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 бакалавр

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

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-42
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Абеленцева Ксенія Володимирівна
Керівник: к.т.н., доцент Мягкохліб К. Б.

Рецензент:

Харків - 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

ННІ Комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 — прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Ю.М. Мацевитий**
підпис ініціали, прізвище

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Абеленцевої Ксенії Володимирівни
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Використання сонячних колекторів в системі опалення та гарячого водопостачання приватного будинку».

керівник роботи____ Мягкохліб Костянтин Борисович, к.т.н._____.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

Розрахунок тепловтрат зовнішніх огороджень будівлі.

Обчислення теплового балансу приміщення.

Вибір відновлювального джерела енергії для об'єкту.

Підбір та обґрунтування типу сонячного колектору та елементів системи опалення.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Розрахунок тепловтрат будинку.
2.	Обчислення теплового балансу об’єкту.
3.	Вибір та обґрунтування вибору відновлювального джерела для опалення.
4.	Обчислення елементів системи опалення об’єкту.
5.	Оформлення пояснювальної записки та презентації.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ К.В.Абеленцева

Керівник роботи _____ К.Б.Мягкохліб

Перелік скорочень та абревіатур

ГВП – гаряче водопостачання

ГС – геліосистема

РЕФЕРАТ

Робота на тему «Використання сонячних колекторів в системі опалення та гарячого водопостачання приватного будинку» виконана студенткою четвертого курсу Абеленцевою Ксенію Володимирівною.

Виконана робота за обсягом займає 46 сторінок, з них 25 сторінок основна частина, яка має 3 розділів, 9 таблиць, 13 ілюстрацій та 25 використаних джерел.

Ця робота присвячена принципу роботи та типу колекторів, їх порівнянню та розрахунку системи опалення та гарячого водопостачання приватного будинку з вакуумним колектором.

Дослідження та розрахунки в цій роботі показують і пояснюють, чому відновлювані джерела енергії кращі, ніж будь-які інші.

Наукова новизна роботи полягає у аналізі експлуатаційно-економічних параметрів та методів розрахунку сонячних колекторів.

Ключові слова: сонячне випромінювання , сонячний колектор, вакуумна трубка, геліосистема, теплови втрати.

ABSTRACT

The work on the use of solar collectors in the system of heating and hot water supply of a private home was done by fourth-year student Abelentseva Kseniya Volodymyrivna.

The work done in volume occupies 46 pages, of them 25 pages the main part, which has 3 sections; 9 tables, 13 illustrations, and 25 sources used.

This paper deals with the principle of operation and type of collectors, their comparison and the calculation of the system of heating and hot water supply of a private house with a vacuum collector.

The research and calculations in this paper show and explain why renewables are better than any other.

The scientific novelty of the work is to analyze the operational and economic parameters and methods of calculating solar collectors.

Keywords: solar radiation, solar collector, vacuum tube, solar system.

ЗМІСТ

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1. ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

1.1 Загальні відомості 8

1.2 Класифікація та типи сонячних колекторів 9

1.3 Порівняльні характеристики та вибір сонячних колекторів 15

РОЗДІЛ 2. ОПИС ТА ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС БУДИНКУ

2.1 Технічна сторона об’єкту 18

2.2 Тепловий баланс об’єкту 19

2.3 Рекомендації щодо зменшення тепловтрат 28

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Вибір сонячного колектору та обґрунтування вибору системи опалення «тепла підлога» 30

3.2 Розрахунок площини колектору необхідної для об’єкту 33

ВИСНОВОК 43

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 44

ВСТУП

Актуальність теми. 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.

Запаси традиційних вуглеводнів, таких як нафта, газ, вугілля зовсім не є нескінченні, а використання їх пов'язане з негативним впливом на екосистему. [1]

Доконечною є потреба переходу на відновлювальні джерела енергії (сонячна радіація, вітер, течія річок, морські хвилі, течії й припливи, глибинне тепло землі й тепло морів та океану, біопаливу тощо). Усе це потребує створення відповідних нових технологій і нових наукових розробок.

Використання сонячної енергії може бути корисно в декількох відношеннях, по-перше, при заміні нею викопного палива зменшується забруднення повітря і води, по-друге, заміна викопного палива означає скорочення імпорту палива, особливо нафти, по-третє, замінюючи атомне паливо, ми знижуємо загрозу розповсюдження атомної зброї. Нарешті, сонячні джерела можуть забезпечити нам деякий захист, зменшуючи нашу залежність від безперебійного постачання паливом.

Відновлювальні джерела – невичерпані, а це гарантує стабільність, енергетичну та екологічну безпеку.

Мета. Метою роботи є аналіз параметрів та розрахунок використання сонячних колекторів для опалення та ГВП у приватному будинку.

Об'єкт дослідження. Об'єктом є житлова будівля розташована у Харківській області.

Предмет дослідження. Розрахунок сонячних колекторів у приватній будівлі.

Особистий внесок. Було зроблено аналіз експлуатації і розрахунків сонячних колекторів . Практична цінність роботи полягає в тому, що розробка і впровадження запропонованих ГС у звичайні будівлі дозволить підвищити енергоефективність кожної оселі. Застосування пропонованої ГС знизить витрати електроенергії на опалення та ГВП у порівнянні з традиційними системами.

Автор самостійно сформулювала мету, ідею, завдання досліджень та наукові положення, зробила розрахунки, проаналізувала результати.

РОЗДІЛ 1. ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

1.1 Загальні відомості

Зростаючий дефіцит енергії, вичерпність органічного та ядерного палива, хімічне та радіоактивне забруднення навколишнього середовища - основні аргументи на користь всебічного дослідження та широкого впровадження поновлюваних джерела енергії. Перевага відновлювальної енергії полягає в їх доступності, відносно низькі витрати та їх потенціал прийому безпосередньо в місці місцевого користування.

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.

Використання сонячної енергії досить різноманітне, але найочевидніша область використання сонячної енергії - підігрів повітря і води. У районах з холодним кліматом необхідно опалення житлових будівель і гаряче водопостачання. Промисловість також вимагає велике кількість гарячої води. В Австралії, наприклад, на підігрів рідин до температури 100˚ С витрачається майже 20% енергії. У зв'язку з цим у багатьох 8 країнах, особливо в Австралії, Ізраїлі, США, Японії, Іспанії, активно розширюється виробництво сонячних нагрівальних систем. Основним елементом сонячної нагрівальної системи є приймач, в якому відбувається поглинання сонячного випромінювання і передача енергії рідини. Найпростіші приймачі містять весь обсяг рідини, яку необхідно нагріти. Приймачі більш складної конструкції нагрівають за певний час тільки невелика кількість рідини, яка, як правило, потім накопичується в окремому резервуарі. [2]

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.

Сонячна енергія може бути перетворена в теплову, електричну та механічну енергію для використання в різних процесах. Сонячні установки застосовуються в системах опалення або охолодження, як громадських, так і житлових споруд.

Оскільки сонце є невичерпним джерелом енергії, люди все частіше використовують сонячні системи для економії своїх грошей.

Основним конструктивним елементом сонячної установки є колектор, в якому відбувається уловлювання сонячної енергії, її перетворення в теплоту і нагрів води, повітря або будь-якого іншого теплоносія. [3]

Мета даної роботи - обчислити ефективність використання та знайти оптимальний тип та кількість колекторів, які слід встановити для задоволення потреб домогосподарств у гарячій воді та холодній погоді.

1.2 Класифікація та типи сонячних колекторів

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).[4]

Можно виділити два основних видів сонячних колекторів: трубчасті вакуумні і плоскі.

1.2.1 Плоскі колектори.

Плоский сонячний колектор – це найпоширеніший тип сонячних колекторів, які використовують для опалення та для нагрівання води.



