МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Аналіз ефективності використання альтернативних джерел енергії для системи опалення котеджу»

Виконав: студент 6 курсу
магістратури групи НФ-61
Донських Олексій Дмитрович

Спеціальність 105 Прикладна
фізика та наноматеріали

Освітня програма: Прикладна
фізика нетрадиційної енергетики

Керівник: к.ф.-м.н, доцент
Семененко Володимир Єгорович

Харків - 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

ННІ Комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 105 — прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Олександр КУЛИК**
підпис ініціали, прізвище

"15" вересня 2022 року

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

Донських Олексія Дмитровича
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Аналіз ефективності використання альтернативних джерел енергії для системи опалення котеджу».

керівник роботи: Семененко В.Є., кандидат ф.-м. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "03" жовтня 2022р. №4201-5/1669

2. Строк подання студентом роботи: 20.11.2022р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

- Практичність використання сонячних колекторів.
- Розрахунок ціни встановлення таких систем.
- Аналіз практичності використання теплового насосу для опалення.
- Розрахувати тепловий баланс котеджу та рентабельність теплового насосу.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Проаналізувати типи сонячних колекторів.
2.	Розрахунок необхідної кількості сонячних колекторів.
3.	Аналіз типів теплових насосів та як вони працюють.
4.	Обчислити тепловтрати котеджу та підібрати тепловий насос.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ О.Д. Донських

Керівник роботи _____ В.Є. Семененко

РЕФЕРАТ

Робота на тему «Аналіз ефективності використання альтернативних джерел енергії для системи опалення котеджу» виконана студентом другого курсу магістратури Донських Олексієм Дмитровичем.

Виконана робота складається з вступу, основної частини, висновків. Містить 21 рисунок, 14 таблиць, 20 використаних джерел.

Проаналізовано типи сонячних колекторів та з’ясована їх практичність. Розрахована їх потужність і перспективи встановлення. Досліджені позитивні та негативні сторони таких систем, пошук альтернатив.

Аналіз теплових насосів, їх типів та принципу роботи. Обчислення теплового балансу котеджу та потужності теплового насосу, для забезпечення необхідної площі безвідмовним, альтернативним джерелом тепла.

ABSTRACT

The work on the topic "Analysis of the effectiveness of the use of alternative energy sources for the heating system of the cottage" was carried out by Oleksiy Dmytrovych, a second-year master's student of Donskyi.

The completed work consists of an introduction, the main part, and conclusions. Contains 21 figures, 14 tables, 20 used sources.

The types of solar collectors were analyzed and their practicality clarified. Their capacity and installation prospects are calculated. The positive and negative sides of such systems are studied, the search for alternatives.

Analysis of heat pumps, their types and principle of operation. Calculation of the thermal balance of the cottage and the power of the heat pump, to provide the required area with a fail-safe, alternative source of heat.

ЗМІСТ

ВСТУП……7

РОЗДІЛ 1. ГЕЛІОСИСТЕМИ……8

1.1 Типи сонячних колекторів……...……...…...8

1.2 Площа сонячних колекторів та інші компоненті системи…...…18

1.3 Інші компоненти системи…….....22

1.4 Контролери та принципові схеми геліосистем…….…….26

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ НАСОСИ: ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ…….31

2.1 Загальні відомості……..…...31

2.2 Типи та середа використання теплових насосів……33

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ БУДИНКУ….…….38

3.1 Тепловий баланс будинку.……...……33

3.2 Вибір теплового насосу для будинку…….….43

ВИСНОВКИ……...47

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….……48

ВСТУП

Станом на сьогодні дуже важливим є питання опалення дому. У зв’язку зі зростанням тарифів на електроенергію, природні ресурси та вичерпністю останніх, необхідно шукати інші джерела енергії. Гарно себе зарекомендували та дуже перспективні - нетрадиційні методи отримання енергії. З точки зору екології, під час переробки корисних копалин у атмосферу йде значний викид шкідливих речовин, альтернативний вид енергії є значно безпечнішим для довкілля, що зараз ігнорувати не можна.

