня теплоємність робочого тіла у заданому діапазоні температур, Дж/(кг град).;

Δt – різниця температур теплоносія, ˚С ;

z – кількість днів у місяці;

t_1 = 10˚С;

t_2 = 55˚С;

С = 4190 Дж/(кг град);

G = 250 л/день.

1 Місяць:

$$Q_{\text{міс}} = 250 \cdot 4190 \cdot 45 \cdot 31 = 1{,}46 \text{ Гдж/м}^2\text{міс}.$$

Результати розрахунку середньомісячного теплового навантаження зведено до табл. 3.3

Таблиця 3.3. – Середньомісячне теплове навантаження

Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{\text{міс}}$,ГДж/м^{2}міс	1,46	1,37	1,46	1,41	1,46	1,41	1,46	1,46	1,41	1,46	1,41	1,46

Для розрахункового місяця січня:

$$F\text{гк}1 = \frac{1{,}46}{0{,}136 \cdot 0{,}2} = 53{,}67 \text{ м}^2,$$

$$F\text{гк}2 = \frac{1{,}37}{0{,}33 \cdot 0{,}2} = 20{,}76 \text{ м}^2.$$

Інші розрахунки аналогічні цим, тому зведемо їх у вигляді таблиці 3.4.

Кількість геліоколекторів заданого типу:

$$N_{гк1} = \frac{F_{гк1}}{l_{гк} \cdot b_{гк}},$$

$$N_{гк1} = \frac{53,67}{1 \cdot 1,6} = 33,5 \sim 34 \text{ колекторів},$$

$$N_{гк2} = \frac{20,76}{1 \cdot 1,6} = 12,97\sim 13 \text{ колекторів}.$$

Таблиця 3.4. – необхідна кількість колекторів.

Місяці	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Fгк , $м^2$	53,67	20,76	7,5	4,05	2,21	1,89	1,72	2,3	3,63	8,8	31,61	70,87
Nгк, шт	34	13	5	3	2	2	2	2	3	6	20	45

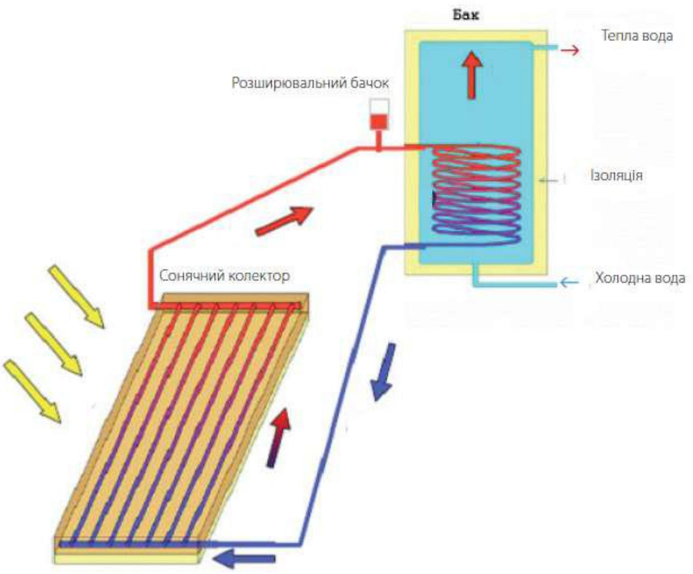


Рисунок 3.2.- двоконтурна система гарячого водопостачання з плоским колектором

Отож, ще треба вибрати розширювальний бачок та бак(накопичувач).

Розширювальні баки для систем опалення Максимальний робочий тиск: 8 бар; Початковий тиск: 1,5 бар; Підключення: 3/4Максимальна робоча температура: + 99C^{o}; Фіксована мембрана з гуми типу SBR

. Вибір колектора здійснювався на основі технічних параметрів , а також був проведений вибір комплектуючих компонентів системи.

