Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Використання сонячних колекторів в системі опалення та гарячого водопостачання приватного будинку»

Виконав: студент 2 курсу магістратури,
групи НФ-63
Спеціальність
«Прикладна фізика та наноматеріали»

Биля Єгор Юрійович.
Керівник: д.т.н., проф. Мацевітий Ю.М.

Рецензент:

Харків - 2019

Лист завдання

РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана студентом Билєю Єгором Юрійовичем на тему: Використання сонячних колекторів в системі опалення та гарячого водопостачання приватного будинку.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є процес використання сонячних колекторів для забезпечення потреб приватного будинку в опаленні і гарячому водопостачанні, визначення кількості сонячних колекторів для задоволення потреб об'єкту.

Предмет дослідження: використання сонячних колекторів для забезпеченя потреб приватного будинку у опаленні та гарячому водопостачанні

Мета роботи полягає в розрахунку необхідної кількості сонячних колекторів для забезпечення потреб в опаленні і гарячому водопостачанні конкретного будинку, а також оцінка ефективності використання даного джерела енергії для наведених вище цілей.

В ході виконання дипломної роботи були проведені розрахунки з метою знаходження теплових втрат об'єкта, було розраховано необхідну кількість сонячних колекторів для повного забезпечення потреб будинку в гарячій воді, а також було встановлено оптимальну кількість колекторів для даного будинку.

Дипломний проект містить: 58 сторінок, 10 малюнків, 6 таблиць, 2 додатки, 20 джерел.

Ключові слова: сонячний колектор, вакуумний сонячний колектор, бак-акумулятор, тепла підлога, гаряче водопостачання.

ABSTRACT

Master's work was done by student Bylia Yehor on the topic: Using of solar collectors for the system of heating and hot heat in a private home.

The object of the research is the process of using solar collectors to meet the needs of a private home in heating and hot water, determining the number of solar collectors to meet the needs of the facility.

Subject of study: the using of solar collectors for meeting the needs of heating and hot water supply in the private house.

The purpose of the work is to calculate the required number of solar collectors to meet the needs for heating and hot water supply of a particular home, as well as to evaluate the efficiency of using this energy source for the above purposes.

During the diploma work calculations were made to find the thermal losses of the object, the required number of solar collectors was calculated to fully meet the needs of the house in hot water, and the optimal number of collectors for the given house was established.

The diploma project contains: 58 pages, 10 figures, 6 tables, 2 applications, 20 sources.

Keywords: solar collector, vacuum solar collector, storage tank, heated floor, hot water supply.

РЕФЕРАТ

Магистерская работа выполнена студентом Былей Егором Юрьевичем на тему: Использование солнечных коллекторов в системе отопления и горячего теплоснабжения частного дома.

Объектом исследования дипломной работы является процесс использования солнечных коллекторов для обеспечения потребностей частного дома в отоплении и горячем водоснабжении, определение количества солнечных коллекторов для удовлетворения потребностей объекта.

Предмет исследования: использование солнечных коллекторов для обеспечения потребностей частного дома в отоплении и горячем водоснабжении.

Цель работы заключается в расчете необходимого количества солнечных коллекторов для обеспечения потребностей в отоплении и горячем водоснабжении конкретного дома, а также оценка эффективности использования данного источника энергии для приведенных выше целей.

В ходе выполнения дипломной работы были произведены расчеты с целью нахождения тепловых потерь объекта, было рассчитано необходимое количество солнечных коллекторов для полного обеспечения потребностей дома в горячей воде, а также было установлено оптимальное количество коллекторов для данного дома.

Дипломный проект содержит: 58 страниц, 10 рисунков, 6 таблиц, 2 приложения, 20 источников.

Ключевые слова: солнечный коллектор, вакуумный солнечный коллектор, бак-аккумулятор, тёплый пол, горячее водоснабжение.

ЗМІСТ

Вступ 8

1. Аналіз існючих систем сонячних колекторів та актуальності їх використання 10

1.1.Актуальність використання сонячної енергії 10

1.2. Аналіз існуючих сонячних колекторів 11

1.3.Аналіз існуючих геліосистем 16

2. Тепловий баланс будинку 24

2.1. Опис об’єкту 24

2.2. Тепловий баланс об’єкту 26

3. Розрахунок необхідної кількості сонячних колекторів для опалення та гарячого водопостачання 36

3.1. Розрахунок необхідної площини колектору 36

Висновки 53

Список літератури 54

ДОДАТОК А 56

ДОДАТОК Б 58

ВСТУП

На сьогоднішній день питання щодо енергоефективності та енергозбереження є надзвичайно важливим. Велику роль у цьому зіграла світова економічна криза, яка торкнулась і України. Величезну роль у вирішенні цього питання можуть зіграти напрямки енергетичної ефективності та енергозбереження.

Не для кого не секрет, що інфраструктура та майже усі об'єкти в енергетиці потребують переходу до новітніх стандартів, тобто потребують модернізації. Метою цих дії є надійне та безперервне енергопостачання.

Застосування такої політики зараз є чи не найголовнішим інструментом покращення промисловості. Енергетичну й екологічну безпеки України забезпечує вдала стратегія енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності. Окрім цього, запровадження нових ідей та рішень сприяє покращенню енергоефективності, що створює успішний симбіоз між застосуванням технологій та розвитку науки.

Підвищення енергетичної ефективності та енергозбереження є пріоритетною метою багатьох установ та приватних компаній. Державні установи та приватні компанії зацікавлені у зменшенні витрат на виробництво. Отже, вирішення цього питання стоїть у пріоритеті компаній та держави. Також треба зазначити, що зниження витрат на енергію також впливає на екологію: чим менше витрати енергії тим менше забруднення довкілля.

Планування є ключовим етапом для ефективного проекту з енергозбереження. Для того щоб провести енергоаудит треба володіти відповідними інструментами та знати і вміти застосовувати різноманітні методи розрахунку для оцінки потенціалу енергозбереження конкретного об'єкту. Також слід зазначити, що енергоаудит необхідно проводити для отримання паспорту енергоефективності.

Поряд з поняттям «енергоефективність» стоїть поняття «теплоефективність». Ці терміни тісно пов'язані між собою: чим менше тепла

потребує об’єкт, тим менше буде використано енергії. Раніше багато об’єктів були збудовані без розрахунку на ефективне втримання тепла всередині, бо можна було спалювати велику кількість ресурсів для опалення й це не було проблемою, через те що ціна на енергоресурси була дуже низька. На жаль, зараз ресурси подорожчали, але будівлі залишились такі як і були, тому усі шукають можливість заощадити на цьому. Нові будинки створюються згідно з нормативами термічного опору, деякі частково або повністю переходять на альтернативні джерела енергії, старі будівлі утепляються за допомогою додаткових шарів ізоляцій та нових вікон.

1. АНАЛІЗ ІСНЮЧИХ СИСТЕМ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ТА АКТУАЛЬНОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

1.1.Актуальність використання сонячної енергії

У наш час, в умовах необхідності жорсткої економії енергоресурсів, неможливе просте підвищення теплової та електричної потужності на опалення будівель. Єдиним виходом із ситуації, що склалася, є зменшення енергоємності систем інженерного обладнання будівель, та ,як наслідок, утеплення будівель або змінення джерела енергопостачання.

Змінення джерела енергопостачання стає вдалим рішенням тому, що у нашій системі є таке джерело як Сонце – величезна зірка розміром 1392 тисячі кілометрів та масою більшою в 333 тисяч разів ніж Земля. Сонце це майже невичерпаний термоядерний реактор у якому щосекунди 4 мільярди кілограм матерії перетворюється в чисто енергію, яку Сонце випромінює у космос як електромагнітні хвалі.

Сонячна радіація – це невичерпне джерело енергії, при тому ще й екологічно чистої. Але слід зазначити, що розподіл сонячної радіації по поверхні нашої планети дуже нерівномірне. Кількість енергії сонця на квадратний метр поверхні Землі лежить у діапазоні від 3000 МДж/м2 (на Півночі) до 8000Мдж/м2 (у найтепліших місцях).[2, 3].

Енергія сонця може перетворюватись у теплову, електричну та механічну енергії для використання у різних процесах. Сонячні установки використовуються у системах опалення або охолодження споруд, які можуть бути як суспільними, так і житловими.

Завдяки тому, що Сонце є невичерпним джерелом енергії, люди все частіше застосовують геліосистеми для того щоб заощадити свої гроші. Одним

із найважливіших елементів такої системи є сонячний колектор. Сьогодні є можливість обирати серед багатьох типів колекторів але знайти оптимальний варіант не є легкою справою. Обирати слід беручи до уваги усі особливості місця де буде встановлена ця система, а саме: орієнтація сонячного колектору, географічне розташування (широта, висота) об'єкту, кількість сонячного випромінювання у регіоні и т.п.

Метою роботи є розрахунок ефективності використання та знаходження оптимального типу та кількості колекторів, які треба встановити щоб забезпечити потреби оселі у гарячій воді та у опаленні у холодній порі року

1.2. Аналіз існуючих сонячних колекторів

1.2.1. Основна інформація

Сонячний колектор – це пристрій для перетворення енергії сонця у теплову енергію. Сонячні колектори можуть застосовуватись з концентрацією сонячного випромінювання або без концентрації. Перший колектор було створено у 1767 році швейцарським вченим Горацієм де Соссюром (це був плоский колектор).[1]. Є декілька основних типів сонячних колекторів: плоскі, вакуумні та концентратори.

У плоских сонячних колекторах поверхня, на яку падає сонячне випромінювання, одночасно є поверхнею, яка поглинає його. У таких колекторах за плоским абсорбером (це частина, яка поглинає тепло) розташована система трубок, по цим трубкам тече теплоносій. Зворотна сторона з торцями колектору вкрита теплоізоляцією. Фронтальна частина вкривається склом. Скло майже не заважає проникненню сонячного світла, в той час, як інфрокрасне випромінювання від нагрітого абсорберу назад не проходить. Створюється парниковий ефект, бо тепло залишається у колекторі. Також за рахунок теплової конвекції повітря фронтальне скло у деякій мірі не дає колектору охолонути. У деяких плоских колекторах встановлюють два

скла. Це рішення збільшує ККД (через те, що подвійне скло краще втримує тепло), але конструкція стає більш дорогою та більш важкою. Найкращі плоскі сонячні колектори можуть мати температуру теплоносія понад 150 ℃, але у більшості температура не є вищою ніж 100 ℃. Це одна з причин, через які цей тип колекторів можна залишати без догляду на довгий період часу.