Серед нетрадиційних методів отримання тепла значну долю займають геліосистеми та теплові насоси.

Метою роботи є дослідження таких систем та їх економічності задля заміщення традиційних методів опалення.

Предметом дослідження є обчислення їх потужності, рентабельності та складності встановлення.

Потрібно проаналізувати як можна більше варіантів, розрахувати їх потенціали, обчислити тепловий баланс котеджу, щоб вибрати оптимальний варіант.

РОЗДІЛ 1. ГЕЛІОСИСТЕМИ

1.1 Типи сонячних колекторів

Сонячний колектор являється пристроєм для збирання енергії випромінювання Сонця у видимому та інфрачервоному спектрі.

Вакуумний колектор із прямою теплопередачею води. У колекторі даного типу вакуумні трубки з'єднані з баком для накопичування води. З контуру теплообмінника вода потрапляє безпосередньо в трубки, нагрівається і повертається. Такі системи ще називають термосифонними. В основі принципу дії термосифонних систем лежить явище природної конвекції, коли більш тепла вода піднімається вгору, а холодна опускається вниз. У таких системах бак повинен бути розташований вище за колектор. Коли вода в трубках колектора нагрівається, вона стає легшою і природним шляхом піднімається у верхню частину бака. Більш прохолодна вода в баку тече вниз у трубки, таким чином забезпечуючи процес циркуляції у всій системі. У маленьких системах бак об'єднаний з колектором і не розрахований на магістральний тиск, тому термосифонні системи потрібно використовувати або з подачею води з ємності, або зменшуючи тиск за допомогою редукторів. Така система має мінімальний гідравлічний опір [1].



Рис. 1.1 - Вакуумний колектор із прямою теплопередачею води

Вакуумний колектор з прямою теплопередачею води та вбудованим теплообмінником. Такий колектор має всі переваги та особливості типу колекторів, що було розглянуто вище. Характерною відмінністю його від попереднього є наявність вбудованого в бак досить ефективного теплообмінника, що забезпечує під'єднання колектора з баком до напірної мережі водопостачання. При цьому в трубках, як і раніше, практично відсутній надлишковий тиск. Однією з переваг даного типу колекторів є можливість заповнення водонагрівального контуру рідиною з низькою температурою замерзання, що дозволяє використовувати його і при невеликих мінусових температурах (до мінус 5-10 градусів). Ще однією перевагою є те, що в колекторі не відбувається відкладання солей жорсткості та інших забруднень, оскільки об'єм теплоносія є незмінним, а теплоносій, що використовується, проходить тільки по внутрішньому мідному теплообміннику [2].



Рис. 1.2 – Вакуумний колектор з прямою теплопередачею води та вбудованим теплообмінником

Вакуумний колектор з термічними трубками. Головним елементом сонячних колекторів даної конструкції є термічна трубка (термотрубка) - закрита мідна трубка з невеликим вмістом рідини, що має низьку температуру кипіння. Принцип дії високотехнологічних вакуумних трубок базується на досить простому принципі теплової труби, яка є порожнистим мідним стрижнем, що запаяний з обох кінців, з певним розширенням у верхній частині. Усередині стрижня знаходиться нетоксична рідина.

При нагріванні рідини до температури кипіння вона закипає і в пароподібному стані піднімається у верхню частину - наконечник (конденсатор), температура на якому може сягати значень 250-380 °С. У наконечнику відбувається конденсація пари і віддача нею теплоти. Конденсат при цьому стікає по стінках трубки донизу, після чого процес відтворюється. Теплова трубка розміщується у скляній трубі і фіксується між двома ребрами, виготовленими з алюмінієвих сплавів. Ребра мають таку форму, щоб площа контакту з тепловою трубкою і внутрішньою поверхнею вакуумної труби була максимальною. Подібна модель ребер забезпечує максимальну передачу тепла до мідної теплової трубки, а подалі від теплоносія до проточного теплообмінника. Оскільки внутрішня порожнина теплової трубки знаходиться під незначним вакуумом, то ця рідина випаровується навіть за температури, що не перевищує 30 °С. Якщо температура є нижчою, трубка «замикається» і додатково зберігає тепло.