Акумулюючі баки NADO v7 - це спеціально розроблені баки з внутрішнім сталевим емальованим резервуаром на 250л, призначеним для нагріву води в опалювальних системах, а також сталевим спіральним теплообміників для підключення наступного джерела енергії (напр. сонячних коллекторів).Акумулюючі баки поставляються з високоякісною ізоляцієюз поліетилентерефталатної / поліефірного волокна (фліс)

Висновки по розділу 3

У цьому розділі був проведений розрахунок плоского сонячного колектора для даного об’єкту. Вибір колектора здійснювався на основі технічних параметрів , а також був проведений вибір комплектуючих компонентів системи.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Вступ

Потреби в електричній енергії збільшуються з кожним роком, проте запаси викопних палив неминуче скорочуються. У зв'язку зі значним зростанням цін на енергоносії і залежністю від їхнього імпорту з інших країн останнім часом у всьому світі спостерігається тенденція до розвитку альтернативної енергетики.

Використання технології на основі відновлюваних джерел енергії дозволяє не тільки забезпечити споживачів необхідною енергією, а й знизити збиток, що наноситься паливною енергетикою довкіллю.

У магістерській дисертації розробляється система гарячого водопостачання для будинку на сім ю з трьох чоловік з використанням сонячних колекторів. Розроблено нову систему гарячого водопостачання на базі використання відновлюваних джерел енергії. Для розробки такої системи було обрано два варіанти:

- на основі вакуумного колектора
- на основі плоского колектора

Для того щоб визначити економічну доцільність впровадження проектної системи гарячого водопостачання необхідно виконати наступні завдання:

1. Визначити розмір капітальних витрат на установку системи.
2. Розрахувати обсяг експлуатаційних витрат.
3. Визначити річну та повну річну економію від впровадження сонячних колекторів.
4. Розрахувати термін окупності капітальних витрат та економічну ефективність впровадження нової системи.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

При визначенні величини проектних капіталовкладень ($К_{пр}$) скористаємося формулою:

$$К_{пр} = К_{об}\left(\sum_{i=1}^{к} Ц_i\right)З_{тзс} + З_м + З_н + З_{ін},$$

де $К_{об}$ ($\sum_{i=1}^{к} Ц_i$) – вартість придбання електрообладнання за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i-го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення приведено в таблиці 4.1;

к – кількість необхідних комплектуючих елементів;

$З_{тзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

$З_м$ – витрати на монтажні роботи;

$З_н$ – витрати на налагоджувальні роботи;

$З_{ін}$– інші одноразові вкладення грошових коштів;

Розрахунок капітальних витрат зводимо до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. – Капітальні витрати для вакуумних колекторів, грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
1	Вакуумний колектор	4	29000	116 000
2	Контролер	1	3330	3 330
3	Змішувач	1	2000	2000
4	Бак-акумулятор	1	15 000	15 000
Всього:				136 330

Цінові дані взяті за посиланням [39].

Транспортно-заготівельні і складські витрати складають 2500 грн.

Розраховуємо вартість монтажно-налагоджувальних робіт, $К_{мн}$, тис. грн.:

$$К_{мн} = \sum(Ч * a * t) * К_{д} * К_{см} * К_{пр},$$

де Ч – чисельність інженерів, необхідних для виконання даних робіт, $Ч = 3\ \text{чол.};$

a – годинна тарифна ставка інженерів, a=30 грн.;

t – час на виконання монтажно-налагоджувальних робіт, $t = 125\ \text{год.};$

$К_{д}$ – коефіцієнт враховуючий розмір доплат, $К_{д} = 1{,}1;$

$К_{см}$ – коефіцієнт враховуючий відрахування на соц.. заходи, $К_{см} = 1{,}22;$

$К_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші затрати, $К_{пр} = 1{,}05.$

$$К_{мн} = (4 * 30 * 125) * 1{,}1 * 1{,}22 * 1{,}05 = 20\,790\ \text{грн}$$

Визначаємо величину проектних капіталовкладень:

$$К_{пр1} = 136\,330 + 20\,790 + 2500 = 159\,620\ \text{грн.}$$

Таблиця 4.2. – Капітальні витрати для плоских колекторів, грн.