Рис. 1.1.- Плоский сонячний колектор

Більшість плоских сонячних колекторів складається з чотирьох основних елементів:

поглинаючої панелі з каналами для теплоносія, на поверхню якої нанесене покриття, що забезпечує поглинання НЕ менше 90% падаючого сонячного випромінювання;

прозорої ізоляції, що складається, як правило, з одного або двох шарів скління;

теплової ізоляції, що знижує втрати теплоти в навколишнє середу через днище колектору і його бічні грані;

корпусу, де розташовані поглинаючи панелі та теплова ізоляція, і який зверху закритий прозорою ізоляцією. [5]

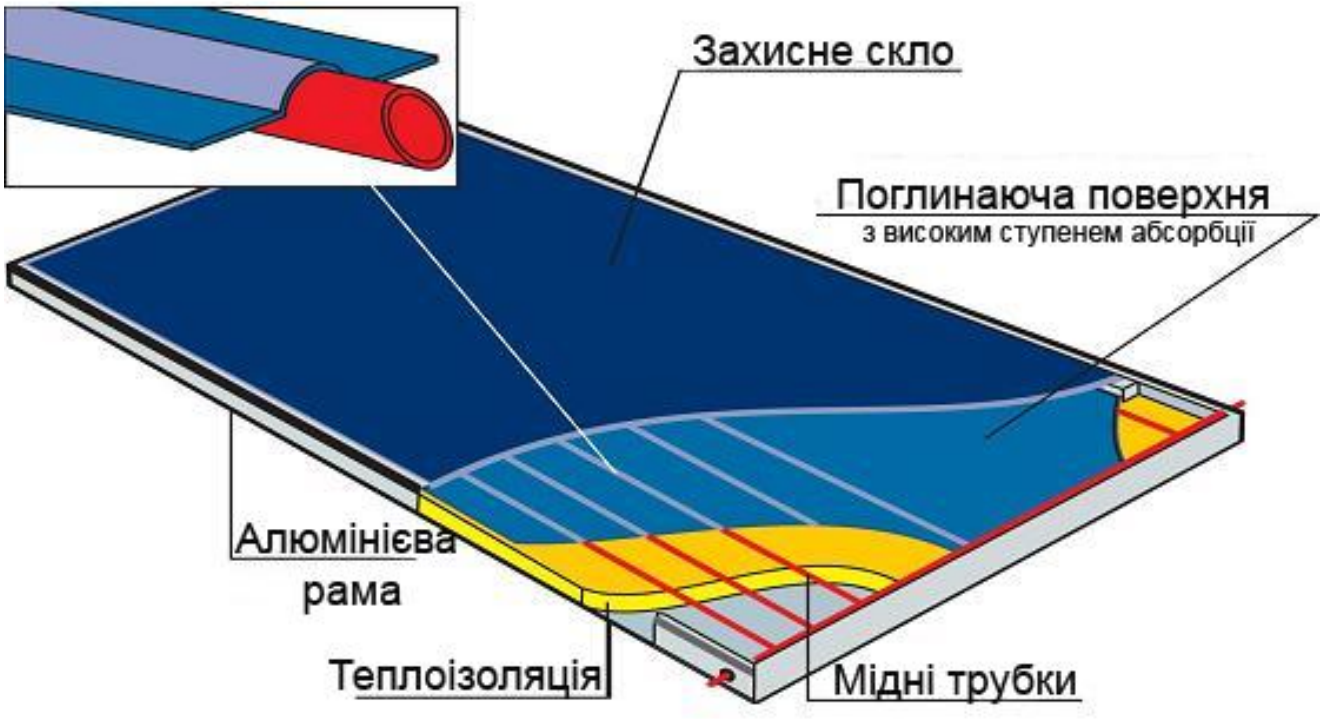


Рис. 1.2 – Будова плоского сонячного колектору

У колекторі падаюче сонячне випромінювання перетворюється в теплоту, що відводиться потоком теплоносія (вода, антифриз, повітря і ін.), що протікає по каналах поглинаючої панелі.

Прозора ізоляція знижує конвективні і променисті втрати теплоти від поглинаючої панелі в атмосферу, внаслідок чого зростає теплова потужність колектору.

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).

1.2.2 Вакуумні колектори.

Вакуумні колектори є найефективнішими, але й найдорожчими. Вони дозволяють підвищувати температуру теплоносія до 250..300 °С в режимі обмеження відбору тепла. Вони досягають цього за рахунок зменшення втрати тепла внаслідок використання багатошарового скляного покриття, герметизації чи створення вакууму.



Рис. 1.3 – Вакуумний сонячний колектор

Колектори з вакуумними трубками складаються з серії паралельних прозорих скляних трубок, з'єднаних з теплопровідними каналами колектору і використовуваних замість теплопоглинальною пластини, яку ми бачили в попередньому плоскому колекторі. Ці скляні трубки мають циліндричну форму, тому напрямок сонячних променів завжди перпендикулярно до теплопоглинальних трубок, що дозволяє колектору добре працювати навіть при

слабкому сонячному світлі, наприклад, рано вранці або пізно вдень або коли хмарно. Вакуумні колектори особливо корисні в областях з холодною, хмарною зимовою погодою.

Існує кілька різних конфігурацій вакуумних трубок: труби з подвійними стінками, прямоточні труби або теплові. Ці відмінності можуть визначити, як рідина циркулює всередині резервуара.

Теплові вакуумні трубки, в них використовують закриту трубу, зазвичай зроблену з міді, для підвищення ефективності колектору при низьких температурах. Ця трубка прикріплена до перегородки. Всередині порожня мідна трубка містить невелику кількість спиртової рідини низького тиску з деякими добавками для запобігання корозії і окислення.

Наявність низького тиску дозволяє рідини випаровуватися при дуже низькій температурі. Коли сонячні промені досягають поверхні тарілки, рідина всередині труби перетворюється в пар з високою температурою. Ця пара піднімається до верхньої частини трубки і нагріває її до дуже високої температури.

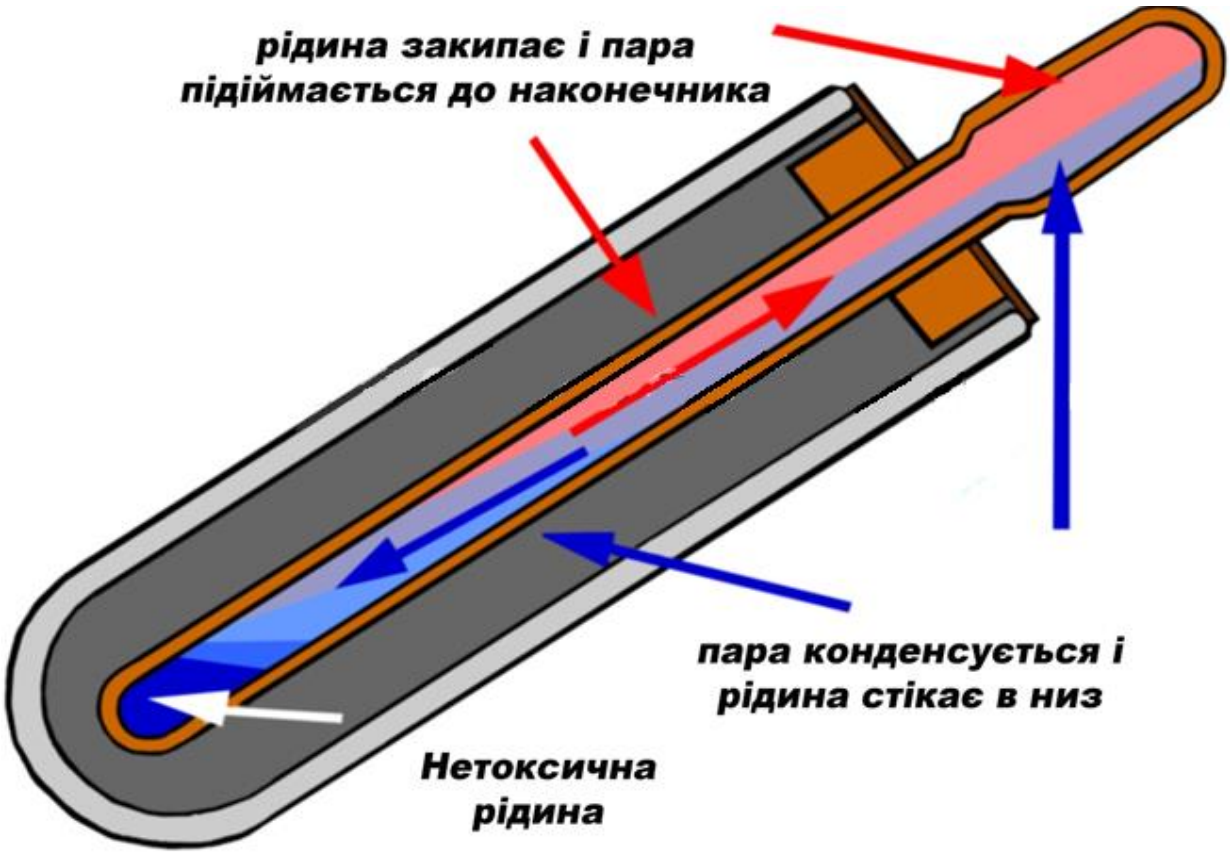


Рис. 1.4 – Будова теплової трубки

Верхня частина теплової трубки з'єднана з мідним теплообмінником - баком. Коли гарячі пари які, все що знаходяться всередині герметичної теплової трубки, поступають до баку, теплова енергія пару передається воді, що протікає через з'єднувальний бак. Коли гаряча пара втрачає енергію і охолоджується, вона конденсується назад з газу до рідини, що стікає з теплової труби для повторного нагрівання.[6,7]

Прямоточний колектор з вакуумними трубками, відомими так само як U-образні колектори, відрізняються від попередніх, і мають дві теплові трубки, що проходять через вакуумну трубку. За однією трубці рідина надходить у вакуумну трубку, по другий рухається в зворотному напрямку.

Трубки з'єднані послідовно в нижній частині з «U-подібним вигином» теплопоглинаюча пластина діє як розділова смуга, яка розділяє припливні і зворотні трубки сонячного колектору. Теплопоглинаюча пластина і трубки, герметизуються в скляній трубці, забезпечуючи виняткові ізоляційні властивості.