Вакуумні колектори мають таку назву через те, що у них теплопоглинаючі елементи знаходяться у трубках зі скла, які запаяні та мають всередині вакуум. Скло заважає тому, щоб інфрокрасне випромінювання від елементів які нагрілись виходило, а вакуум є ідеальною середою для теплоізоляції через те, що у ньому нема охолодження через конвекцію.

Вакуумні колектори дуже ефективні навіть під час морозів та коли на дворі пахмурна погода, а на сонці можуть доходити до температури у 300 градусів. Через те, що цей тип колекторів може працювати при несприятливих умовах, вони мають більш складну конструкцію. До цієї системи входять спеціальні клапани та контролери, які, у рази потреби, можуть прибрати зайве тепло.

Колектори-концентратори – це окремий клас пристроїв. Їх використовують для того, щоб отримати дуже високу температуру. Звичайна лінза – це приклад концентратора, але у колекторах-концентраторах застосовують дзеркала. У цих пристроях фокусують проміні сонця у одній точці завдяки параболічному дзеркалу. У фокусі температура складає декілька сотень градусів. Теплоносій, який нагрівають таким чином, використовують для отримання пару для парової турбіни, яка вже і виробляє енергію.[1].

1.2.2. Плоский сонячний колектор

Плоский сонячний колектор – це найпоширеніший тип сонячних колекторів, які використовують для опалення та для нагрівання води. Колектор складається з теплоізольованої панелі зі скла, в середині якої розташована пластина абсорберу. Поглинаюча пластина (абсорбер) робиться із металу, який добре проводить тепло. Найчастіше для цього використовують

алюміній або мідь. Окрім цього, пластина, яка поглинає, вкривається спеціальним високоселективним шаром, для того щоб краще втримувати сонячне світло. Це покриття роблять із тонкого шару аморфного напівпровідника, який нанесено на металеву основу, і що має високий поглинаючий характер у видимої чистині спектру та низьким коефіцієнтом випромінювання у інфрачервоній зоні.

Втрати тепла знижуються завдяки тому, що зазвичай стоїть спеціальне матове скло. Таке скло пропускає тільки світло, та виготовлено воно з низькою кількістю заліза. У зниженні теплових втрат також грає свою роль те, що дно та бокові стінки колектору теплоізольовані.

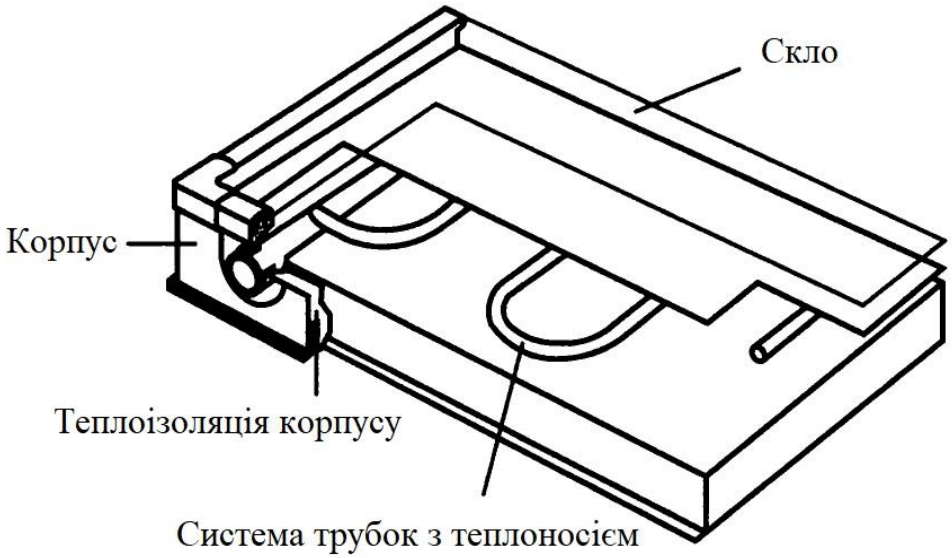


Рис. 1.1.- Плоский сонячний колектор

Принцип дії. Сонячне світло, проходячи через скло, попадає на абсорбер, який нагрівається та перетворює сонячне випромінювання у теплову енергію. Потім ця енергія йде до теплоносія (вода або інший теплоносій), який циркулює у сонячному колектору. Теплоносій нагрівається та потім через

теплообмінний апарат віддає теплову енергію до водонагрівача, де вода і знаходиться доки її не застосують.

1.2.3. Прямоточний вакуумований сонячний колектор

Мідний поглинач с геліотітановим покриттям вбудовано у кожну вакуумовану трубку прямоточного вакуумованого колектору, що гарантує високий рівень поглинання сонячного випромінювання та малу емісію випромінювання тепла. Теплові втрати, завдяки вакуумній середі, майже повністю відсутні. Поглинач має коаксіальний трубчатий прямоточний теплообмінник, який виходить до колектору. Теплоносій, теча через нього, бере тепло від поглинача.

Безпосередня передача тепла воді є перевагою цього типу колекторів, бо це дозволяю скоротити теплові втрати. Завдяки тому, що коефіцієнт втрат дуже низький у вакуумному колекторі, тепловий носій можна нагріти до 120-160 ℃.



Рис.1.2.- Прямоточний вакуумний трубчатий сонячний колектор

Принцип дії. Через вакуумну трубку зі стекла проходить сонячна радіація, попадає на поглинач і потім перетворюється на теплову енергію. Далі рідина, яка тече по коаксіальному трубчатому прямоточному теплообміннику, отримує тепло. Усі трубки сполученні з накопичувальним баком («колектором») за допомогою системи з двох мідних труб. По однієї тече холодна вода із накопичувального баку до вакуумних трубок для нагріву, а по другій – нагріта вода в бак-накопичувач.[1].

1.2.4. Вакуумований трубчатий сонячний колектор з тепловою трубкою

Конструкція вакуумованого трубчатого сонячного колектору з тепловою трубкою у деяких місцях нагадую конструкцію термосу, а саме: одна трубка у іншій та між ними вакуум. Вакуум – це чудовий теплоізолятор, та й ще він не змінює випромінювання нагрітого тіла, вакуум не дає відбутися конвекційній передачі тепла. Скло трубки зупиняє інфрачервоне випромінювання. Мідна пластина з геліотітановим покриттям є у кожній вакуумній трубці, що гарантує високий рівень поглинання сонячної енергії та малу теплову емісію. Теплова труба встановлена під поглиначем.

Завдяки гнучкому з’єднувальному елементу теплова труба підключена до конденсатора, який розташовано у теплообмінному апараті типу «труба в трубі». З’єднання «сухе», тому можна замінювати або перевертати трубки навіть при заповненій установці, яка вже під тиском.

Найбільшою перевагою вакуумованого колектору з тепловою є те, що він може працювати навіть при температурах до -30 ℃, якщо стоять трубки зі скла, або до -45 ℃, якщо трубки металеві.

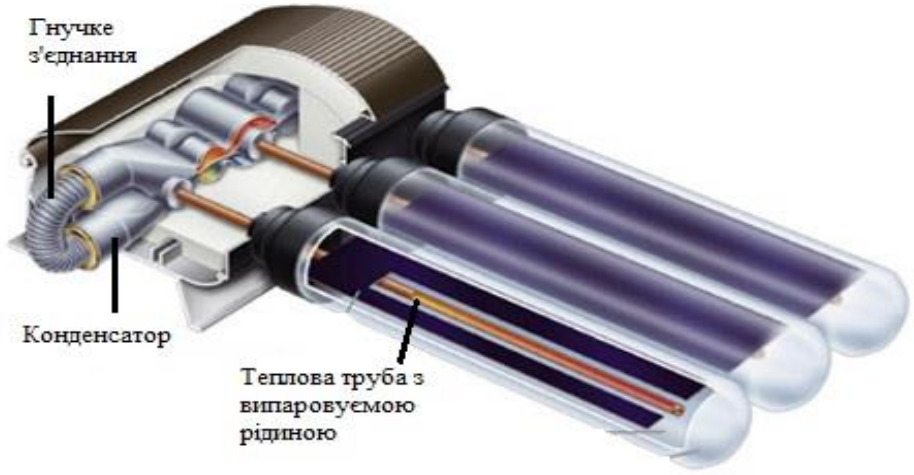


Рис.1.3.- Вакуумний трубчатий сонячний колектор із тепловою трубкою

Принцип дії. Теплова трубка – це ключовий елемент даного колектору. Це закрита мідна або скляна трубка, яка містить невелику кількість рідини яка легко кипить. Рідина випаровується та поглинає тепло вакуумної трубки. Далі пари конденсуються та передають тепло до теплоносія основного контуру водоспоживання або незамерзаючій рідині контуру опалення. Потім конденсат тече вниз і цикл повторюється.

Сонячний колектор має мідний приймач з теплоізоляцією. Через мідну голівку приймача проходить передача тепла, та завдяки цьому контур опалювання відділено від трубок і якщо с однією трубкою щось сталось, колектор продовжує працювати. Якщо треба, то окремі трубки можна замінити, процес заміни на роботу колектору не вплине.

1.3.Аналіз існуючих геліосистем

1.3.1. Основні призначення та задачі геліосистем

Геліосистеми встановлюють для рішення конкретних задач, а саме:

а) система, як джерело невичерпної альтернативної енергії, яка ще й є екологічно чистою

b) забезпечення гарячою водою
c) часткове або повне забезпечення об’єкту системою опалення (для того щоб зменшити або зовсім прибрати витрати традиційного джерела енергії для опалення)
d) зниження фінансових затрат у наслідок зменшення використання традиційних джерел енергії

Основними елементами найбільш поширеної системи є колектор, система керування з насосами та бак-акумулятор. У колекторі сонячну енергію збирає мідна пластина, під якою знаходяться мідні труби через які тече колекторна рідина. Ця рідина переносить тепло, в той час як система керування з насосом створює циркуляцію цієї колекторної рідини всередині системи. Бак-акумулятор, який ізольовано, використовується для того щоб передати тепло від рідини до води. Тобто, гаряча вода може бути в оселі у будь яку добу. [1].