№ п/п	Найменування технічних засобів	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
1	Плоский колектор	7	7 750	54 250
2	Контролер	1	3330	3 330
3	Змішувач	1	2000	2000
4	Бак-акумулятор	1	15 000	15 000
Всього:				74 550

Цінові дані взяті за посиланням [49].

Транспортно-заготівельні і складські витрати складають 2500 грн.

Розраховуємо вартість монтажно-налагоджувальних робіт, $К_{мн}$, тис. грн.:

$$К_{мн} = (4 * 30 * 125) * 1{,}1 * 1{,}22 * 1{,}05 = 20\,790 \text{ грн}$$

Визначаємо величину проектних капіталовкладень:

$$К_{пр2} = 74\,550 + 20\,790 + 2500 = 97\,840 \text{ грн.}$$

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Визначаємо річні експлуатаційні витрати:

$$С = С_а + С_з + С_с + С_т + С_е + С_{ін}, \text{ грн.}$$

де $С_а$ – амортизаційні відрахування, грн;

$С_з$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн;

$С_с$ – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати, грн;

$С_т$ – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт устаткування та мереж, грн;

$С_е$ – вартість втрат електроенергії;

$С_{ін}$ – інші витрати, грн.

4.3 Розрахунок амортизаційних витрат

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається підприємством самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основного засобу, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів. Вартістю основних засобів і нематеріальних активів, що амортизується, є первісна або переоцінена вартість основних засобів і нематеріальних активів за вирахуванням їх ліквідаційної вартості.

$$Ф_а = Ф_п – Л,$$

де $Ф_п$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів;

Л – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$Н_А = \frac{Ф_п}{Ф_п \cdot Т_п} \cdot 100\%,$$

де $Т_п$ – термін корисного використання (амортизаційний період).

$$Н_а = \frac{159\,620}{159\,620 \cdot 12} \cdot 100\% = 8$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АВ за прямолінійним методом для проектних варіантів:

$$АВ = \frac{Ф_а \cdot Н_а}{100},$$

$$АВ_1 = \frac{159\,620 \cdot 8}{100} = 12\,770 \text{ грн},$$

$$АВ_2 = \frac{97\,840 \cdot 8}{100} = 7\,828 \text{ грн}.$$

Для базового варіанту

$$АВ_б = \frac{15\,000 \cdot 20}{100} = 3\,000 \text{ грн}.$$

Таблиця 4.3. – Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Капітальні інвестиції, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн.
1	Проектний 1	159 620	8	12 770
2	Проектний 2	97 840	8	7 828
3	Базовий	15 000	20	3 000

Розраховуємо річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання, $B_{рем}$, грн:

$$С_т = \sum_{i=1}^{n} (R_i * t_i * m_i * R_{\Sigma i} + \frac{S_i * П_i}{T_i} * Т_ф),$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, R_i=33 грн;

t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії тяжкості ремонту в одну ремонтну одиницю, в залежності від виду ремонту, год / од., при середньому ремонті 9 год / од.;

m_i – число ремонтів за рік, од., m_i=1;

$R_{\Sigma i}$ – сумарна категорія тяжкості ремонту в залежності від виду електрообладнання, так як потужність від 0,5 до 5 кВт, то приймається 1,3;

S_i – вартість однотипних замінних елементів, грн; складають 220 грн.;

$П_i$ – кількість однотипних замінних елементів, од., 12 од.;

T_i – середній термін служби деталей даного типу, ч., T_i=19020 год;

$T_ф$ – число годин роботи обладнання в рік, год; 5000 год.

$$С_т = 33 * 9 * 1 * 1{,}3 + \frac{220 * 12}{19020} * 5000 = 1\ 080 \text{ грн.}$$

Таблица 4.4 .- затрати на технічне обслуговування

Найменування	Тех. обслуговування, грн.
Проектний 1	1 080
Проектний 2	1 080
Базовий	1500

Отже річні експлуатаційні витрати по об´єкту проектування складають:

$$С_1 = 12\ 770 + 1\ 080 = 13\ 850 \text{ грн.}$$

$$С_2 = 7\ 828 + 1\ 080 = 8\ 908 \text{ грн.}$$

Електроенергія в проектних варіантах споживатися не буде.