Прямоточні труби і плоска або вигнута поглинає пластина виготовлені з міді з нанесенням селективного покриття, для підвищення загальної ефективності колектору. Така конструкція схожа з принципом роботи плоских колекторів. Різниця полягає в наявності вакууму всередині скляної трубки.



Рис. 1.5 – Прямоточний вакуумний трубчатий сонячний колектор

1.3 Порівняльні характеристики сонячних колекторів різного типу

Сьогодні на ринку представлена велика кількість сонячних колекторів від великої кількості виробників різних типів, конструкцій, ефективності та ціни. Вибір найкращого варіанту може бути непростим завданням.

Кожна людина, яка наважилася встановити у своєму приватному будинку сонячний колектор, так чи наче ставала перед вибором, який же саме колектор обрати для своїх цілей. Обрати якийсь один тип сонячного колектору, вакуумний чи плоский неможливо, бо очевидного переможця в цьому виборі не має все залежить від цілей, будинку, місцеположення, тощо.

Найчастіше, люди встановлюють сонячні колектор для наступних потреб:

- ГВП
- Опалення
- Підігрів басейнів

Я вивчила характеристики і експлуатацію різних колекторів, і виходячи з цього склала наступну таблицю:

Вакуумні колектори	**Плоскі колектори**
• **Переваги:** - високий ККД системи протягом усього року, і навіть взимку. У порівнянні з іншими типами колекторів, трубчастий вакуумний колектор протягом цілого року виробляє на 30 ... 40% кількості тепла більше; - можливість працювати при негативних температурах (не всі види); - деякі виробники випускають трубчасті колектори з поверхнею з ударостійкого скла, що витримує удар граду або незначного падіння;	• **Переваги:** - висока продуктивність (ККД більше 50%). - проста і надійна конструкція. - висока довговічність обладнання (понад 50 років; виробник зазвичай дає гарантію на 10 років експлуатації). - можливість роботи круглий рік. - ефективно працюють при необхідності нагріву води вище на 20 ... 40 ° С від температури навколишнього середовища.

- низька парусність конструкції дозволяє більш надійно закріпити обладнання з меншими зусиллями та витратами. - більше ремонтнопригодні система, при пошкодженні однієї трубки її відносно легко замінити, що зовсім неможливо в плоских колекторах; - можливість нагріву води до температури 130 ... 200 ° С.М • **Недоліки:** - більш висока вартість; за підрахунками виробників окупність системи колектору становить 1 ... 5 років; - великі габарити і важка вага; - в межах України продуктивність вакуумного колектору в зимовий період може знижуватися за рахунок опадів у вигляді снігу та інію; - низький термін експлуатації, система боїться граду (більш властиво продукції з Китаю); - однією з головних поломок системи - нетримання вакууму в системі (більш властиво продукції з Китаю).	• **Недоліки:** - низька продуктивність в зимовий час і в несприятливу для колектору погоду (в порівнянні з вакуумним колектором). - максимальна ефективність плоского колектору досягається тільки при попаданні сонячних променів під прямим кутом, тобто опівдні. - вимагає періодичної очистки від пилу, бруду, снігу. - при пошкодженні колектору, необхідно проводити повну заміну пристрою, а не окремого елемента, як це відбувається в трубчастих вакуумних колекторах.

Таблиця 1.1 – Порівняння сонячного та вакуумного колекторів [8,9]

Ознайомившись з таблицею, ми можемо побачити що переваги більш вигідніші у вакуумного колектору, а недоліки в нього не такі суттєві, як у плоского. І одним з найвагоміших переваг вакуумного колектору є те, що між абсорбуючій пластиною і трубкою існує «сухе» з'єднання. У разі пошкодження вакуумних або теплових трубок можна замінити окрему трубку без зливу води, або розбирання всієї системи.

Завдяки цій гнучкості вакуумні розподільники гарячої води ідеально підходять для сонячних батарей із замкнутим контуром, оскільки модульне складання спрощує монтаж, легко розширюється і додає стільки труб, скільки необхідно.

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.

Порівнявши типи сонячних колекторів та виходячи з усіх аргументів, що були наведені вище, для майбутніх аналізів та розрахунків встановлення сонячних колекторів для опалення та ГВП приватного будинку, я вирішила обрати вакуумний колектор.

РОЗДІЛ 2. ОПИС ТА ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС БУДИНКУ

2.1 Технічна сторона об’єкту

Для дослідження обрано приватний будинок в Україні, м. Харків, Харківська область, село Руська Лозова. Об’єкт знаходиться у північно-східному кліматичному регіоні України.

Географічні координати об’єкту 50°08′29″ п.ш. 36°16′50″ с.д. [10]

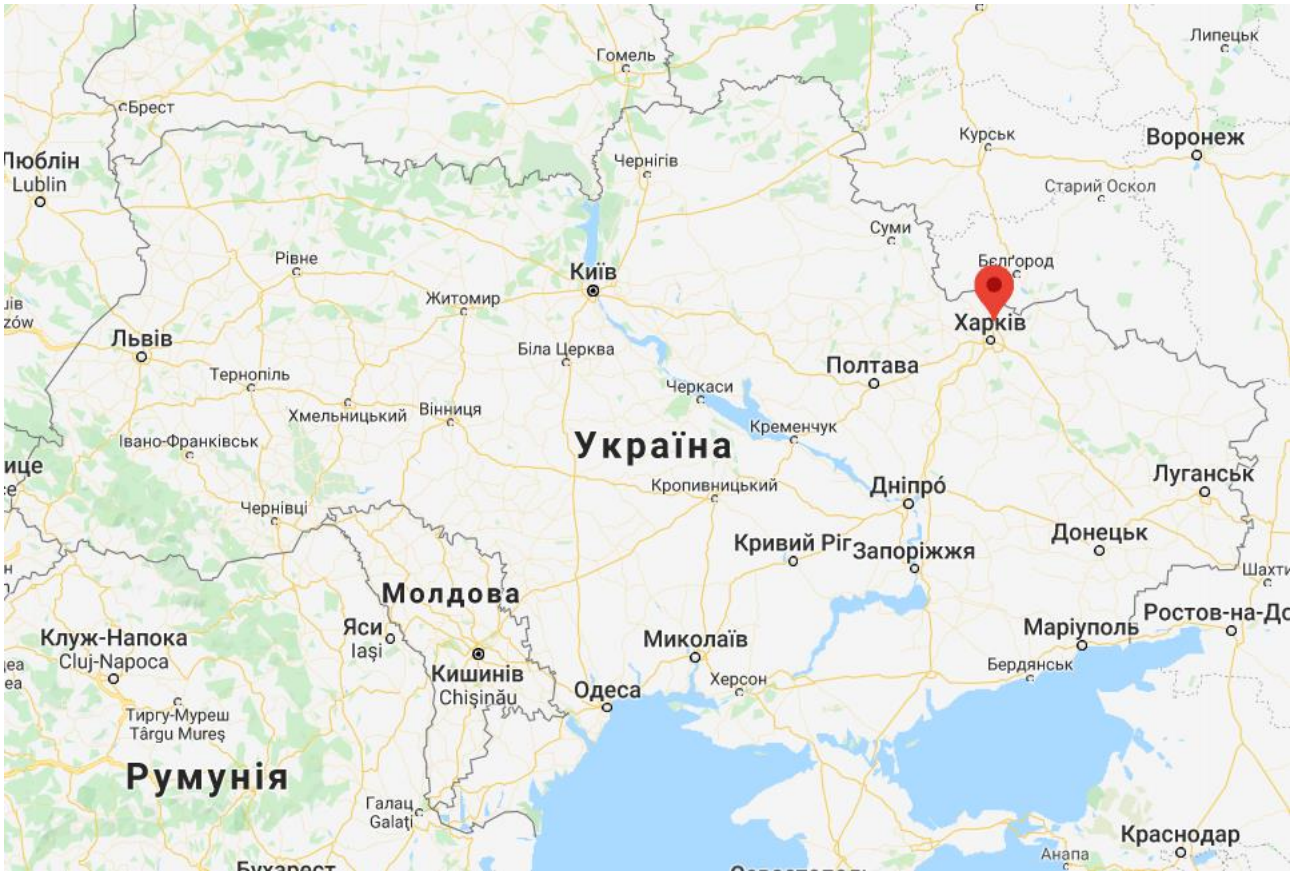


Рис. 2.1 – Розташування об’єкту відносно України

Харківська область приблизно однаково розділена на дві кліматичні підсмужки з помірного поясу: лісові степи (Північна половина) і степ (Південна половина). Середня температура в січні для регіону становить (-5) - (-7) градусів, в липні (+21) – (+22).

Найвища температура, записана в регіоні, склала близько 40 градусів Цельсія, а в деяких надзвичайно суворих зим заморозки перетнули поріг в 30 градусів Цельсія. Середньорічна кількість опадів становить 540 мм.