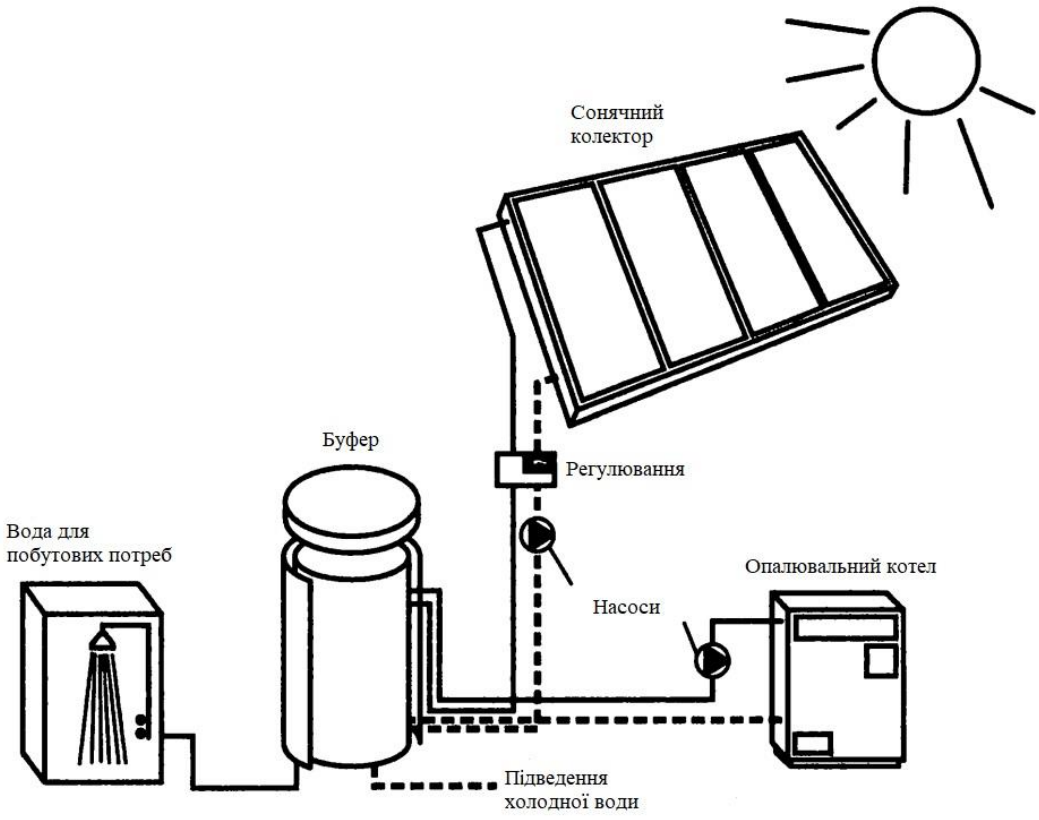


Рис.1.3.- Схема геліоустановки

Не слід забувати про те, що підтримуюча конструкція теж є однією з найважливіших елементів для сонячних колекторів. Завдяки неї можна встановити правильний кут нахилу та необхідну жорсткість конструкції.[1].

Така конструкція дає змогу сонячним колекторам витримувати різні несприятливі впливи зовнішньої середи (пориви вітру, град).

1.3.2. Класифікація геліосистем

Геліосистеми бувають двох типів: активні та пасивні. Назви кожного із типів залежать від способу циркуляції нагріваємої рідини та, також, мають два варіанти виконання: прямий та непрямий (це залежить чи є теплоносій, чи він відсутній).

1.3.2.1. Активні та пасивні геліосистеми.

В активних геліосистемах використовують електричний насос для циркуляції рідини через колектор, а контролер та клапани є додатковим обладнанням. У випадку, якщо треба підвищити інтенсивність подачі гарячої води, використовують насос. У інших випадках достатньо природньої конвекції. Активні геліосистеми мають свої переваги та недоліки.

Переваги активних геліосистем:

a) велика продуктивність за рахунок того, що рідина циркулює активно
b) бак не потребує чіткого місця розташування, тому такі системи легше модифікувати, у порівнянні з пасивними

Недоліки активних геліосистем:

a) велика вартість та великі витрати при використанні та обслуговуванні
b) для роботи циркуляційного насосу потрібна електроенергія
c) більш чутливі до експлуатації, ніж пасивні

В пасивних геліосистемах –циркуляція рідини реалізовується за рахунок конвективних потоків, в основі цього лежить явище під назвою природня конвекція – тепле повітря намагається потрапити вверх. Коли вода

нагрівається, її об’єм збільшується, питома маса та щільність знижуються – вода становиться легше та піднімається у верхню частину баку за допомогою потоків. У цей час, холодна вода тече до колектору де після нагріється, таким чином циркулює вода в системі. Такий самий принцип у циркуляції води у природі, коли волога випаровується у верхні слої атмосфери, а потім охолоджується и випадає у вигляді дощу.

Переваги пасивних систем:

a) дешевше коштують та мають менші витрати при використовуванні, у порівнянні з активними системами
b) незалежність від електричної енергії, яка потрібна для роботи циркуляційного насосу і контролеру у активній системі
c) надійність, легкість у експлуатації, довговічність

Недоліки пасивних систем:

a) менш ефективні за рахунок пасивної течії рідини
b) бак має бути чітко розміщено вище колектору та він має бути безпосередньо підключен до нього

1.3.2.2. Прямі та непрямі системи

У прямих системах циркулю вода, яка безпосередньо використовується для опалення, тобто відкритий контур. У закритих системах закритий контур, тобто в системі циркулює теплообмінник, який потім нагріває воду, яка використовується для водопостачання.

Переваги прямих систем:

- у порівнянні з активними непрямими системами, більш дешеві та легкі у використанні

Недоліки прямих систем:

- ефективні лише у теплих регіонах
- ефективні лише у теплий період року
- потрібна спеціальна вода (жорсткість, хімічний склад)

- при температурах близько -25 ℃ можуть вийти з ладу

Переваги непрямих систем:

a) менше залежать від жорсткості та хімічного складу води
b) якщо використовувати антифриз як теплоносій, то система не буде пошкоджуватись при низьких температурах
c) менш сприятливі до сезонних змін

Недоліки непрямих систем:

a) Вартість системи дуже висока, дуже висока ціна на обслуговування

1.3.3. Комплектація геліосистем

Вакуумний колектор, центр керування та накопичувальний резервуар – три головних елемента геліоустановки.

Вакуумний колектор – це набір вакуумних труб, які перетворюють сонячну радіацію у теплову енергію. У такому комплексі виконується передача отриманого тепла через теплоносій у накопичувальний бак. У вакуумному колекторі паралельно розташовано 10-30 вакуумних труб. Звичайно одного чи двох колекторів хватає для задоволення побутових потреб. Вакуумні трубки ловлять випромінювання, отримане тепло передають до води, яка використовуються у побуті, або передають до теплоносія, який використовують для опалення чи гарячої води.[1].

Накопичувальний резервуар – бак, де накопичується вода, отримана завдяки вакуумним колекторам. Бак-накопичувач зроблено з двома внутрішніми теплообмінними спіралями. Функції накопичувального резервуару:

a) накопичування гарячої води
b) зберігання отриманого тепла
c) додатковий нагрів води, якщо треба

Центр управління – система автоматичного контролю функціонування вакуумного колектору та бака-акумулятора. До центру управління входить контролер, різні датчики та насос.

Завдяки центру управління можна автоматизувати процес або налагодити найбільш ефективний режим праці у залежності від потреб. Це можна реалізувати завдяки мікроконтролеру з наступними можливостями:

a) індикатор температури колектору, резервуару та теплоносія
b) вибір параметрів для включення та вимкнення системи опалення та додаткового підігріву
c) обирання температури для активації циркуляції теплоносія
d) вибір температури для режиму антизамерзання
e) індикатор ушкодження для датчиків