Розрахунок спожитої електроенергії для базового варіанту:

$$C_e = W_{\text{річ}} \cdot a,$$

де а - тариф за кВт електроенергії (становить 1 грн 92 коп. За 1 кВт).

$$W_{\text{річ}} = 10\ 950\ \text{кВт},$$

де $W_{\text{річ}}$ - кількість електроенергії яка буде зекономлена на комунальних платежах.

Врахуємо витрати у мережі, прийняв коєфіціент 1,12.

Тоді

$$W_{\text{річ}}^{\text{повн}} = 1{,}12 * W_{\text{річ}} = 12\ 264\ \text{кВт}.$$

Вартість електроенергії з урахуванням втрат в мережі:

$$C_e = W_{\text{річ}}^{\text{повн}} \cdot a,$$

$$C_e = 12\ 264 \cdot 1{,}92 = 23\ 547\ \text{грн}.$$

Место для формулы.

Таким чином, сумарні експлуатаційні витрати для базового варіанту складають:

$$C_б = 3\ 000 + 23\ 547 + \ 2\ 000 + 1\ 500 = 30\ 047\ \text{грн}.$$

Таблиця 4.5. – Експлуатаційні витрати

Найменування	Витрати, грн.
Проектний 1	13 850
Проектний 2	8 908
Базовий	30 047

4.4 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування

$$\text{Екп} = \text{С}_{\text{б}} - \text{С}_{\text{пр}}, \text{грн.}$$

$$\text{Екп1} = 30\ 047 - 13\ 850 = 16\ 197 \text{ грн.}$$

$$\text{Екп2} = 30\ 047 - 8\ 908 = 21\ 139 \text{ грн.}$$

Тоді термін окупності капітальних витрат складе:

$$\text{Е}_{\text{р}} = \frac{\text{К}_{\text{пр}}}{\text{Е}_{\text{кп}}},$$

$$\text{Е}_{\text{р1}} = \frac{159\ 620}{16\ 197} = 9{,}46 \text{ років} \le \text{Т}_{\text{ок}}^{\text{прийн}} = 12 \text{ років},$$

$$Е_{р2} = \frac{97\,840}{21\,139} = 4{,}63 \text{ років } \leq Т_{ок}^{прийн} = 12 \text{ років}.$$

Таблиця 4.6. – Порівняльна оцінка техніко-економічних показників

Найменування показників	Од. вим.	Проектний 1	Проектний 2	Існуючий варіант	Зміна в порівнянні з існуючим варіантом (±) грн	
					1	2
Капітальні витрати	грн.	159 620	97 840	15 000	+144 620	+82 840
Експлуатаційні витрати,усього	грн.	13 850	8 908	30 047	-16 197	-21 139
У тому числі: амортизаційні відрахування	грн.	12 770	7 828	3 000	+9 770	+4 828
Технічне обслуговування ремонт	грн.	1 080	1 080	1 500	- 420	-420
Річна економія	грн.	16 197	21 139	-	-16 197	-21 139
Розрахунковий строк окупності капітальних вкладень	років	9,46	4,63	-	-	-

Висновки по розділу 4

У цьому розділі був проведений розрахунок капітальних витрат на придбання та монтаж обладнання; розрахунок річних експлуатаційних витрат на утримання і обслуговування об'єкта проектування.

Розраховано терміни окупності двох варіантів, які підтвердили їх економічну доцільність впровадження.