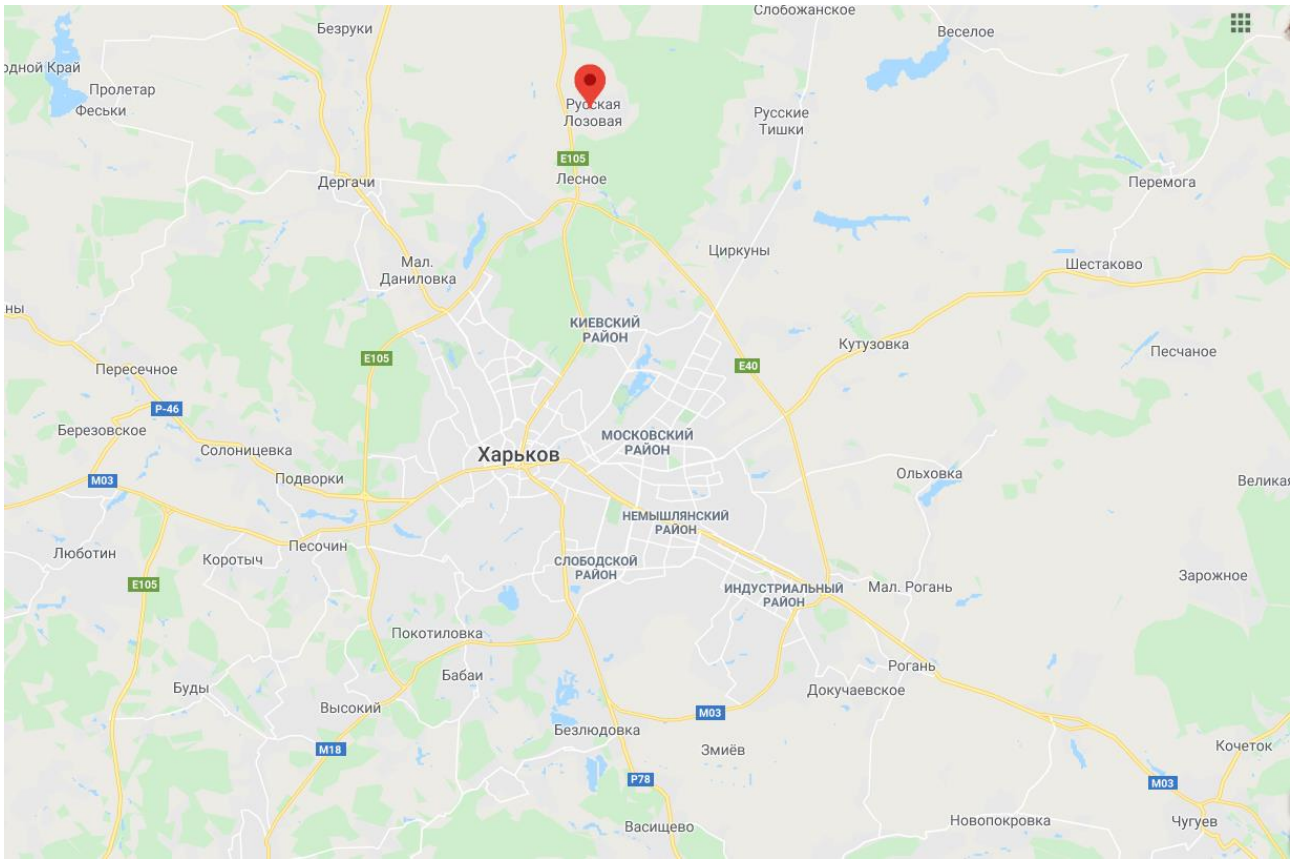


Рис. 2.2 – Розташування об’єкту відносно Харкова

Поблизу Харкова немає значних водойм, які безпосередньо впливають на клімат. Однак, з відповідними вітрами, місто може досягати вітрів з чорного, Середземноморського або Атлантичного океанів.

Крім того, місто відкрите для всіх вітрів, всіх напрямків. Тому щорічні коливання міста змінюються в значних значеннях.

2.2 Тепловий баланс будинку

Щоб мати можливість зрозуміти, скільки сонячних колекторів потрібно для того, щоб задовольняти потреби будівлі, ми повинні знати, скільки тепла потрібно для об’єкту, щоб температура була нормальною для сім’ї.

Виходячи з цього, нам потрібно дізнатися тепловий баланс будівлі і розрахувати, скільки тепла втрачається в всередині об'єкта для нагрівання

повітря, а також потрібно знати скільки тепла втрачається через зовнішні конструкції огорожі.

Мета цих розрахунків полягає в тому, щоб знайти місця в будинку, через які ми втрачаємо найбільшу кількість тепла.



Рис. 2.3 – Фото приватного будинку (об’єкту для розрахунку)

Перед розрахунком середньої щорічної втрати тепла через стіни, потрібно знати реальний опір стінок, вікон, стелі і підлогового покриття.

Беручи до уваги клімат в регіоні, де об'єкт знаходиться і беручи до уваги характеристики конструкцій, я розрахувала фактичний опір теплопередачі конструкцій зовнішнього огородження, порівняла їх з нормативними і це дало мені зрозуміти, що конструкція дому відповідає нормам.

Спершу, розрахуємо втрату тепла через зовнішні стіни, звідси ми розуміємо, що нам потрібно знати фактичний опір теплопередачі. Для цього зробимо таблицю технічних характеристик огороджувальних конструкцій будинку.

У якості коефіцієнту внутрішньої та зовнішньої поверхні візьмемо нормативні значення з «СНиП II-3-79 от 1979-07-01» :

$\alpha_{\text{звн}} = 23$ Вт/$м^2$℃ , $\alpha_{\text{вн}} = 8{,}7$ Вт/$м^2$℃ [11] .

Найменування матеріалу	**Символ**	**Характеристика**
Товщина штукатурки (Вапняно-піщаний розчин)	$\delta_{\text{шт}}$	0,01 *м*
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{\text{шт}}$	0,7 Вт/*м*℃
Товщина стіни (Червона щільна цегла)	$\delta_{\text{ст}}$	0,4 *м*
Коефіцієнт теплопровідності стіни	$\lambda_{\text{ст}}$	0,67 Вт/*м*℃
Товщина ізоляції (Пенопласт ПХВ-1)	$\delta_{\text{із}}$	0,05 *м*
Коефіцієнт теплопровідності ізоляції	$\lambda_{\text{із}}$	0,04 Вт/*м*℃
Зовнішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{звн}}$	23 Вт/$м^2$℃
Внутрішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{вн}}$	8,7 Вт/$м^2$℃

Таблиця 2.1 – Характеристики зовнішніх стін будинку[12]

Найменування матеріалу	**Символ**	**Характеристика**
Товщина штукатурки (Вапняно-піщаний розчин)	$\delta_{\text{шт}}$	0,01 *м*
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{\text{шт}}$	0,7 Вт/*м℃*
Товщина дерев'яної перекладини (Дубові балки)	$\delta_{\text{осн}}$	0,07 *м*
Коефіцієнт теплопровідності дерев'яної перекладини	$\lambda_{\text{осн}}$	0,41 Вт/*м℃*
Товщина ізоляції (Мати мінераловатні прошивні ГОСТ 21880-76)	$\delta_{\text{із}}$	0,1 *м*
Коефіцієнт теплопровідності ізоляції	$\lambda_{\text{із}}$	0,07 Вт/*м℃*
Зовнішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{звн}}$	23 Вт/$м^2$℃
Внутрішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{вн}}$	8,7 Вт/$м^2$℃

Таблиця 2.2 – Характеристики стелі будинку[12]

Найменування матеріалу	**Символ**	**Характеристика**
Товщина основи (Вапняно-піщаний розчин)	$\delta_{\text{осн}}$	0,02 *м*
Коефіцієнт теплопровідності основи	$\lambda_{\text{осн}}$	0,7 Вт/*м℃*
Товщина основи (Залізобетон)	$\delta_{\text{бт}}$	0,2 *м*
Коефіцієнт теплопровідності основи	$\lambda_{\text{бт}}$	1,92 Вт/*м℃*
Товщина підлогового покриття (Лінолеум багатошаровий ГОСТ 14632-79)	$\delta_{\text{покр}}$	0,005 *м*
Коефіцієнт теплопровідності підлогового покриття	$\lambda_{\text{покр}}$	0,38 Вт/*м℃*
Зовнішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{звн}}$	23 Вт/$м^2$℃
Внутрішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{вн}}$	8,7 Вт/$м^2$℃

Таблиця 2.3 – Характеристики підлоги будинку[12]

Найменування матеріалу	**Символ**	**Характеристика**
Товщина склопакету (Скло віконне ГОСТ 111-78)	$\delta_{\text{ск}}$	$0{,}004\ м$
Коефіцієнт теплопровідності штукатурки	$\lambda_{\text{ск}}$	$0{,}76\ \text{Вт}/м℃$
Кількість віконних склопакетів	$шт$	2
Зовнішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{звн}}$	$23\ \text{Вт}/м^2℃$
Внутрішній коефіцієнт теплообміну	$\alpha_{\text{вн}}$	$8{,}7\ \text{Вт}/м^2℃$

Таблиця 2.4 – Характеристики вікон будинку [12]