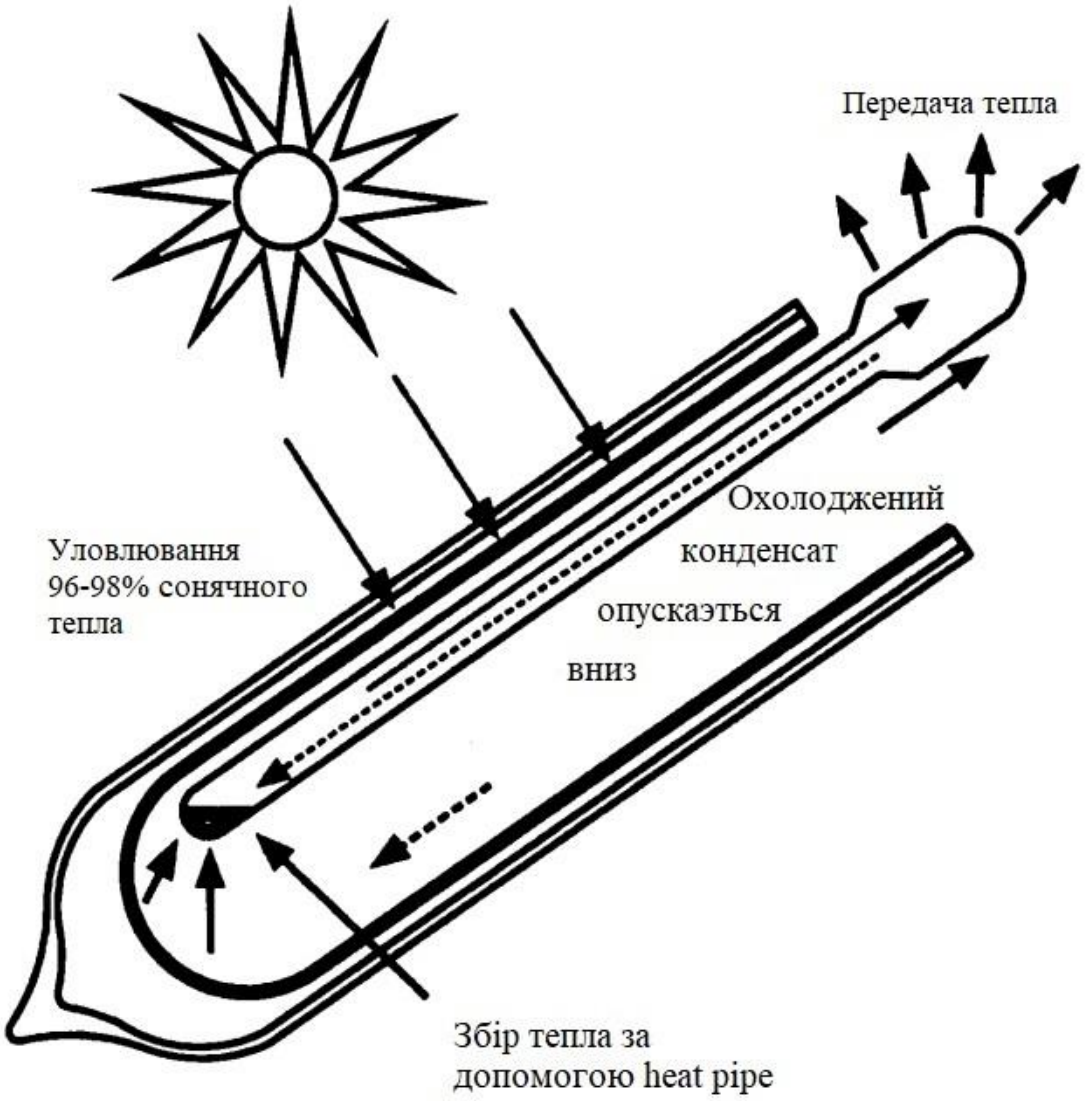


Рис.1.4.- Принцип дії вакуумного сонячного колектору

Принцип дії сонячного вакуумного колектору зображено на рисунку. В основі лежить чотири основних процеси:

a) теплообмін
b) консервація тепла, що отримується
c) отримання сонячної радіації
d) автоматизований контроль над системою

Сонячне випромінювання проходить через зону вакууму та потрапляє на спеціальну поверхню, котра посилює хвилі із найбільшою енергією (у першу

чергу інфрачервоний спектр). Далі йде розігрів вакуумного колектору, та в залежності від типу вакуумних трубок енергія передається:

a) теплоносію (вода/антифриз)
b) воді
c) металевій пластині

У першому випадку тепло безпосередньо передається для нагріву до води, у другому та третьому для передачі використовують якийсь теплоносій чи теплопередавач. Після цього, тепловий передавач або теплоносій роблять контакт із мідною трубою, що характеризується підвищеним коефіцієнтом теплообміну.

Процес теплообміну проходить через мідну трубку, але у найбільш простих системах мідні труби відсутні. У найбільш простих системах процес теплообміну відбувається між водою та теплоносієм.

Для зберігання тепла використовують баки-акумулятори, які ізольовані і довго можуть підтримувати температуру в середині бака. Якщо треба підвищити ефективність, то у колектор встановлюють систему автоматичного керування. Завдяки цієї системі можна контролювати роботу усієї системи, наприклад автоматично вимикати у не сприятливих умовах, визначати канали по яким подають тепло.

2. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС БУДИНКУ

2.1. Опис об’єкту

Для роботи було обрано наступний об’єкт: приватний дуплекс у Київській області.

Об’єкт розташовано у місті Ірпінь, Київська область, Україна. Ця територія належить до північно-західного кліматичного району України, середня температура за рік складає 8 градусів Цельсію. Географічні координати об’єкту: 50°32'19.6" північної широти та 30°16'06.3" східної довготи.

Розташування відносно території України зображено на рисунках 2.1-2.3.На рисунку 2.4 зображено сам об’єкт. У регіоні геотермальні джерела відсутні. Основним джерелом тепла у будинку є газовий котел.

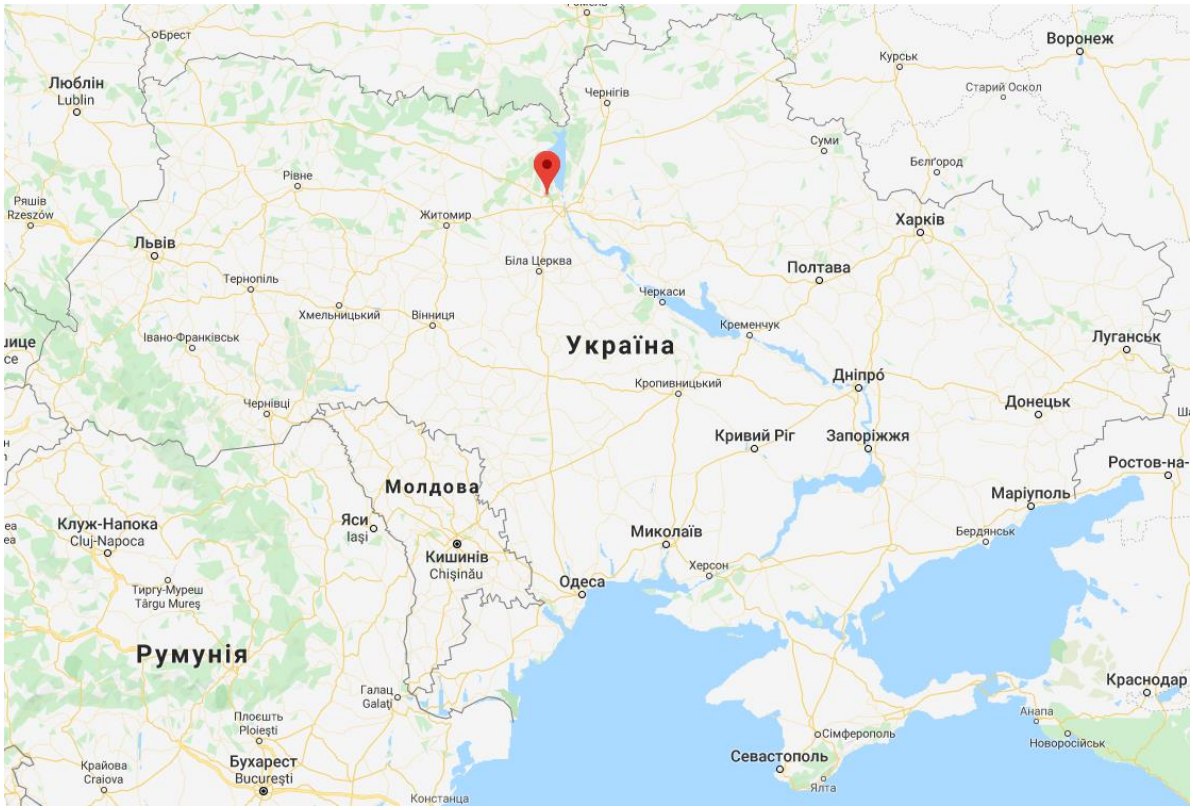


Рис. 2.1. – Положення об’єкту на території України.

У ході розрахунків будемо брати табличні норми для міста Київ, через невелику відстань між Києвом та Ірпенем (Рис.2.2).