Висновки

Було проведено обзір різних типів сонячних колекторів, їх ефективності, плюси і мінусу того чи іншого сонячного колектора стосовно їхньої експлуатаційних параметрів. А так розглянуті можливості використання різних колекторів у різних сферах.

Був проведений розрахунок вакуумного сонячного колектора для побутовах потреб вибраного об’єкту. Були вибрані комплектуючі для впровадження даної системи згідно проведених розрахунків. Для порівняння різних типів колекторі також був проведений розрахунок плоского сонячного колектора. Вибір колектора здійснювався на основі технічних параметрів.

Також була обґрунтована економічна доцільність впровадження даного рішення на основі таких параметрів: проведений розрахунок капітальних витрат на придбання та монтаж обладнання; розрахунок річних експлуатаційних витрат на утримання і обслуговування об'єкта проектування.

Розраховано терміни окупності двох варіантів, які підтвердили їх економічну доцільність впровадження.

Перелік використаних джерел

1. Weiss W. Come in from the cold? The solar thermal market in Europe // Renewable Energy World. 2002. V. 5 No. 4. P. 91-97.
2. Hua L. China's solar thermal industry: Threat or opportunity for European Companies? // Renewable Energy World. 2002. V. 5 No. 4. P. 98-107.
3. Бутузов В. Анализ опыта разработки и эксплуатации гелиоустановок в Краснодарском крае // Энергетическая эффективность. 2002. №34. С. 17-21.
4. Назаров С.М. Перспективы развития энергетики в Ростовской области // Теплоэнергетика. 2001. №7. С. 10-14.
5. Калашян М.С., Попель О.С., Фрид С.Е. Результаты испытаний системы солнечных коллекторов на экспериментальном жилом доме // Гелиотехника. 1986. №4. С. 69-73.
6. Богачков В.Ф., Вайнштейн С.И., Мозговой А.Г., Фрид С.Е. Тепловые испытания плоских солнечных коллекторов при принудительном течении теплоносителя // Гелиотехника. 2001. №1. С. 56-59.
7. Вайнштейн С.К, Фрид С.Е. Автоматизация испытаний солнечных коллекторов // II Всесоюзная конференция «Возобновляемые источники энергии». Ереван. 1985. Тезисы докладов. С. 15.
8. Бижанов А.М., Фрид С.Е. Распределение температуры в пластине плоского солнечного коллектора // Юбилейная конференция молодых ученых и специалистов ИВТАН. Москва. 1987. Сборник тезисов докладов. С. 128.
9. Фрид С.Е. Нестационарная методика испытаний солнечных коллекторов // Юбилейная конференция молодых ученых и специалистов ИВТАН. Москва. 1987. Сборник тезисов докладов. С. 130-131.
10. Kalashyan M.S., Popel O.S., Frid S.E., Shpilrain E.E. The results of long-term exploitation of an experimental dwelling house with a solar heat supply system // Proc. of Int. Conf. "Applied optics in solar energy II". Praha. 7-8.7.1987. P. 269-272.
11. Фрид С.Е. Методы тепловых испытаний солнечных коллекторов // Препринт ИВТАН. М.: 1988. №3-248.