Тепло від головної частини термотрубки передається до основи колектора – приймача. Приймач сонячного колектора виготовляється з міді і має поліуретанову ізоляцію; його закривають нержавіючим корпусом або корпусом із алюмінієвого сплаву. Передача тепла відбувається через мідну ”гільзу” приймача. Завдяки такій конструкції опалювальний контур відокремлюється від трубок. У разі пошкодження однієї з трубок колектор продовжує успішно працювати. Процедура заміни трубок є доволі простою,

при цьому не виникає необхідність зливати теплоносій із контуру теплообмінника.

Вакуумна труба представляє собою конструкцію з двох скляних труб. Конструкція скляних вакуумних труб є подібною до конструкції термоса: одна трубка розміщена в іншій, що має більший діаметр. Зовнішня труба виготовляється з прозорого надміцного боросилікатного скла. Внутрішня труба також виготовляється з прозорого боросилікатного скла, що покривається спеціальним селективним нанопокриттям, яке забезпечує максимальне поглинання тепла при мінімальному його відбиванні. Щоб уникнути кондуктивних і конвективних тепловтрат з простору між двома трубами викачується повітря і, таким чином, створюється незначний вакуум. Для підтримки вакууму між двома скляними трубами використовується газопоглинач з барію (подібний тому, що використовується в телевізійних трубках). В процесі виробництва шар газопоглинача піддається дії досить високих температур, внаслідок цього нижній кінець вакуумної трубки покривається шаром чистого барію.

Цей шар барію поглинає речовини, що виділяються з труби в процесі зберігання та експлуатації, таким чином підтримуючи стан вакууму. Шар барію є також чітким візуальним індикатором стану вакууму. Коли вакуум зникає, сріблястий барієвий шар стає білим. Це дозволяє легко визначити, чи справна труба, всередині якої закріплена мідна теплова трубка з алюмінієвими ребрами для передачі тепла.

Основні вимоги, що пред’являються до вакуумної труби:

• у якості матеріалу використовується боросилікатне скло;

• коефіцієнт пропускання боросилікатного скла: $\geq 0{,}92$;

• здатність селективного абсорбуючого покриття, що поглинається $a \geq 0{,}94$;

• випромінювальна здатність напівсфери $\varepsilon \geq 0{,}08$;

• стартова температура +30 ° С (за такої температури теплова трубка починає працювати);

• час запуску не більше 2-х хвилин при нормальному сонячному освітленні;

• морозостійкість: витримує -40 ° С;

• термостійкість: немає явних пошкоджень після трьох разів послідовної дії холодної води з температурою до 25°С та гарячої води - понад 90°С;

• опір дії граду: витримує град Ø25 мм;

• Зовнішній вигляд: колір селективного абсорбуючого покриття повинен бути рівномірним, покриття не повинно лущитися або морщитися; підтримуючі частини всередині труби мають бути правильно та міцно закріплені;

• вигин труби з боросилікатного скла не повинен перевищувати 0,3%;

• поперечний переріз труби з боросилікатного скла, що знаходиться на 40-60 мм від кінця, повинен бути круглим. Співвідношення між найкоротшим і найдовшим радіальними розмірами скляної труби не повинно перевищувати 1,02 [2, 3].

Вакуумні трубки показують чудові результати і у хмарні дні, тому що вони мають здатність поглинати енергію інфрачервоних променів, які проходять через хмари. Завдяки ізоляційним властивостям вакууму вплив

вітру та низьких температур на роботу вакуумних труб є незначним.