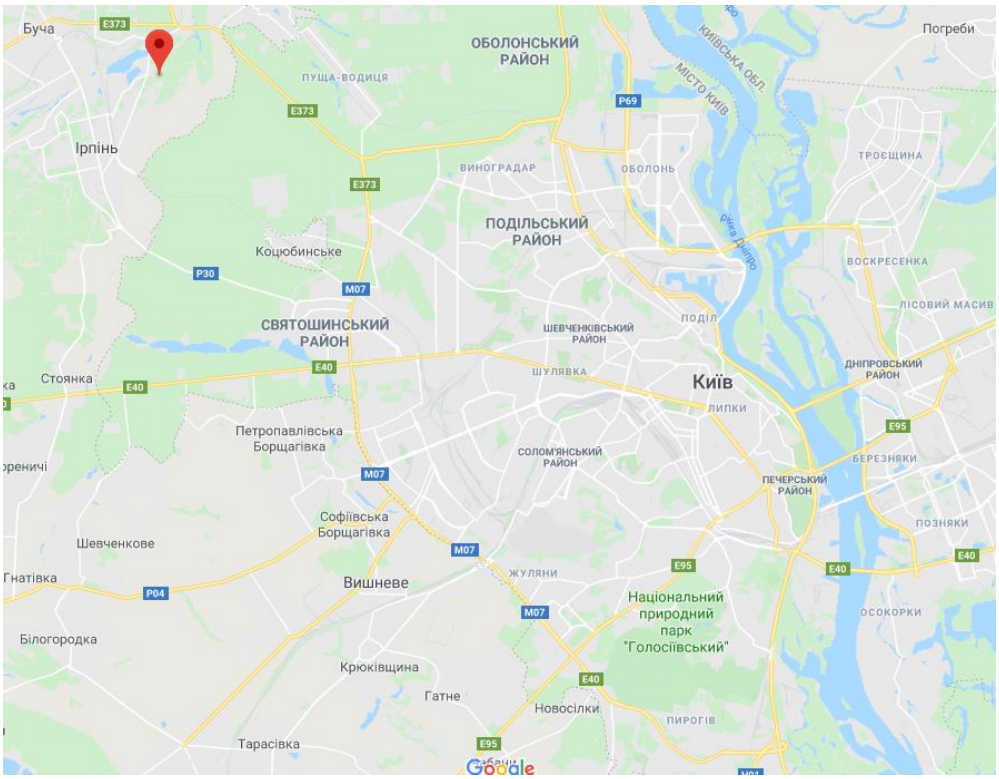


Рис. 2.2.-Розташування об’єкту відносно Києва

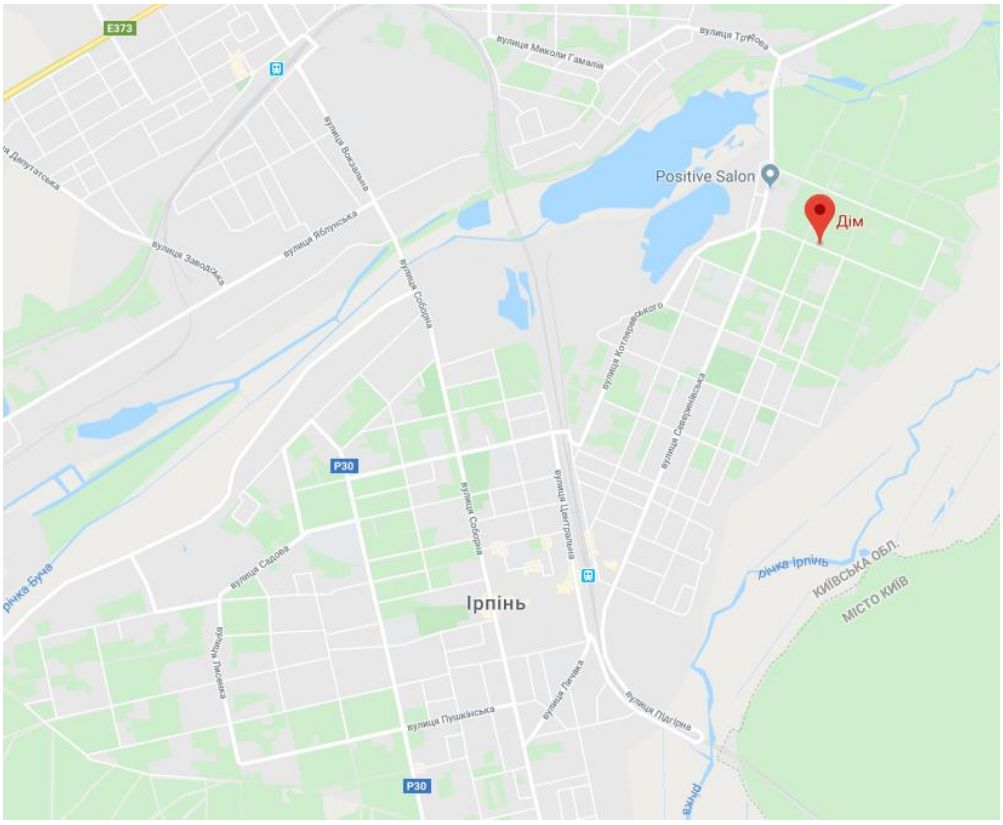


Рис. 2.3. - Розташування об’єкту відносно території Ірпеня.

На даху приватного будинку вже встановлено монокристалічні сонячні панелі і ми будемо це враховувати коли будемо обирати кількість колекторів. Як виглядає об’єкт видно на рисунку 2.4



Рис.2.4.-Приватний дім, для якого проводимо розрахунки

2.2. Тепловий баланс об’єкту

Для того, щоб розуміти скільки потрібно сонячних колекторів для задоволення потреб будівлі потрібно знати скільки тепла потрібно для того, щоб у оселі була температура, яка є нормальною. Для цього треба скласти тепловий баланс будівлі та розрахувати скільки тепла втрачається на нагрівання повітря всередині об’єкту, скільки тепла втрачається через зовнішні огороджувальні конструкції.

Метою цих розрахунків є пошук місць у оселі через які втрачається найбільша кількість тепла, перевірка чи задовільнять фактичні умови нормативним та винесення рекомендацій щодо покращення енергоефективності оселі на основі розрахункових даних.

Перед тим як розрахувати середньорічні теплові втрати через огороджувальні конструкції, треба знати фактичний опір теплопередачі стін, вікон, стелі та підлоги.

Враховуючі особливості клімату у регіоні, де розташовано об’єкт, та беручи до уваги характеристики конструкцій, я провів розрахунок фактичного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій, порівняв їх із нормативними та прийшов до висновку, що вони відповідають нормативним показникам.

По-перше треба розрахувати теплові втрати через зовнішні стіни, для цього треба знати фактичний опір теплопередачі.

Таблиця 2.1.

Характеристики конструкції зовнішньої стіни[14]

Товщина штукатурки	$\delta_{шт}$	0,015 м
Товщина стіни	$\delta_{ст}$	0,37 м
Товщина ізоляції	$\delta_{із}$	0,1м
Коефіцієнт теплопровідності стіни	$\lambda_{ст}$	$0,7$ Вт / м℃
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{шт}$	$0,7$ Вт / м℃
Коефіцієнт теплопровідності ізоляції	$\lambda_{із}$	$0,044$ Вт / м℃
Зовнішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{нар}$	23 Вт / м^2℃
Внутрішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{вн}$	$8,7\ Вт/м^2\ °C$

Середня температура за рік складає 8 градусів Цельсія.

Розрахуємо фактичний опір теплопередачі зовнішньої стіни[11, 13]:

$$R_{ст} = \frac{1}{\alpha_{зовн}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \qquad (2.1)$$

$$R_{ст} = \frac{1}{8,7\frac{Вт}{м^2°C}} + \frac{0,015м}{0,7\frac{Вт}{м°C}} + \frac{0,1м}{0,044\frac{Вт}{м°C}} + \frac{0,32м}{0,7\frac{Вт}{м°C}} + \frac{0,015м}{0,7\frac{Вт}{м°C}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2°C}} = 2,93 \quad (2.2)$$

Розрахуємо фактичний опір теплопередачі стелі:

Таблиця 2.2.

Характеристики конструкції стелі[14]

Товщина штукатурки	$\delta_{шт}$	0,015 м
Товщина дерева1	$\delta_{дерева1}$	$0,1м$
Товщина ізоляції	$\delta_{із}$	$0,2м$
Товщина дерева2	$\delta_{дерева2}$	$0,05м$
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{шт}$	$0,7\ Вт/м°C$
Коефіцієнт теплопровідності дерева	$\lambda_{дерева}$	$0,1\frac{Вт}{м°C}$
Коефіцієнт теплопровідності ізоляції	$\lambda_{із}$	$0,1\frac{Вт}{м°C}$

Зовнішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{нар}}$	$23\ \text{Вт}/\text{м}^2\text{°C}$
Внутрішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{вн}}$	$8,7\ \text{Вт}/\text{м}^2\text{°C}$

$$R_{\text{стелі}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{\delta_{\text{дерева1}}}{\lambda_{\text{дерева1}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} + \frac{\delta_{\text{дерева2}}}{\lambda_{\text{дерева2}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{зовн}}} \quad (2.3)$$

$$R_{\text{стелі}} = \frac{1}{8,7\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}} + \frac{0,015\text{м}}{0,7\frac{\text{Вт}}{\text{м°C}}} + \frac{0,1\text{м}}{0,1\frac{\text{Вт}}{\text{м°C}}} + \frac{0,2\text{м}}{0,1\frac{\text{Вт}}{\text{м°C}}} + \frac{0,05\text{м}}{0,1\frac{\text{Вт}}{\text{м°C}}} + \frac{1}{23\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{°C}}} = 3,68 \quad (2.4.)$$

Аналогічно розрахуємо для підлоги

$$R_{\text{підлоги}} = 2,8 \quad (2.5)$$

Фактичний опір вікон будемо брати згідно з типом вікон. Вікна на об’єкті прості двухкамерні типу 4М1-10-4М1-10-4М1. Згідно с нормами такі вікна мають фактичний опір теплопередачі:

$$R_{\text{вікон}} = 0,47 \tag{2.6}$$

Знаючи фактичний опір теплопередачі ми можемо розрахувати яку кількість тепла втрачаємо через огороджувальні конструкції. Теплові втрати через кожну огороджуючу конструкцію розраховуються окремо.

Розрахуємо теплові втрати за формулою[17]:

$$Q = \frac{1}{R} \cdot S \cdot \left(t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}\right) \cdot n \cdot 10^{-3} \tag{2.7}$$

Теплові втрати через стелю:

$$Q_{\text{стелі}} = \frac{1}{3,68} \cdot 69,4 \cdot \left(20 - 8\right) \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} = 0,158\text{кВт} \tag{2.8}$$

Теплові страти через підлогу, враховуючи те що середньорічна температура ґрунту становить 8,5 ℃:

$$Q_{\text{підлоги}} = \frac{1}{2,8} \cdot 69,4 \cdot \left(20 - 8,5\right) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,285\text{кВт} \tag{2.9}$$

Теплові втрати через вікна:

$$Q_{\text{вікон}} = \frac{1}{0,47} \cdot 37,78 \cdot (20-8) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,965\text{кВт} \qquad (2.10)$$

Теплові втрати через стіни:

$$Q_{\text{стін}} = \frac{1}{3} \cdot (51,4+52,63) \cdot (20-8) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,416\text{кВт} \qquad (2.11)$$

Не треба забувати про те, що рівняння теплового балансу складається не лише з витратами через огороджувальні конструкції, а ще й з втрат на нагрівання повітря.

Витрати на нагрівання повітря[17]:

$$Q_{\text{витрати}} = 0,337 \cdot V_{\text{повітря}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot 10^{-3} \qquad (2.12)$$

$$Q_{\text{витрати}} = 0,337 \cdot 416,4 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 1,684 \text{ кВт} \qquad (2.13)$$

Усі витрати при $t_{\text{зовн}} = 8℃$:

$$Q = Q_{\text{стелі}} + Q_{\text{підлоги}} + Q_{\text{вікон}} + Q_{\text{стін}} + Q_{\text{витрати}} \qquad (2.14)$$

$$Q = 0,158\text{кВт} + 0,285\text{кВт} + 0,416\text{кВт} + \\ +0,965\text{кВт} + 1,684\ \text{кВт} = 3,51\text{кВт} \quad (2.15)$$

2.2.1. **Рекомендації по зниженню теплових втрат**

Опираючись на розрахунки можна проаналізувати шляхи які допоможуть знизити теплові втрати оселі. Очевидно, що найбільша доля теплових втрат випадає на вікна. На об’єкті встановлено двокамерні вікна типу 4М1-10-4М1-10-4М1, що мають фактичний опір передачі лише 0,47. Для того, щоб знизити теплові втрати можна, наприклад, замінити діючі вікна на двокамерні типу 4М1-Ar10-4М1-Ar10-И4, які мають фактичний опір теплопередачі 0,71. Ось як це допоможе знизити витрати:

$$Q_{\text{вікон}} = \frac{1}{0,71} \cdot 37,78 \cdot (20-8) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0,638\text{кВт} \quad (2.16)$$

тобто втрати зменшяться на $0,327\text{кВт}$

Стіни, стеля та підлога енергоефективні, бо мають шар ізоляції та виконують нормативні вимоги і не потребують заміни чи модифікації.