12. Shpilrain E.E., Popel O.S., Frid S.E. Mathematical models of solar energy conversion in flat solar collectors and solar ponds // Proc. of NORTH SUN'88. Solar Energy at High Latitudes. August 29-31,1988. Borlange. Sweden. P. 453-464.
13. Frid S.E. Solar collectors transient testing method // Proc. of workshop «Development and use of efficient solar systems». Budapest. Hungary. June 2-3,1988. P. 303-309.
14. Frid S.E. Multinode models and dynamic testing methods of solar collectors // Solar and Wind Technology. 1990. V. 7. No. 6. P. 655-661.
15. Попелъ О.С., Фрид С.Е. Солнечные водонагреватели: возможности их использования в климатических условиях средней полосы России // Теплоэнергетика. 2001. №7. С. 44-47.
16. Попель О.С., Фрид С.Е., Шпильрайн Э.Э. Обобщенные показатели типичной индивидуальной солнечной водонагревательной установки в климатических условиях различных регионов России // Теплоэнергетика. 2003. №1. С. 12-18 (в печати).
17. П. Попель О.С., Фрид С.Е. Показатели солнечной водонагревательной установки в климатических условиях различных регионов России // Энергосбережение. 2002. №4. С. 64-67.
18. Попель О.С., Фрид С.Е. Солнечные водонагревательные установки в климатических условиях России // Энергия: экономика, техника, экология. 2002. №12. С. 26—35. (в печати).
19. Петухов Б.В. Метод расчета солнечных водонагревателей // в кн.: Использование солнечной энергии. №1. М.: АН СССР, 1957.
20. Hottel H.S., Woertz B.B. The performance of flat-plate solar-heat collectors // Trans. ASME. 1942. V. 64. P. 91-104.
21. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar engineering of thermal processes. New York. Wiley. 1980.
22. Hill J.E., Kusuda T. Method of testing for rating solar collectors based on thermal performance. NBS REPORT NBSIR 74-635. New York. 1974.
23. Hill J.E., Streed E.R. A method of testing for rating solar collectors based on thermal performance // Solar Energy. 1976. V. 18. No. 5. P. 421-429.

24. Gillett W.B., Aranovitch E., Moon J.E. Solar collectors testing in the European Community//IntJ.Solar Energy. 1983. V. l.No. 5. P. 317-341.
25. Gillett W.B., Moon J.E. Solar collectors: test methods and design guidelines. - Dordrecht. D.Reidel. 1985.
26. ASHRAE Standard 93-77. Methods of testing to determine the thermal performance of solar collectors. Atlanta. 1977.
27. ANSI/ASHRAE Standard 93-1986. Method of testing to determine the thermal performance of solar collectors. Atlanta. 1986.
28. ASHRAE Standard 96-80. Methods of testing to determine the thermal performance of unglazed flat-plate liquid-type solar collectors. Atlanta. 1980.
29. Spears P.E., Waldin V.H. A solar collector standard: a test standard for the dominant collector in use today // ASHRAE Journal. 1984. No. 12. P. 30-34.
30. Australian Standard 2535-1982. Glazed flat-plate solar collectors with water as the heat-transfer fluid method for testing thermal performance. - North Sydney. 1982.
31. Norma Cubana 68-05. Colectores Solares pianos para liquidos. Metodos de ensayos. -Habana. 1985.
32. Zanella G., Braggion D. The instaneous efficiency of fluid-filled flat-plate solar collectors with some experimental results // in: Italian-Soviet Symposium about the energy renewable sources. Italian technical papers. Moscow. 18-25 April 1982.
33. Berquist P. Five years' outdoor exposure of solar collectors. Renewed performance measurements and determination of the effect on thermal efficiency. Swedish Council for Building Research. Document D18:1988. Stockholm. 1988.
34. Garg H.P. Advances in solar energy technology. Vol. 1. Collection and storage systems. Dordrecht. 1987.
35. Тарнижевский Б.В. и др. Исследование характеристик опытнопромышленного варианта плоского коллектора солнечной энергии // Гелиотехника. 1985. №2. С. 59-62.
36. Суханов А.Н. и др. Результаты испытаний солнечного коллектора на основе стеклянных труб // Гелиотехника. 1986. №5. С. 49-51.

37. Aranovitch E., Roumengous C. Solar collector testing activities in the European Community // in: Solar energy codes of practice and test procedures. Proc. Conf.(C22) UK-ISES. London. 1980. P. 21-44.
38. Gillett W.B., Moon J.E. Eight years of collector testing in Europe. What we are learned? // in: First E.C.Conf. on solar heating. Amsterdam. 30 April 4 May 1984. P. 494-498.
39. Солнечний колектор. Режим доступу: http://solar-tech.com.ua/solar-power-system/solar-collectors/