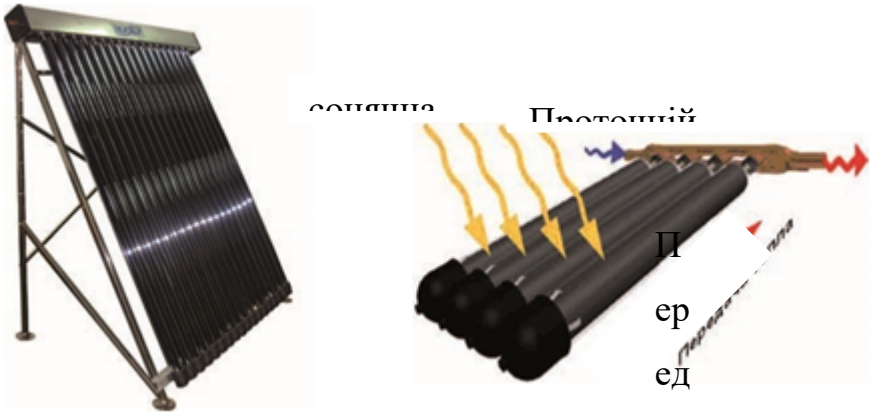


Рис. 1.3 - Вакуумний колектор з термотрубками

Плоский сонячний колектор. Плоский колектор відноситься до найпоширенішого виду сонячних колекторів, що використовуються у побутових водонагрівальних та опалювальних системах. Цей колектор має конструкцію теплоізольованої заскленої панелі, в середині якої розміщено пластину поглинача. Пластина поглинача виготовлена з металу, що добре проводить тепло (найчастіше з міді або з алюмінію). Переважною для використання є мідь, оскільки мідь має вище значення коефіцієнта теплопровідності і значно менше піддається корозії, ніж алюміній. Пластина поглинача попередньо обробляється спеціальним високоселективним покриттям, яке здатне ефективно утримувати сонячне світло. Це покриття має пошарову будову і складається з дуже міцного тонкого шару аморфного напівпровідника, який наноситься на металеву основу і відрізняється високою здатністю до поглинання світла у видимій частині спектру, а також, низьким коефіцієнтом випромінювання в довгохвильовій інфрачервоній області. Завдяки наявності скла (у плоских колекторах зазвичай використовується матове, що пропускає тільки світло, скло з низьким вмістом заліза) знижуються втрати тепла. Дно та бічні стінки колектора

покривають теплоізолюючим матеріалом, що ще більше скорочує теплові втрати [4].

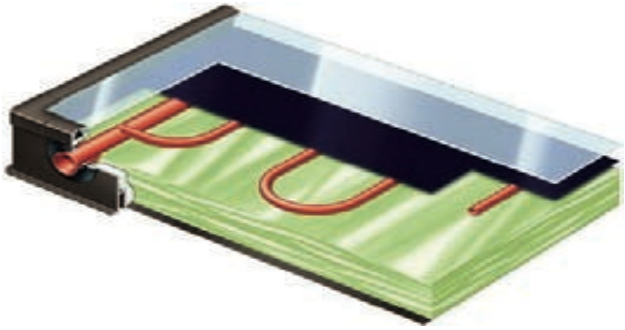


Рис. 1.4 - Плоский сонячний колектор

Позитивні та негативні риси сонячних колекторів наведених типів, і параметри, що їх характеризують, зведено і таблицю 1.1.

Таблиця 1.1. Параметри сонячних колекторів

Назва	Порівняльна ефективність квітень-жовтень, залежно від площі	Порівняльна ефективність листопад-березень, залежно від площі	Проблема розмноження бактерій	Порівняльна ціна	Ремонто-придатність	Нагрівання теплоносія до температури
Вакуумний колектор із прямою теплопередачею воді	90%	0	так	20%	70%	95°C
Вакуумний колектор з прямою теплопередачею воді та вбудованим теплообмінником	95%	70%	ні	65%	60%	95°C
Вакуумний колектор з термотрубками	100%	100%	ні	100%	100%	250°C
Плоский сонячний колектор	60%	33%	так	60%	30%	95°C