На жаль, зменшити витрати на нагрівання повітря не вдасться, тому що це залежить від об’єму повітря, яке треба розігріти.

Отримані дані щодо теплових втрат будівлі можна проаналізувати та зробити висновки та дати деякі рекомендації по збільшенню ефективності об’єкту.

Для зменшення теплових трат оселі можна встановити більш ефективні вікна. Одним із рішень може стати вибір вікон із склопакетів, які мають підігрів. Для застосування підігріву на поверхню скла наносять тонкий шар низькоемесійної плівки, яка є невидимою, тому зовні таке вікно виглядає як звичайне.[18].

Через те, що шар з нагріваючим елементом розташовано у середині склопакету, він є безпечним, бо випадково його не торкнутись. Такий склопакет треба підключати до електричної мережі.

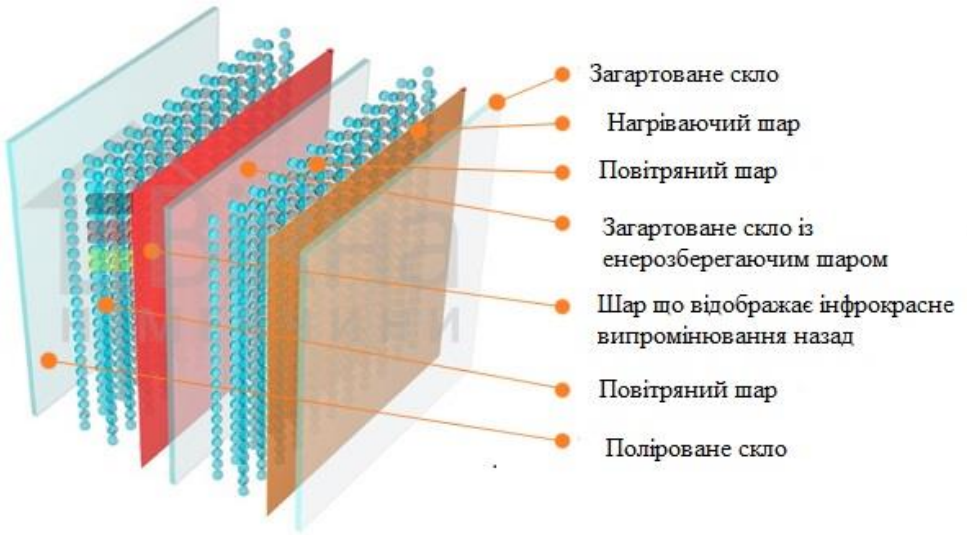


Рис. 2.5.-Схема склопакету із підігрівом

Такі склопакети мають датчик, який контролює інтенсивність, яка залежить від зовнішньої. Тобто, чим нижче температура на вулиці, тим більша інтенсивність нагріву від скла.

Такі вікна мають свої переваги:

1) Вікна з підігрівом можуть бути не тільки додатковим джерелом тепла, вони можуть бути основним джерелом опалення, якщо підвищити потужність обігріву.
2) На склі с підігрівом не утворюється заледеніння

3) Можуть працювати як сигналізація, бо вікно підключено до електромережі та розрив покриття яке проводить струм може сигналізувати до пульту охорони.

4) Скло швидко набуває необхідної температури

та недоліки:

1) Найбільший недолік таких вікон це їхня висока вартість.[18].

Висновок:

Оскільки у огороджувальних конструкціях вже встановлено шар ізоляції, об’єм повітря, яке треба нагрівати, зменшити не є можливим, то єдиним пунктом у теплових втратах, з яким щось можна зробити для зменшення сумарних втрат, є вікна. Дуже привабливим з енергетичної точки зору є варіант з вікнами які мають шар з підігрівом, бо такі вікна не лише мінімізують теплові втрати через вікна, а й самі можуть бути джерелом теплової енергії у оселі, але цей варіант не підходить для обраного приватного будинку через те, що такі вікна мають дуже високу вартість, та окрім цього в обраному будинку дуже багато вікон та площі, яку треба обігріти, тому дане джерело теплової енергії не є вигідним з точки зору використаних грошей та отриманого результату за ці гроші. Єдиним варіантом у даній ситуації можу бути лише розглядання вікон з вищим фактичним опором теплопередачі, ніж ті, які стоять зараз, наприклад, вікна зі спеціальними шарами, які наносять на поверхню скла, або взагалі залишити вікна без змін, що й було зроблено.

3. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1. Розрахунок необхідної площини колектору

В умовах коли традиційні джерела енергії стають дорожчими, використання альтернативних джерел, а саме сонячної енергії, стає одним з найперспективніших напрямків розвитку. У побуті в Україні сонячні колектори все частіше встановлюють для гарячого водопостачання та для опалення. Тому, ставиться питання на скільки це буде ефективно?

Згідно із проведеними у попередньому розділі розрахунками, теплові втрати через огороджувальні конструкції, стелю, дах задовільнять нормі. Єдина проблемна зона, яку можна покращити це вікна. Опираючись на ці факти, можна обрати систему опалювання типу водяна тепла підлога.

У геліосистемі будемо використовувати вакуумні сонячні колектори. Таке рішення було прийняте через те що у холодну, похмуру та хмарну погоду вакуумні сонячні колектори працюють краще ніж плоскі сонячні колектори. Цей параметр дуже важливий, бо завдяки сонячним колекторам ми плануємо нагрівати воду для водяної теплої підлоги.

Виходячи з усіх характеристик сонячних панелей було обрано сонячний колектор вакуумного типу, через те що основна мета, з якою встановлюють сонячний колектор, це нагрівання води для системи опалення та гарячого водопостачання. У зиму, восени та весною вакуумний сонячний колектор виробляє більше енергії, ніж плоский сонячний колектор. Крім того, вакуумний колектор може працювати навіть якщо на вулиці -30 градусів Цельсію. Цей параметр дуже важливий, бо температура у найхолодніший п’ятиденок становить у Київській області знаходиться у межах від -22 градусів

Цельсію до -25 градусів Цельсію. Найхолодніша доба складає -29 градусів Цельсію, тобто за діапазоном температур, при яких може працювати колектор, сонячний колектор вакуумного типу підходить дуже вдало для заданої кліматичної зони.

Серед вакуумних колекторів було обрано вакуумний колектор моделі СВК-А. Цей вакуумний колектор є найбільш популярним серед усіх моделей вакуумних колекторів фірми Atmosfera.[20]. Згідно з описом цього колектору, він має стійку працездатність навіть у похмуру погоду. Є моделі на 20 або 30 вакуумних трубок, але ми будемо обирати модель із 30 трубками.

У додатку Б приведено технічні характеристики сонячного колектору СВК-А.

Оскільки для опалення ми будемо обирати систему опалювання «тепла підлога», для цього нам треба знати скільки метрів труби треба розташувати для опалення, щоб розрахувати кількість води, яка буде циркулювати у системі. Цю систему ми обираємо завдяки тому, що для опалення ця система потребує температуру води 60 градусів Цельсію, у той час як для стандартної системи з радіаторами необхідна температура води становить 90 градусів Цельсію. Мною були проведенні оціночні розрахунки, щоб визначити скільки потрібно сонячних колекторів для задоволення потреб у гарячій воді та у опаленні та дізнатись чи можуть вони повністю замінити традиційне джерело енергії, яким є газовий котел.

По-перше, треба визначити скільки води потрібно нагрівати для системи опалення та гарячого водопостачання.

Для того щоб дізнатися скільки гарячої води споживають мешканці за день були використані дані квитанцій за гарячу воду отримані протягом року:

Таблиця 3.1.

Споживання води за місяць

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Середнє
Кількість, $м^3$	11	12	14	15	15	16	15	14	16	16	12	13	14,08

Отже, в середньому за день використовується 0,47 кубометри води, тобто 470 літрів.

Для того, щоб знати скільки треба води для опалювальної системи треба розрахувати розміри теплої підлоги, а саме знати довжину труб у системі опалення та їхній діаметр.

Було прийняте рішення теплу підлогу робити тільки в жилих кімнатах, отже на першому поверсі теплу підлогу буде розміщено у залі та у кімнаті. Площа залу становить 39,3 квадратних метра, а площа кімнати – 10,4 квадратних метра. Труби у системі зроблені з металопластику та мають діаметр 20мм. Максимальна рекомендована довжина для одного контуру теплої підлоги становить 120 метрів, через те що у трубі знижується тиск, та довгі контури втрачають ефективність, бо у кінці контуру вода буде вже холодна. Отже, виходячи с того, що максимальна рекомендована довжина контуру складає 120 метрів, а оптимальна – 100 метрів, приходимо до висновку, що треба у залі робити щонайменше три контури, щоб система опалення не втрачала ефективність.

Площу залу було розбито на три частини: 15 , 15 та 9,3 квадратних метри.