Знаючи характеристики огороджувальних конструкцій , ми можемо дізнатися фактичний опір, використовуючи наступну формулу [13]:

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \cdots \frac{\delta_{\text{n}}}{\lambda_{\text{n}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{звн}}} \qquad (2.1)$$

- Фактичний опір стіни:

$$R_{стіни} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}} + \frac{\delta_{\text{шт}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{звн}}} = \frac{1}{8{,}7\frac{\text{Вт}}{м^2℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{\text{Вт}}{м℃}} + \frac{0{,}4м}{0{,}067\frac{\text{Вт}}{м℃}} +$$
$$+ \frac{0{,}05м}{0{,}04\frac{\text{Вт}}{м℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{\text{Вт}}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{\text{Вт}}{м^2℃}} = 2{,}73\ \frac{\text{Вт}}{мК} \qquad (2.2)$$

- Фактичний опір стелі:

$$R_{стелі} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{др}}{\lambda_{др}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_{др}}{\lambda_{др}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} +$$
$$+ \frac{0{,}07м}{0{,}41\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}1м}{0{,}07\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}07м}{0{,}41\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}01м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 1{,}95\ \frac{Вт}{мК} \quad (2.3)$$

- Фактичний опір підлоги:

$$R_{підлоги} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{осн}}{\lambda_{осн}} + \frac{\delta_{бт}}{\lambda_{бт}} + \frac{\delta_{покр}}{\lambda_{покр}} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}02м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} +$$
$$+ \frac{0{,}2м}{1{,}92\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}005м}{0{,}38\frac{Вт}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 0{,}304\ \frac{Вт}{мК} \quad (2.4)$$

- Фактичний опір вікон:

$$R_{вікон} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{ск}}{\lambda_{ск}} + \frac{\delta_{ск}}{\lambda_{ск}} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2 ℃}} + \frac{0{,}004м}{0{,}76\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}004м}{0{,}76\frac{Вт}{м℃}} +$$
$$+ \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2 ℃}} = 0{,}167\ \frac{Вт}{мК} \quad (2.5)$$

Тепер, розрахувавши фактичний опір, ми можемо розрахувати тепловтрати будинку - Q , нам потрібно дізнатися тепловтрати через огороджувальні конструкції - $\sum Q_1$, а також не забуваємо про потрібну тепловтрату для нагріву вентиляційного повітря - Q_2 .

Робити розрахунки будемо за наступними формулами [14]:

$$Q = \sum Q_1 + Q_2 \quad (2.6)$$

$$Q_1 = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \quad (2.7)$$

$$Q_2 = 0.337 \cdot A_{підлоги} \cdot h \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \quad (2.8)$$

Площу огороджувальних конструкцій ми будемо вираховувати з плану дому.

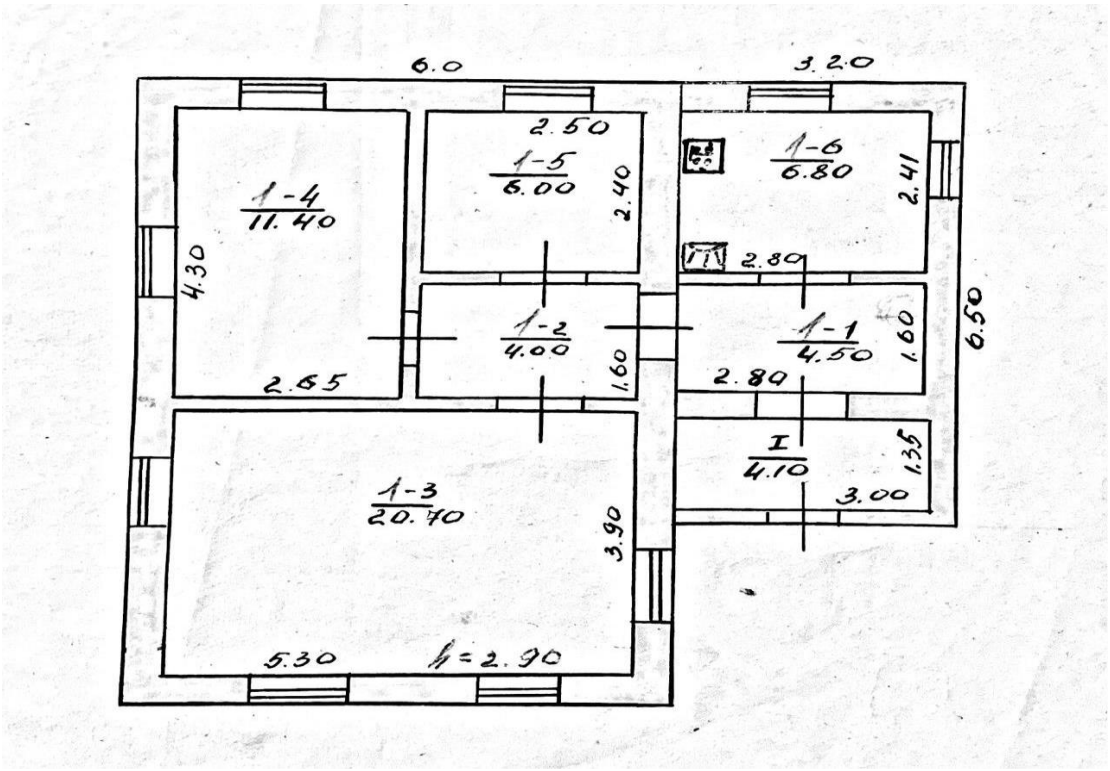


Рис. 2.3 – План приватного будинку

- Тепловтрати через стіни:

За зовнішню температуру ($t_{\text{зовн}}$) будемо брати середньорічну температуру міста Харкова 6,9℃ [15].

$$Q_{стіни} = \frac{1}{R_{стіни}} \cdot A_{стіни} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$

$$= \frac{1}{2{,}73 \frac{\text{Вт}}{мК}} \cdot 113{,}54 м^2 \cdot (23℃ - 6{,}9℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 = \quad (2.9)$$

$$= 710{,}17 \text{ Вт}$$

- Тепловтрати через стелю:

$$Q_{стелі} = \frac{1}{R_{стелі}} \cdot A_{стелі} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$

$$= \frac{1}{1{,}95 \frac{\text{Вт}}{мК}} \cdot 57{,}34 м^2 \cdot (23℃ - 6{,}9℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}75 = \quad (2.10)$$

$$= 370{,}77 \text{ Вт}$$

- Тепловтрати через підлогу:

За зовнішню температуру ($t_{\text{зовн}}$) будемо брати середньорічну температуру грунту міста Харкова 6,9℃ [16].

$$Q_{підлоги} = \frac{1}{R_{підлоги}} \cdot A_{підлоги} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$
$$= \frac{1}{0{,}304 \frac{\text{Вт}}{мК}} \cdot 57{,}34 м^2 \cdot (23℃ - 6{,}9℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}6 = \quad (2.11)$$
$$= 1675{,}76 \text{ Вт}$$

- Тепловтрати через вікна:

$$Q_{вікна} = \frac{1}{R_{вікон}} \cdot A_{вікон} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$
$$= \frac{1}{0{,}167 \frac{\text{Вт}}{мК}} \cdot 10{,}2 м^2 \cdot (23℃ - 6{,}9℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 = \quad (2.12)$$
$$= 1032{,}85 \text{ Вт}$$

- Тепловтрати для нагріву вентиляційного повітря:

$$Q_2 = 0.337 \cdot A_{підлоги} \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) =$$
$$= 0{,}377 \cdot 57{,}34 м^2 \cdot 2{,}9_{м^2} \cdot (23℃ - 6{,}9℃) = 902{,}22 \text{ Вт} \quad (2.13)$$

Тепер, розрахувавши всі ці тепловтрати , можемо дізнатися тепловтрату всього об’єкту разом.

- Тепловтрати всього будинку:

$$Q = \sum Q_1 + Q_2 = Q_{стіни} + Q_{стелі} + Q_{підлоги} + Q_{вікна} + Q_2 =$$
$$= 710{,}17 + 370{,}77 + 1675{,}76 + 1032{,}85 + 902{,}22 =$$
$$= 4691{,}77 \text{ Вт} \quad (2.14)$$

2.3 Рекомендації щодо зменшення тепловтрат

На основі розрахунків можна проаналізувати способи, як можно зменшити втрати тепла в будинку. Ми бачимо, що найбільша частка втрат тепла припадає на вікна та підлогу. В будинку встановлені двокамерні вікна з товщиною скла 4мм, фактичний опір передачі яких становить лише 0,167.

Наприклад, для зменшення тепловтрат можна замінити існуючі вікна на теплозберігаючий склопакет для теплих вікон VEKA, типу 4CGSolar-16-4M1-14-4M1, який має фактичний опір передачі тепла 0,85[17]. Ось , як це допоможе зменшити витрати:

$$Q_{вікна} = \frac{1}{R_{вікон}} \cdot A_{вікон} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$
$$= \frac{1}{0{,}85\,\frac{Вт}{мК}} \cdot 10{,}2м^2 \cdot (23℃ - 6{,}9℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 = \quad (2.15)$$
$$= 202{,}85\ Вт$$

Звідси ми бачимо, що тепловтрати зменшилися майже у п’ять разів.