Виходячи з наведених у літературі даних, можна зробити висновок, що вакуумний колектор з прямою теплопередачею теплоносію (воді) необхідно використовувати відповідно до сезону, переважно з квітня до жовтня. Подальше їх використання є неможливим із-за великої ймовірності замерзання рідини всередині трубок та пов'язаного з цим пошкодження приладу. Цей вид колектора працює виключно без тиску (не допускається тиск у баку більше 0,2 атмосфер), тому підключення даного обладнання до магістральних трубопроводів є можливим лише за умови використання понижувального редуктора або відкритого бака з механізмом поплавця. У зв'язку з цим, якщо на виході існує необхідність створення напору (наприклад, для роботи сантехнічних приладів - кранів, санвузла і т.п.), після сонячного водонагрівача потрібно розмістити гідроакумулятор (насос з гумовим баком), розрахований на роботу з гарячою водою. Також до недоліків даного типу колекторів можна віднести можливість відкладання солей та інших речовин, що призводять до забруднення внутрішньої поверхні трубок з причини підвищеної жорсткості або забрудненості води. Експлуатація колектора з такими вадами може призвести до погіршення властивостей вакуумних трубок. Вакуумний колектор із прямою теплопередачею теплоносію (воді) та вбудованим теплообмінником є найбільш технологічним варіантом виду колектора, що було розглянуто до цього. За рахунок відсутності необхідності заміни теплоносія (допускається використання рідин, що мають низьку температуру замерзання у порівнянні з водою і збільшення діапазону експлуатації до -5...-10 °С) у вакуумних трубках, ризик забруднення внутрішніх поверхонь є мінімальним. Крім того, існує можливість підключення колектора до труб з магістральним тиском. Плоский сонячний колектор є найбільш оптимальним для застосування при необхідності використовувати енергію сонця у сезон з квітня по жовтень. За рахунок відносно невисокої вартості колектор такого типу є найбільш

оптимальним для нагрівання води в будинку та у басейні у цей відрізок року. Під час холодів за мінусових температур плоский сонячний колектор не може бути джерелом тепла, оскільки для колекторів такого типу є характерними великі втрати тепла в навколишнє середовище. До недоліків цього типу колекторів, також можна віднести досить незначні температури нагріву теплоносія, що циркулює в системі, які стимулюють виникнення та розмноження хвороботворних бактерій. Така вада відсутня у системах з вакуумними колекторами. У разі, якщо буде пошкоджене скло, що забезпечує герметизацію, ефективність колектора значно зменшується, оскільки тепло в такому разі буде витрачатися переважно на обігрів навколишнього середовища. До недоліків також можна віднести відсутність парникового ефекту, що дозволяє достатньо ефективно нагрівати теплоносій. Переважно сонячні колектори встановлюють на даху будинку, тому для монтажні організації звертають увагу на легкість доставки та монтажу системи. Оскільки плоскі сонячні колектори є нерозбірним блоком великих габаритів, це ускладнює підйом обладнання для монтажу на дах будинку і подальшу роботу з їх монтажу. Оскільки для плоских колекторів максимальна температура нагріву води не перевищує 80-90 °С, в таких системах із плоскими колекторами існує загроза розповсюдження бактерій та інших мікроорганізмів, яка відсутня у системах із вакуумними колекторами. Вакумний колектор з термотрубками відноситься до найбільш технологічних сучасних типів колекторів. Він може ефективно працювати за температур навколишнього середовища до -30 °С. Перевагою такого колектора у порівнянні з плоским колектором є те, що при механічних пошкодженнях вакуумних трубок їх можна достатньо просто замінити не зупиняючи систему і не видаляючи з неї теплоносій. Завдяки спеціальній формі трубок і можливості більш ефективно поглинати сонячну радіацію, з одного $м^2$ вакуумний колектор збирає в півтори рази більше теплової енергії. До

недоліків цього типу приладів можна віднести відносно велику ціну. Але цей недолік компенсується великою кількістю переваг.