Далі розрахуємо скільки метрів труби потрібно для того, щоб зробити систему опалення «тепла підлога». Для цього скористуємось наступною формулою[19]:

$$L=\left(\frac{S}{n}\right)\cdot 1,1+(L_0\cdot 2) \tag{3.1}$$

де S – це площа підлоги під яку будуть встановлювати труби для опалення,

n – це крок укладання петель

L_0 – довжина трубки від нагрівача до контуру

1,1 – коефіцієнт запасу

Розрахуємо необхідну довжину труб для першого контуру опалення системи водяної теплої підлоги:

$$L_1=\left(\frac{15}{0,2}\right)\cdot 1,1+(5\cdot 2)=92,5\text{м} \tag{3.2}$$

Далі розрахуємо необхідну довжину труб для другого контуру опалення системи водяної теплої підлоги:

$$L_2=L_1=\left(\frac{15}{0,2}\right)\cdot 1,1+(5\cdot 2)=92,5\text{м} \tag{3.3}$$

Потім розрахуємо необхідну довжину труб для третього контуру опалення системи водяної теплої підлоги:

$$L_3 = \left(\frac{9,3}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (5 \cdot 2) = 61,5 \text{м} \quad (3.4)$$

Далі розрахуємо для окремої кімнати на першому поверху:

$$L_к = \left(\frac{10}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (5 \cdot 2) = 65 \text{м} \quad (3.5)$$

Також треба розрахувати кількість труб для другого поверху, для цього поверхню, під якою буде встановлено систему, треба поділити на чотири частини, щоб було чотири контури опалення:

Розрахуємо довжину труб у першому контурі опалення на другому поверху за формулою:

$$L_1 = \left(\frac{9,8}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (6 \cdot 2) = 65,9 \text{м} \quad (3.6)$$

Так само у другому контурі опалення:

$$L_2 = \left(\frac{14,3}{0,2} \right) \cdot 1,1 + (5 \cdot 2) = 88,65 \text{м} \quad (3.7)$$

Довжина труб у третьому контурі дорівнює довжині труб у другому:

$$L_3 = L_2 = \left(\frac{14,3}{0,2} \right) \cdot 1,1 + (5 \cdot 2) = 88,65 \text{м} \quad (3.8)$$

Четвертий контур опалення:

$$L_4 = \left(\frac{10,8}{0,2} \right) \cdot 1,1 + (5 \cdot 2) = 69,4 \text{м} \quad (3.9)$$

Щоб дізнатися сумарну довжину, треба скласти довжину труб в усіх контурах на першому та на другому поверхах:

$$L = \sum L = 624 \text{м} \quad (3.10)$$

Отже, згідно із розрахунками для системи опалювання «тепла підлога» треба прокласти 624 метри труб діаметром 0,02 метри.

Тип теплої підлоги – водяний, тобто у трубах циркулює вода, яку необхідно нагрівати. Розрахуємо об’єм води, який потрібен для теплої підлоги:

$$V=L\cdot\left(\frac{d}{2}\right)^2\cdot\pi=624\cdot\left(\frac{0,02}{2}\right)^2\cdot 3,14=0,196м^3=196л \quad (3.11)$$

Таким чином, для циклування по системі потрібно 196 літрів води, яку треба нагрівати щоб опалювати будинок.

Розрахуємо скільки в середньому за день в опалювальний період води потрібно для забезпечення потреб у опаленні завдяки теплої підлозі та потреб у гарячій воді:

$$V=V_{опалення}+V_{ГВС}=196+470=666л \quad (3.12)$$

Таким чином можемо сказати що для системи гарячого водопостачання та для системи опалення за допомогою теплої підлоги треба нагрівати 666 літрів води на добу.

Розрахуємо скільки треба теплової енергії використати для того, щоб нагріти воду для системи опалення та для гарячої води з крану в день:

$$Q=m\cdot c\cdot \Delta t=m\cdot c\cdot (t_{гар}-t_{хол}) \quad (3.13)$$

$$Q=666кг\cdot 4200\frac{Дж}{кг°C}\cdot (60-10)°C=139,86МДж \quad (3.14)$$

Переведемо у кВт за годину

$$Q=\frac{139,86МДж}{3,6МДж}=38,85кВт\cdot год \quad (3.15)$$

Мета, з якою будуть встановлюватись ці колектори наступна – зменшити витрати на опалювання та нагрів води для користування, отже треба розуміти, що колектори будуть заміщувати основну систему лише частково. Зимою тепло отримане з колекторів буде витрачатись у першу чергу на теплу підлогу. Таке рішення було прийняте через те, що колектори можуть розігрівати воду до 60 градусів Цельсію, що задовольняє потребам теплої підлоги, щоб повітря опалювалось і циркулювало у приміщенні. Для того, щоб розрахувати систему для гарячого водопостачання необхідно знати початкові дані та дані про колектор, який встановлюємо. Для обраного об’єкту данні наведенні у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Початкові данні розрахунків

Кількість людей		4
Споживання води		70 л/день
Коефіцієнт запасу		1.5
Температура	вхідна	10
	вихідна	60
Географічне розташування	широта	50°32'19.6"
	довгота	30°16'06.3"
Сезонність установки		Протягом усього року
Параметри сонячного колектору		
Кількість вакуумних трубок		30
Площа апертури трубки		0,08646 м
ККД		0,69

3.1.1. Хід розрахунків

I. Знайдемо розмір бака-акумулятора для гарячої води.

У домі мешкає 4 людини. Будемо розраховувати с озиранням на те, що кожній людині у домі вистачить 70л води на день.

Об’єм баку знаходиться по наступній формулі:

$$V=1,5\cdot 70\cdot 4=420л \tag{3.16}$$

II. Знайдемо скільки енергії потрібно витратити для того, щоб нагріти усю воду яка знаходиться у баку до 60 градусів Цельсію. Для цього треба використати наступну формулу:

$$Q=m\cdot c\cdot \Delta t=m\cdot c\cdot (t_{гар}-t_{хол}) \tag{3.17}$$

$$Q=400кг\cdot 4200\frac{Дж}{кг°C}\cdot (60-10)°C=84МДж \tag{3.18}$$

Переведемо МДж у кВт*год :

$$Q=\frac{84МДж}{3,6МДж}=23,3кВт\cdot год \tag{3.19}$$

III. Необхідно дізнатись скільки сонячної енергії поступає до сонячного колектору за добу.

Для цього скористуємось даними про середні значення опромінення горизонтальної поверхні у містах України[9], які наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Середнє за добу опромінення сонцем горизонтальної поверхні

Населений пункт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Середнє за рік
Донецьк	1,25	2,04	2,93	4,11	5,57	5,72	5,83	5,18	3,82	3,35	1,26	0,99	3,42
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,098
Львів	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,9883
Севастополь	1,21	2,04	3,21	4,84	6,29	7,05	7,26	6,26	4,59	2,89	1,53	1,01	4,0150
Черкаси	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,9192

Отже, згідно з даними таблиці добова інсоляція складає E = 3,1 кВт/м2 за день.

IV. Визначимо щоденне опромінення площини, яка знаходиться під нахилом.

Середнє за день надходження сонячного випромінювання на поверхню, яка знаходиться під нахилом, розраховують за наступною формулою[2, 4]:

$$E_{нах} = \rho E \tag{3.20}$$

Середня щоденна інсоляція на поверхню під нахилом розраховується за формулою

$$E_{сер} = \frac{\sum E_{нах}}{12} \tag{3.21}$$

де ρ - коефіцієнт опромінення поверхні, він дорівнює відношенню середньої величини денної радіації на нахилену площу до середньої величини денної радіації яка падає на горизонтальну поверхню, беремо з таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Середньомісячні значення ρ опромінення поверхні під нахилом при південній орієнтації та різних кутах нахилу поверхні[5, 6]

Кут нахилу колектору до горизонту	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Широта місцевості 50 градусів											
35	2,77	2,01	1,57	1,27	1,11	1,05	1,08	1,19	1,42	1,79	2,44	3,12
50	4,06	2,38	1,65	1,24	1,04	0,95	0,98	1,33	1,44	2	3,22	5,17
65	4,46	2,47	1,61	1,16	0,93	0,82	0,87	1,04	1,37	2,02	3,47	5,9
90	4,46	2,26	1,3	0,84	0	0	0	0,72	1,06	1,77	3,36	6,04

Коли ми знаємо середньомісячні значення коефіцієнту опромінення для площі під нахилом ми можемо розрахувати кількість середньомісячного сонячного випромінювання на нахилену поверхню. Результати розрахунків у додатку А.

V. Розрахуємо скільки треба колекторів щоб нагріти воду

Користуючись даними таблиці у додатку А та технічними характеристиками сонячного колектору розрахуємо середню кількість енергії, яку видає одна вакуумна трубка за добу:

$$Q_{тр} = E_{нах} \cdot S_{тр} \cdot \eta \quad (3.22)$$

Де $E_{нах}$ - середнє значення сонячної інсоляції, яке отримує колектор встановленний під нахилом;

$S_{тр}$ -площа апертури однієї вакуумної трубки;

η - оптичний коефіцієнт корисної дії сонячного колектору.

Для розрахунку біло взято три значення інсоляції, а саме:

Середня за рік:

$$Q_{тр} = E_{нах} \cdot S_{тр} \cdot \eta = 4{,}705 \cdot 0{,}08646 \cdot 0{,}69 = 0{,}28\,кВт/м^2 \cdot день \quad (3.23)$$

У місяць з найбільшою кількістю сонячної радіації (Серпень):

$$Q_{тр} = E_{нах} \cdot S_{тр} \cdot \eta = 6{,}21 \cdot 0{,}08646 \cdot 0{,}69 = 0{,}37\,кВт/м^2 \cdot день \quad (3.24)$$

У місяць, коли значення інсоляції найменше (Листопад):

$$Q_{тр} = E_{нах} \cdot S_{тр} \cdot \eta = 3{,}28 \cdot 0{,}08646 \cdot 0{,}69 = 0{,}196\,кВт/м^2 \cdot день \quad (3.25)$$

Розраховувати скільки колекторів потрібно будемо опираючись на місяць у якому найменша кількість отриманої сонячної радіації, на Листопад:

$$n_{тр} = \frac{Q}{Q_{тр}} = \frac{23{,}3}{0{,}196} = 118{,}9 = 120 трубок \quad (3.26)$$

120 трубок це 4 колектори. Тобто щоб забезпечити бак-акумулятор на 400 літрів необхідно щонайменше 4 колектори.

4 колектори замінять 60% витрат води у період, коли необхідно буде опалювати приміщення за допомогою теплого полу та 85% коли опалювання не знадобиться, та уся енергія буде іти на отримання гарячої води для повсякденних потреб, але якщо на моєму даху не вистачить місця для чотирьох колекторів? Необхідно виконати розрахунок та виявити скільки відсотків потреб зможуть покрити два колектори.