Тепер стосовно підлоги, для опалення ми будемо використовувати систему тепла підлога, та перед установкою цієї системи, ми можемо трохи зменшити тепловтрати підлоги зробивши теплоізоляційний шар з ековати. Коефіцієнт теплопровідності ековати дорівнює 0.042 $\frac{Вт}{мК}$. Подивимося, як це допоможе нам зменшити теплові втрати:

$$R_{підлоги} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{осн}}{\lambda_{осн}} + \frac{\delta_{бт}}{\lambda_{бт}} + \frac{\delta_{покр}}{\lambda_{покр}} + \frac{\delta_{ізол}}{\lambda_{ізол}} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м^2℃}} + \frac{0{,}02м}{0{,}7\frac{Вт}{м℃}} +$$
$$+ \frac{0{,}2м}{1{,}92\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}005м}{0{,}38\frac{Вт}{м℃}} + \frac{0{,}15м}{0{,}42\frac{Вт}{м℃}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{м^2℃}} = 0{,}621\ \frac{Вт}{мК} \quad (2.16)$$

$$Q_{підлоги} = \frac{1}{R_{підлоги}} \cdot A_{підлоги} \cdot (t_{вн} - t_{зовн}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n =$$
$$= \frac{1}{0{,}621\,\frac{Вт}{мК}} \cdot 57{,}34м^2 \cdot (23℃ - 6{,}9℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}6 = \quad (2.17)$$
$$= 820{,}05\ Вт$$

Завдяки теплоізоляційному шару, ми змогли зменшити теплові втрати через підлогу у два рази.

Стіни об’єкту ми не будемо чіпати, так як в будинку на стінах вже є теплоізоляційній шар із пінопласту.

Отже , виконавши всі вищеперелічені поради з теплоізоляції , ми змогли зменшити теплові втрати об’єкту на 1058,56 $\frac{\text{Вт}}{мК}$.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Вибір сонячного колектору та обґрунтування вибору системи опалення «тепла підлога»

У повсякденному житті України сонячні колектори усе більш частіше встановлюються для ГВП та опалення. Тому питання полягає в тому, наскільки це для нас ефективно?

Згідно з розрахунками, проведеними в попередньому розділі, втрати тепла, спричинені конструкціями периметра, стелі, даху відповідають нормі. Єдина проблема, яку можна вдосконалити - це вікна, та підлога. Виходячи з цих фактів, ми можемо вибрати систему опалення, наприклад, тепла підлога.

Ми будемо використовувати вакуумні СК в геліосистемі. Це рішення було прийнято, оскільки в холодну та похмуру погоду вакуумні сонячні колектори будуть працювати краще, ніж сонячні колектори плоского типу. Цей параметр для нас є дуже важливий, адже завдяки цим сонячним колекторам ми плануємо нагрівати воду для поливу системи теплої підлоги.

Дивлячись на усі характеристики сонячних панелей, вибір пав на сонячний колектор вакуумного типу, адже основне призначення, для якого ми встановлюємо сонячний колектор, - це нагрів води для нашої системи опалення та ГВП. Взимку, восени і навесні сонячний колектор вакуумного типу виробляє більше енергії, ніж сонячний колектор плоского типу. Окрім цього, вакуумний колектор може працювати навіть тоді, коли на вулиці -30 градусів Цельсія.

Цей параметр є дуже важливим, оскільки температура в найхолодніші п’ять днів у Харківській області коливається від -22 градусів Цельсія до -25 градусів Цельсія. Найхолодніший день -29 градусів Цельсія, тобто в діапазоні температур, при яких сонячний колектор все ще може працювати, сонячний колектор вакуумного типу дуже підходить для даної кліматичної зони.

Вакуумний колектор моделі Atmosfera CBK-Twin Power-30 був обраний серед вакуумних колекторів, як один з найкращих. Цей вакуумний колектор є найпопулярнішим з усіх моделей вакуумних колекторів Atmosfera. За описом цього сонячного колектору, він має постійну працездатність навіть у погану погоду.

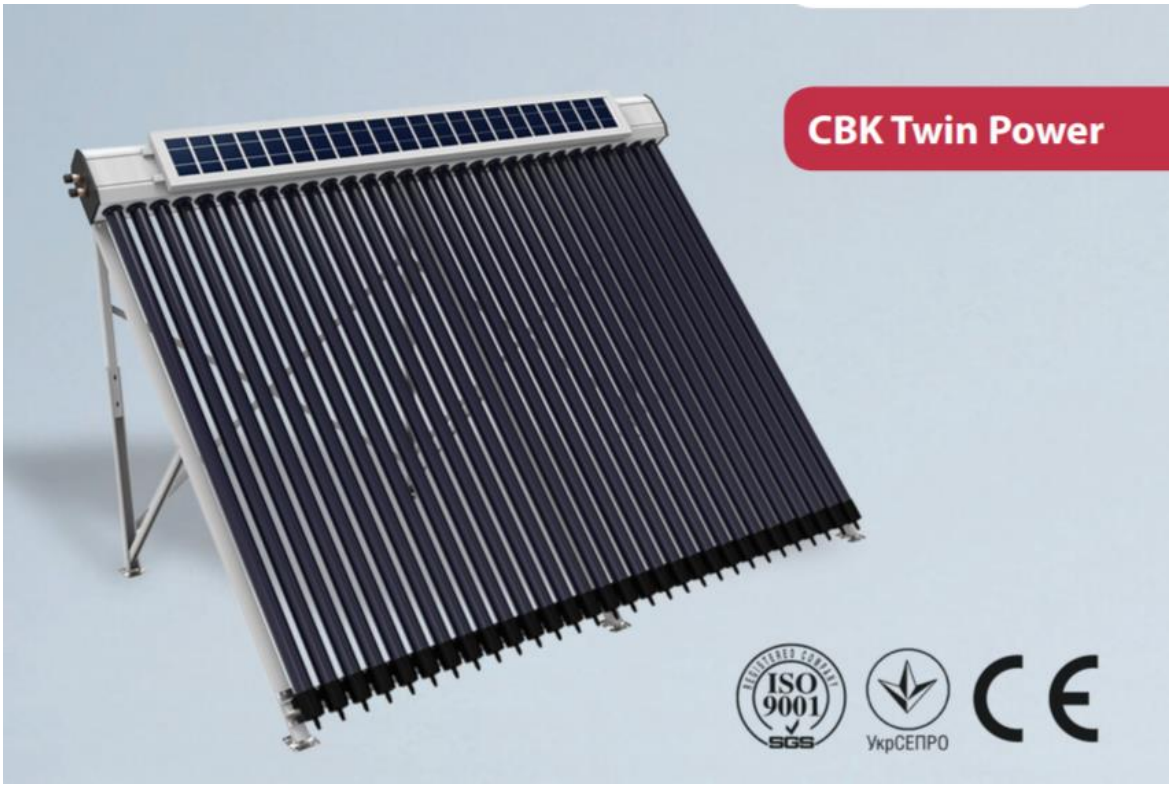


Рис. 3.1 – Сонячний колектор Atmosphera

Характеристика сонячного колектору		
1.	Кількість труб	30
2.	Пікова потужність Вт/г	2062
3.	Площа	2,81
4.	Висота апертури	2000
5.	Ширина	2440
6.	Вага	120
7.	Номінальний проток	3,5-5,4
8.	Рекомендований фотоелектричний модуль	SRP-045P 45 Вт

Таблиця 3.1 – Характеристики Atmosfera CBK-Twin Power-30 [19]

Оскільки ми обираємо систему теплої підлоги для опалення, нам потрібно знати, скільки метрів трубопроводів нам потрібно розмістити для опалення, щоб ми могли обчислити кількість води для циркулювання у системі.

Ми вибрали цю систему, оскільки для нагрівання для цієї системи потрібна температура води 60 градусів Цельсія, тоді як для стандартної системи радіатора потрібна температура води 90 градусів Цельсія.

Тепла підлога (водяний тип, ВТП) – це монтаж між підлогою і покриттям підлоги мережою мінітрубопроводов, по яких циркулює теплоносій - нагріта рідина (вода, розчин етиленгліколю, антифризу і т.п.). Щоб тепло не йшло вниз, укладається шар теплоізоляції, як правило, в залежності від типу і опалювального навантаження системи ВТП.

Теплоносій віддає своє тепло матеріалу, що знаходиться навколо труби контурів теплої підлоги. Це може бути бетонні стяжки, алюмінієві пластини, пісок і т.п. в залежності від типу і пристроїв системи ВТП. Далі тепло передається чистовому покриттю. Кожне чистове покриття має свій термічний опір, залежне від матеріалу і його товщини.

Завдяки великій тепловіддачі поверхні зростає кількість випромінюваного тепла, яке, на відміну від конвекції при радіаторному опаленні, негайно поширюється в навколишньому просторі, рівномірно розподіляючись в горизонтальному та вертикальному напрямках. При цьому, відсутні холодні та перегріті зони, як при опаленні радіаторами (конвекторами, повітряними системами).