Використання описаних типів вакуумних колекторів у якості джерел тепла є досить вигідним. З одного квадратного метра сонячного колектора можна отримувати приблизно 500 кВт·год тепла на рік. Щорічна потреба однієї людини у гарячій воді складає близько 1500 кВт·год тепла, а для опалення одного квадратного метра сучасного житла необхідно в середньому приблизно 100 кВт·год на рік. Якщо обладнати об'єкт геліоприставкою, то можна отримати додаткове джерело, здатне постачати в систему теплопостачання від 30 до 70 % необхідного тепла [3, 4].

Системи сонячних колекторів

Наразі використовують найбільш поширені схеми підігріву води:

• Одноконтурні – для забезпечення сезонного теплопостачання, або в місцевостях, де температури не опускаються нижче нуля протягом усього року. Вода при цьому має бути м’якою і чистою. В цьому випадку пропонуються системи сонячних колекторів з відсутністю тиску (вакуумний колектор із прямою теплопередачею теплоносію - воді).

• Двоконтурні - для забезпечення використання протягом усього року, а також у місцевостях, що характеризуються наявністю жорсткої та/або забрудненої механічними домішками водою.

Кожна із вказаних систем може мати природну та примусову циркуляцію теплоносія. Природна (пасивна) циркуляція теплоносія відбувається без використання насосів і помп. Нагріта вода в контурі піднімається природнім чином в верхню частину системи, а холодна опускається в нижню. У цьому випадку бак-акумулятор повинен бути розташованим вище за колектор. У разі штучної (активної) циркуляції рух

теплоносія забезпечується за допомогою насосного обладнання.

У системах з примусовою циркуляцією колекторний контур містить циркуляційний насос, що дає можливість встановлювати бак-акумулятор в будь-якій частині будівлі. Напрямок руху теплоносія повинен збігатися з напрямом природної циркуляції теплоносія в колекторі. Приведення в дію насоса проводиться контролером, що представляє собою диференціальне керуюче реле, яке здійснює порівняння показів датчиків температури, що встановлені на виході з колектора і безпосередньо у баку. Насос вмикається, якщо температура в колекторі вища за температуру води в баку. Існують контролери, що дозволяють змінювати швидкість обертання та подачу насоса, і при цьому підтримувати незмінною різницю температур між колектором і баком. Системи сонячних колекторів з успіхом можуть бути застосовані для реалізації технології «тепла підлога» та підігріву води в басейні.

1.2 Площа сонячних колекторів та інші параметри системи

Основне завдання визначення площі сонячного колектора зводиться до визначення кількості тепла, необхідного для системи. Коли буде отримано цифру, що визначає необхідне тепло, можна приступати до розрахунку трубки вакуумного сонячного колектора. Це завдання спочатку вирішимо на основі тепла, яке необхідне для системи гарячого водопостачання.

Сім'я - 4 особи. У середньому на людину витрачається на день 50 літрів води. Сумарний обсяг нагрівача розраховується як 1,5 добової потреби. Відповідно $(50 \cdot 4) \cdot 1{,}5 = 300$ л. Середня температура води в системі - 16°С. Вона має бути нагріта до 50°С, тобто 50-16 = 34°С.

Визначаємо кількість енергії, необхідної для нагрівання цієї кількості

води. Враховуємо, що для нагрівання одного літра води на один градус треба витратити енергію, що дорівнює 1 ккал.

$$300 \cdot 34 = 10200 \text{ ккал.}$$

або

$$10200/859{,}8 = 11{,}86 \text{ кВт·год.}$$

Визначаємо кількість енергії, яка може поглинатися та перетворюватися на тепло сонячними колекторами. У липні сонячна енергія на 1 $м^2$ становить 5,72 кВт·год·$м^2$ / добу, а в лютому 1,98 кВт·год·$м^2$ / добу. Сонячний колектор може поглинати до 80% енергії сонця.