Два колектори, бо на даху будівлі вже встановлені сонячні панелі, та місця для чотирьох колекторів може не вистачити.

Розраховувати будемо опираючись на місяць з найменшою інсоляцією – на Листопад. Якщо я можу поставити лише 2 колектори, то вони зможуть виробити наступну кількість енергії:

$$Q=0,196\cdot 60=11,76кВт\cdot год \tag{3.27}$$

Переведемо у Джоулі:

$$Q=11,76кВтгод\cdot 3,6МДж=42336000Дж \tag{3.28}$$

Розрахуємо на нагрів якої кількості води вистачить такого об’єму енергії, яку даси два колектори:

$$m=\frac{Q}{c\Delta t}=\frac{42336000Дж}{4200\frac{Дж}{кг°С}50°С}=201,6кг \tag{3.29}$$

Для такої системи вистачить бак-акумулятор на 200 літрів. Із цього виходить, що при установці лише двох колекторів у холодний період часу уся енергія, яка отримана з сонячних колекторів буде йти на підігрів води для системи опалення, тобто сонячні колектори будуть заміщувати лише 30% від усіх потреб у гарячій воді у опалювальний період. Щодо неопалювального періоду, то у період коли гаряча вода для опалення не потрібна, доля заміщення традиційної енергії енергією отриманою з колекторів буде складати приблизно 42% від усіх затрат на нагрівання води.

Скільки сонячних колекторів потрібно якщо треба повністю забезпечити оселю гарячою водою у опалювальний період?

По-перше, для забезпечення всієї системи гарячого водопостачання та опалення за допомогою теплої підлоги, необхідно встановити бак-акумулятор на 700 літрів. Тому необхідно розрахувати скільки енергії витратиться на нагрівання такого об’єму води:

$$Q=700\text{кг}\cdot 4200\frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}\cdot(60\text{-}10)^\circ\text{C}=147\text{МДж} \tag{3.30}$$

Переведемо МДж у кВт за годину:

$$Q=\frac{147\text{МДж}}{3{,}6\text{Мдж}}=41\text{кВт}\cdot\text{год} \tag{3.31}$$

Та розрахуємо скільки вакуумних трубок необхідно для генерування такої кількості енергії:

$$n_{тр}=\frac{Q}{Q_{тр}}=\frac{41}{0{,}196}=209\text{трубок} \tag{3.32}$$

тобто для забезпечення потреб у опалювальний період на 100% відсотків потрібно 7 вакуумних сонячних колекторів. На мою думку це не є вигідною інвестицією, бо у неопалювальний період, коли нагрівання води для теплої підлоги не потрібно, буде залишок гарячої води. Тобто енергія буде витрачатись безцільно, тому на мою думку для мене найбільш оптимальним варіантом є варіант з установкою двох колекторів.

Аналізуючи данні, які були отримані у ході усіх трьох розрахунків, де було розрахована необхідна кількість колекторів для забезпечення 700 літрів, 500 літрів та 200 літрів води у день, можна робити висновок, що система з баком-акумулятором на 700 літрів та 7 вакуумних сонячних колекторів є неефективною через те, що у неопалювальний період така кількість води не потрібна та буде перевидобуток гарячої води, бо система розрахована на нагрівання 700 літрів, а буде використовуватись лише приблизно 470 літрів. У той же час система на 400 літрів та 4 сонячних вакуумних колектори є досить привабливою, бо у опалювальний період вона буде забезпечувати воду для контурів опалення для теплої підлоги, та й ще покривати 60 % витрат на нагрівання гарячої води, а у неопалювальний період ця цифра може сягати 85%. На жаль на даху будинку може не вистачити місця для чотирьох колекторів на 30 вакуумних трубок, тому також було розраховано систему для двох колекторів і було встановлено що така система може підтримувати лише систему опалювання, або у неопалювальний період заміщати приблизно 42 % потреб у гарячій воді у неопалювальний період.

На мою думку, якщо на даху більш нічого не встановлено, то треба ставити 4 вакуумних колектори на 30 трубок кожний, бо це оптимальний варіант. У випадку, якщо площа на даху обмежена, то встановлювання двох колекторів теж є вдалою ідеєю, через те що у зиму вони будуть працювати на опалення, а у літку частково заміщати традиційний газовий котел, який є основним джерелом теплової енергії у домі.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було зроблено розрахунки, у ході яких було вирішено наступні завдання:

- проведено аналітичний огляд існуючих типів сонячних колекторів та було обрано сонячний колектор вакуумного типу
- було знайдено теплові втрати об’єкту, проведено аналіз цих даних та рекомендації щодо їх зменшення
- була обрана тепла підлога, як система опалення, та розрахована необхідна кількість труб для неї
- розрахована необхідна кількість сонячних колекторів для забезпечення потреб обраного об’єкту у гарячому водопостачанні та опаленні
- зроблені висновки щодо оптимальної кількості колекторів та розміру бака-акумулятора для конкретного приватного будинку, яка складає бак-акумулятор на 200 літрів та 2 вакуумних сонячних колектори. Така система буде забезпечувати гарячою водою систему теплої підлоги у опалювальний період, а у неопалювальний заміщати приблизно 42% потреб у гарячому водопостачанні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Германович В., Турилин А. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. – СПб. : Наука и Техника, 2014. – 95с.

2. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. – М. : Мир, 1977. – 420 с.

3. Сарнацкий Э. В. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения/ Сарнацкий Э. В., Чистович С. А. – М. : Стройиздат, 1990. – с. 144.

4. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М. :Энергоиздат, 1982. – 80 с.

5. ВСН 52-86. Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования. [Электронный ресурс]. СНИПы, нормативы, документация. Информационная система СНИПов.НЕТ. – Режим доступу: http://snipov.net/c_4631_snip_95981.html#i125867 - Нормативные документы на инженерное оборудование зданий и сооружений и внешние сети.

6. Рекомендации. Рекомендации по технико-экономическому обоснованию применения нетрадиционных солнечных и солнечно-теплонасосных систем теплохладоснабжения на гражданских и промышленных объектах [Электронный ресурс]. – СНИПы, нормативы, документация. Информационная система СНИПов.НЕТ.– Режим доступа: http://snipov.net/c_4649_snip_101837.html. - Директивные письма, положения, рекомендации и др.

7. СНиП II-А. 6-72. Строительная климатология и геофизика. Основные положения проектирования. – М.: Стройиздат, 1973

8. СНиП II-34-76. Горячее водоснабжение. Нормы проектирования. – М: Стройиздат, 1976.

9. Средний месячный уровень солнечной радиации в городах Украины. [Электронный ресурс]. – АТМОСФЕРА.UA Технологии природы. – Режим доступа: http://atmosfera.ua/ru/articles/solar-insulation-ukraine/ – Средний показатель солнечной постоянной за последние 22 года (По данным NASA).

10. Пешехонов Н. И. Проектирование теплоснабжения. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. -184с.

11. Алексахін О.О. Приклади й розрахунки з теплопостачання та опалення. [О.О.Алексахін, О.М.Герасимова.- Харків: ХДАМГ, 2002. - 206 с.

12. Будівельна кліматологія: ДСТУ –НБВ.1.1-27:2010: чинний від 01.11.2011. Мінрегіонбуд, Київ. 2011. – 123с

13. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. – Харків: „Вид. САГА”, 2006. – 484 с

14. Теплотехнический справочник Под общ. ред. В.Н.Юренева, П.Д. Лебедева. Т.2. М.: Знергия, 1976. - 896 с.

15. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарські потреби в Україні керівний технічний матеріал 204 України, 244-94, 195. – 636 с.

16. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарські потреби в Україні керівний технічний матеріал 204 України, 244-94, 195. – 636 с.

17. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений – Х.: Рубикон, 2001. – 280 с.

18. Інтернет ресурс: https://okna-germanii.com.ua/stati/steklopakety-s-podogrevom/

19. Інтернет ресурс: https://profimann.com.ua/blog/kak-rasschitat-trubu-na-teplyy-pol/

20. Інтернет ресурс: https://www.atmosfera.ua/ru/

ДОДАТОК А

Середньомісячні щоденні надходження сонячної радіації до нахиленої поверхні для міста Києва

Місяць	Широта місцевості 50 градусів												Середнє за місяць
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кут нахилу колектору до горизонту 50	4,06	2,38	1,65	1,24	1,04	0,95	0,98	1,33	1,44	2	3,22	5,17	2,12
Сонячна інсоляція горизонтальної поверхні	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,098

Місяць	Широта місцевості 50 градусів												Середнє за місяць
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сонячна інсоляція нахиленої поверхні	4,34	4,45	4,87	4,91	5,46	4,96	5,15	6,21	4,5	3,88	3,28	4,45	4,705

ДОДАТОК Б

Технічні характеристики сонячного колектору СВК-А[20]

Параметри	СВК-А
Теплообмінник	
Матеріал внутрішнього теплообмінника	Мідь
Діаметр внутрішнього теплообмінника	38 мм
Діаметр гільзи теплообмінника	25 мм
Глибина гільзи теплообмінника	62 мм
Товщина стінки теплообмінника	1,5 мм
Виходи	Латунні, ¾» з широким бортом 4 мм
Матеріал ізоляції	Мінеральна вата з антигігроскопічним просоченням
Товщина ізоляції	70 – 75 мм
Зовнішній корпус	Анодируваний алюміній, 2 мм
Міжтрубний простір	22 мм
Номінальний тиск теплообміннику	6 бар (8 бар пікове)
Спосіб монтажу	Вертикальний, горизонтальний, під нахилом
Вакуумні трубки	
Тип вакуумної трубки	Linuo Paradigma Heat pipe
Діаметр конденсатору	24 мм
Покриття	нікельоване
Діаметр трубки heat pipe	8 мм
Захист від замерзання	гільзове
Якість скла	боросилікатне (ударостійке)
Розміри вакуумної трубки	1800 мм Х 58 мм(зовн. діаметр) Х 47 мм (внутр. діаметр)