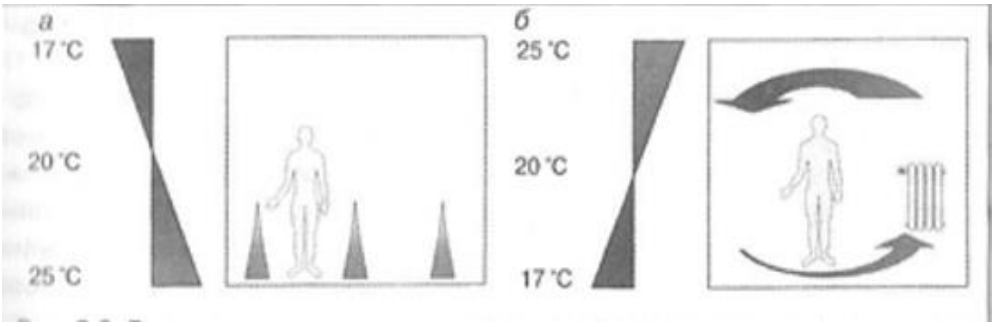


Рис. 3.2 – Розподіл температури при радіаторному опаленні (а) та «теплій підлозі» (б)

При радіаторному опаленні частка тепловіддачі за рахунок конвекції становить 80-100%, тобто створюються умови, при яких перегріте повітря піднімається вгору та остигаючи, опускається вниз. Таким чином за рахунок циркуляції повітря досягається середня комфортна температура в приміщенні. Променистa складова в радіаторної системи опалення, як правило, незначна.

Оскільки люди відчувають себе більш комфортніше, коли повітря на рівні голови прохолодне, а біля ніг тепле, звідси опалення підлоги являє собою систему ідеального рівномірного розподілу тепла.

Застосування в приміщенні плоских теплових поверхонь, які віддають значну кількість тепла випромінюванням, де б вони не розташовувалися, завжди будуть створювати більш сприятливий мікроклімат, ніж при обігріві приміщень чисто конвективними приладами. [20]



Рис. 3.2 – Вигляд монтажу теплої підлоги

3.2 Розрахунок площини колектору необхідної для об’єкту

Були зроблені розрахунки, щоб дізнатись, скільки сонячних колекторів потрібно для покриття потреб у гарячій воді та опаленні, і щоб побачити, чи зможуть вони повністю нам замінити наші традиційне джерело енергії, по типу газового котла.

Спочатку потрібно визначити, скільки води потрібно для опалення, а саме для системи теплої підлоги, та нагрівання гарячої води.

На об’єкті мешкає 3 дорослі людини, на одну людину в день потрібно приблизно 60л води, також не забуваємо про побутову потребу води, таку як прання, миття посуду , тощо, приблизно ще 40л води.

Звідси маємо, що за день в середньому потрібно 220л води.

Для того, щоб з’ясувати, скільки води потрібно для опалювальної системи, необхідно розрахувати розмір теплої підлоги, зокрема дізнатися довжину труб в системі опалення та їх діаметр.

Підлогове опалення вирішили робити лише у жилих кімнатах та кухні, тому підлогове опалення буде розміщене в залі, кухні та двух спальнях.

Площа залу 20,7 квадратних метра, площа кухні – 6,8 квадратних метра, площа першої спальні – 11,4 квадратних метра та площа другої спальні – 6 квадратних метра. Труби в системі виготовлені з зшитого поліетилену і мають діаметр 16 мм.[21]

Максимальна довжина рекомендована для одного контуру опалення підлоги - 100 метрів, оскільки тиск у трубі зменшується, а довгі контури втрачають ефективність, звідси вода в кінці контуру може стати холодною.

Виходячи з тієї інформації, що максимально можлива довжина контуру становить 100 метрів, а оптимальна - 80 метрів, ми дійшли висновку, що зал треба розбити на два контури на 10,3 та 10,4 квадратних метра , щоб система опалення не втрачала працездатність.

Для систем поверхневого опалення існують три найбільш популярних способу укладання петель:

- Змійка
- Подвійна паралельна змійка.
- Спіраль (равлик).

Вибір методу укладання труби в першу чергу залежить від призначення і форми конкретного приміщення. При складанні плану укладання важливо врахувати наступні фактори:

- Труба, яка подає гарячу воду обов'язково повинна бути спрямована до найхолодніших зон приміщення (зовнішні стіни, вікна і т.д.).
- Запланований до використання матеріал труб.
- Щоб уникнути нерівномірного розподілу тепла, коливання температури в петлі має бути на низькому рівні, приблизно 5 ° С.

В нашому випадку, було обрано метод «Змійка» даний метод укладання забезпечує найлегший монтаж контуру, що дуже зручно для нашого будинку з не дуже рівною поверхні підлоги, так як, об’єкт було збудовано у радянські часи, але при цьому варто звернути увагу, що тепловіддача зменшується з кожним наступним витком.

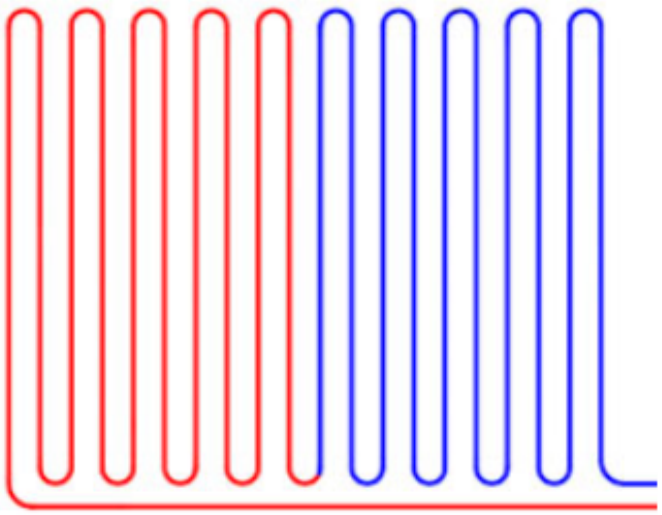


Рис. 3.3 – Спосіб укладання труб теплої підлоги «Змійка»

Далі ми розрахуємо, скільки нам потрібно метрів труби для створення «теплої підлоги» для системи опалення. Для цього будемо користуватися наступною формулу [22]:

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

де S – це площа поверхні підлоги під яку ми будемо встановлювати труби для опалення

n – це крок для укладання петель (ми будемо брати середній крок – 200мм)

L_0 – це довжина труби від нагрівача до контуру

1,1 – це коефіцієнт запасу

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

$$L_1 = \left(\frac{10,3}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (3 \cdot 2) = 62,6\text{м} \quad (3.2)$$

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

$$L_2 = \left(\frac{10,4}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (3 \cdot 2) = 63,2\text{м} \quad (3.3)$$

Тепер розрахуємо довжину труб необхідну для опалення системи теплої підлоги у кухні:

$$L_3 = \left(\frac{6,8}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (1 \cdot 2) = 39,4\text{м} \quad (3.4)$$

Далі ми розрахуємо довжину труб необхідну для опалення системи теплої підлоги у першій спальні:

$$L_4 = \left(\frac{11,4}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (4 \cdot 2) = 70,7\text{м} \quad (3.5)$$

А тепер розрахуємо довжину труб необхідну для опалення системи теплої підлоги у останній кімнаті, другій спальні:

$$L_5 = \left(\frac{6}{0,2}\right) \cdot 1,1 + (3 \cdot 2) = 39\text{м} \quad (3.6)$$

Тепер дізнаємося сумарну довжину, для цього нам треба скласти усю довжину труб в усіх кімнатах (контурах):

$$L = \sum L = 274{,}9\text{м} \tag{3.7}$$

Відповідно до розрахунків для системи опалення «тепла підлога», необхідно прокласти 274,9м труб діаметром 0,02 метра.

Як ми вже знаємо, тип нашої теплої підлоги - це вода, тобто вода циркулює в трубах і повинна бути нагріта. От же, тепер нам потрібно обчислити кількість води, необхідної для підігріву підлоги:

$$V = L \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot \pi = 274{,}9 \cdot \left(\frac{0{,}016}{2}\right)^2 \cdot 3{,}14 = 0{,}055\text{м}^3 = 55\text{л} \tag{3.8}$$

Для того щоб система працювала, для цього потрібно 55 літрів води, яку необхідно нагріти для обігріву будинку.

Обчислимо, скільки води в середньому потрібно в день протягом опалювального сезону, щоб задовольнити потреби в опаленні, викликані нагрітою підлогою та потребою у гарячій воді:

$$V = V_{\text{опалення}} + V_{\text{ГВС}} = 220 + 55 = 275\text{л} \tag{3.9}$$

Тому можна сказати, що для системи ГВП та для системи опалення підлоги з підігрівом необхідно нагрівати 275 літрів води на день.

Тобто нам потрібен бак-акумулятора на 300л.

Обчислимо, скільки теплової енергії потрібно використовувати для нагріву води у баку для опалення та для гарячої води в добу:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = m \cdot c \cdot (t_{\text{гар}} - t_{\text{хол}}) \tag{3.10}$$

$$Q = 300\text{кг} \cdot 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot (50\text{-}10)^\circ\text{C} = 50{,}4\text{МДж} \tag{3.11}$$

Переведемо у кВт , та отримаємо:

$$Q=\frac{50,4МДж}{3,6МДж}=14кВт\cdot год \quad (3.12)$$

Тепер, потрібно дізнатися, скільки сонячної енергії надходить у сонячний колектор на добу.

Для цього ми будемо використовувати дані про середні значення опромінювання горизонтальної площі в містах України [23], які наведені в таблиці 3.2**.**

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	2,988
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
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	2,919

Таблиця 3.2 – Опромінення [23]

Звідси ми бачимо, що за даними таблиці 3.2 добова інсоляція дорівнює = 3,3 кВт/м2 за день.

Середнє значення за день, сонячного випромінювання на похилій поверхні обчислюється за наступною формулою [24]:

$$E_{нах} = \rho E \tag{3.13}$$

Середньодобова інсоляція на похилій поверхні розраховується за формулою:

$$E_{сер} = \frac{\sum E_{нах}}{12} \tag{3.14}$$

де ρ - це коефіцієнт опромінення поверхні , що дорівнює відношення середнього значення добового випромінювання на похилу площу до середнього значення денного випромінювання на горизонтальній поверхні, яке беремо з таблиці 3.2.

Кут нахилу колектору відносно 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

Таблиця 3.3 – Середньомісячні значення ρ опромінення поверхні [25]

Тепер, коли ми дізналися середньомісячний коефіцієнт опромінення для площі під схилом, ми можемо обчислити величину середньомісячного сонячного випромінювання на похилій ділянці. Результати розрахунків у таблиці 3.4.

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	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26

Місяць	Широта місцевості 50 градусів												Середнє за місяць
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сонячна інсоляція нахиленої поверхні	4,83	4,8	5,03	4,86	5,59	4,96	5,24	6,49	5,02	4,2	3,83	4,65	4,95

Таблиця 3.4 – Середньомісячні надходження сонячної радіації на добу до нахиленої поверхні для Харкова

На підставі даних таблиці 3.4 , та технічних характеристик сонячного колектору, ми обчислимо середню кількість енергії, що випромінюється однією вакуумною трубкою на день:

$$Q_{тр}=E_{нах}\cdot S_{тр}\cdot \eta \quad (3.15)$$

Для обчислення було взято три значення інсоляції:

Середня за рік:

$$Q_{тр}=E_{нах}\cdot S_{тр}\cdot \eta = 4{,}95\cdot 0{,}094\cdot 0{,}69=0.32\,\frac{кВт}{м^2\cdot день} \quad (3.16)$$

У місяць з самою більшою кількістю сонячної радіації (Серпень):

$$Q_{тр}=E_{нах}\cdot S_{тр}\cdot \eta = 6{,}49\cdot 0{,}094\cdot 0{,}69=0{,}42\,\frac{кВт}{м^2\cdot день} \quad (3.17)$$

У місяць, з найменшою інсоляцією (Листопад):

$$Q_{\text{тр}}=\text{E}_{\text{нах}} \cdot S_{\text{тр}} \cdot \eta = 3{,}83 \cdot 0{,}094 \cdot 0{,}69=0{,}248 \frac{\text{кВт}}{м^2 \cdot \text{день}} \qquad (3.18)$$

Тепер обчислимо скільки потрібно колекторів, будемо опиратися на місяць у якому сама менша кількість інсоляції, а саме на Листопад:

$$n_{\text{тр}} = \frac{Q}{Q_{\text{тр}}} = \frac{14}{0{,}248} = 56{,}5 = 60 \text{трубок} \qquad (3.19)$$

60 трубок це 2 колектори. Тобто щоб нагрівати бак-акумулятор на 275 літрів нам необхідно 2 колектори.

Наші 2 колектори нам замінять 100% витрат води і на опалення, і на ГВП, коли не потрібне опалення, вся енергія піде на нагрів гарячої води для побутових потреб.

Проаналізуючи данні, які ми отримали у ході розрахунку, можу сказати, що 300-літрова система та 2 сонячні вакуумні колектори, є вигідною ідеєю, оскільки вони забезпечать нас на 100% водою для контурів підлогового опалення протягом опалювального сезону, а також покроять 100% вартості обігріву гарячої води. Що дає нам можливість, повністю відійти від традиційного газового котлу.

Висновки

Під час роботи були проведені розрахунки, під час яких було вирішено наступні завдання:

- ✓ проведено аналітичну перевірку існуючих видів сонячних колекторів та обрано вакуумний колектор
- ✓ виявлено втрати тепла будівлі, проведено аналіз отриманих даних та встановлені рекомендації щодо їх зменшення
- ✓ теплу підлогу було обрано в якості системи опалення і для неї розраховано необхідну кількість труб
- ✓ обчислено необхідну кількість сонячних колекторів для задоволення потреб типового об’єкта у подачі гарячої води та опалення

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дероган Д.В. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлювальних джерел / Д.В.Дероган, А.Р.Щокін // “Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії” – АТ «Укренергозбереження», 1999. - №2 – с.30-38.
2. Хахалева. Л. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Пособие для проведения лабораторного практимума. /Сост. Хахалева Л.В. – Ульяновск, 2007. – с.7-8.
3. Харченко Н.В. «Індивідуальні сонячні установки» - Енергоатомвид., 1991. – с.25
4. 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.
5. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р.Р. Авезов М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева и др.; Под ред. С.А. Чистовича. - М.: Строиздат, 1990. – с.56
6. Інформаційний ресурс про застосування сонячної енергії та енергозбереження//Сонячний вакуумний колектор: класифікація [Електронний ресурс] .- Режим доступу:: http://solarsoul.net/tipy-vakuumnyx-trubchatyx-solnechnyx-kollektorov
7. Ваш сонячний будинок // Вакуумний колектор з тепловими трубками - Режим доступу: http://www.solarhome.ru/solar/vacuum/scm.htm
8. Електронний ресурс : http://ecoenergy.kiev.ua/index.php?route=product/category&path=95
9. Електронний ресурс: http://ecoenergy.kiev.ua/index.php?route=product/category&path=75_137_96
10. Електронний ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/

11. Електронний ресурс СНИПы, нормативы, документация. Информационная система СНИПов.НЕТ «БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ І ПРАВИЛА БУДІВЕЛЬНА ТЕПЛОТЕХНІКА»: http://www.vashdom.ru/snip/II-3-79/
12. Маляренко В.А., Редько А.Ф., Чайка Ю.И., Поволочко В.Б. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений – Х.: Рубикон, 2001. – 212-222 с.
13. Счастний Є.Є., Алексахін О.О., Панчук О.В. «МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ з дисциплін «Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря на залізничному транспорті» та «Теплогазопостачання і вентиляція» до виконання курсової, контрольної (розрахунково-графічної) роботи для студентів спеціальностей ПЦБ та ТЕ» - Харків , 2016. – 5 с.
14. О. О. Алексахін, О. В. Панчук «ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЯ. ВИБРАНІ ЗАДАЧІ» Навчальний посібник. Харків , 2017. – 13 - 15 с.
15. Електронний ресурс «Климат Харькова»: https://ru.wikipedia.org/wiki/
16. Електронний ресурс «Таблица температуры грунта для различных городов стран СНГ»: http://mygarazh.com/temperatura-grunta-na-glubine
17. Електронний ресурс «СТЕКЛОПАКЕТЫ И ИХ СВОЙСТВА»: https://oknabm.ru/about/articles/steklopakety/
18. Електронний ресурс «Характеристики эковаты»: https://9999812.ru/poleznoe/harakteristiki_ekovaty
19. Технический паспорт вакуумного коллектора Atmosfera CBK-Twin Power-30. - 2 с.
20. Е.Писарев «ТЕПЛЫЙ ПОЛ. ВОДЯНОЙ ИЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ?» - Robur, 2012. – 27-28с.
21. Електронний ресурс «Интернет - магазин сантехники ВОДЯНОЙ. ТРУБА ДЛЯ ТЕПЛОГО ПОЛА FV-PLAST PE-RT 17X2 С КИСЛОРОДНЫМ БАРЬЕРОМ»:

https://xn--b1aeppdc1j.xn--j1amh/p540545717-truba-dlya-teplogo.html

22. Електронний ресурс «Расчет трубы для теплого пола»: https://profimann.com.ua/blog/kak-rasschitat-trubu-na-teplyy-pol/
23. 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).
24. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. – М. :Энергоиздат, 1982. – 80 с.
25. Рекомендации по технико-экономическому применению нетрадиционных солнечных систем теплохладоснабжения [Электронный ресурс]. – СНИПы, , документация. Информационная система СНИПов.НЕТ.– Режим доступа: http://snipov.net/c_4649_snip_101837.html. - Директивные письма, рекомендации и др.