Значення передачі поглиненої енергії вакуумними трубками дорівнює $5{,}72 \cdot 0{,}8 = 4{,}576$ кВт·год/добу площі поглинання колектора для липня.

Значення передачі поглиненої енергії вакуумними трубками дорівнює $1{,}99 \cdot 0{,}8 = 1{,}592$ кВт·год/день площі поглинання колектора для лютого.

Площа поглинання вакуумної трубки діаметром 58 мм та довжиною 1800 мм складає 0,08 $м^2$. Одна трубка здатна отримувати та передавати сонячне тепло у розмірі 0,366 кВт·год та 0,127 кВт·год відповідно у липні та лютому. Використовуючи значення, обчислене вище, визначаємо кількість трубок, яку необхідно встановити. Енергія, що витрачається на нагрівання потрібної кількості води, становить 11,86 кВт·год. Енергія, яку зможе передати одна вакуумна трубка, в залежності від місяця становить 0,366 кВт·год та 0,127 кВт·год.

Липень – $11{,}86/0{,}366 = 32{,}4 = 33$ трубки.

Лютий – $11{,}86/0{,}127 = 94$ трубки.

Розрахунок сонячної установки ГВП продуктивністю 250 л/добу, підтримка опалення (на основі тепловтрат 10 кВт для будинку площею до 125 м^2), гаряче водопостачання у відкритому басейні 23 м^3. Визначте кількість енергії, необхідну для нагрівання 250 л води від 16°С до 50°С. Враховуйте, що для нагрівання 1 літра води на 1 градус потрібно витратити енергію, еквівалентну 1 ккал - 250·34 = 8500 ккал.

8500/859,8 = 9,9 кВт·год.

Необхідна кількість трубок:

Липень – 9,9 / 0,366 = 27 трубок.

Лютий – 9,9 / 0,127 = 78 трубок.

Для підтримки опалення у січні значення сонячної радіації становитиме 1,2 кВт·год/м^2/добу. Тобто 1,2·0,8·0,08 = 0,08 кВт·год / м^2/ добу поглинає одна трубка, відповідно 9,6 кВт·год / м^2/ день поглинає 120 трубок. Для підтримки температури 25-26 °С у відкритому басейні 23 м^{3}потрібно близько 120 трубок. Отже, вибираємо 30 трубок для ГВП+120 трубок для підігріву басейну (у зимовий період використовується на підтримку опалення).

Разом 150 трубок. Вибираємо двоконтурний бак непрямого нагріву. Розраховуємо обсяг заповнення опалювальної системи (радіатори, фанкойли, теплі підлоги, довжини та діаметри трубопроводів), орієнтовно приймаємо 15 л на 1 кВт тепла. Отримуємо 150 л (+ ГВП 250 л/добу). Тобто, обираємо 2 баки - 250 і 150 літрів. Теплові втрати приміщення - 80 Вт на 1 м^2.

Розрахунок наведено для системи опалення з параметрами радіаторів 60/50/15°С. Час роботи ТЕНів електрокотла в нічний період становить близько 8 годин.

У таблиці 1.2 наведено характеристики вакуумних сонячних колекторів

із термотрубками ТМ RUCELF.

Таблиця 1.2 - Параметри колекторів RUCELF

Модель	SCV-30-1800-58
Вид колектору	Подвійні скляні вакуумні трубки з тепловими стрижнями
Кількість труб	30
Діаметр труб	58 мм
Матеріал труб	Боросилікатне скло
Коефіцієнт поглинання	> 0,94%
Коефіцієнт випромінювання	< 0,06%
Вакум	$P \leq 5 \cdot 10^3$ Па
Площа поглинання труби	0,08 $м^2$
Прозорість зовнішньої труби	0,95
Макс. температура застою	240°C
Коефіцієнт втрати тепла	0,6 Вт/(м·°C)
Макс. робочий тиск	300 кПа
Макс. міцність труб	0,8 МПа
Робоча рідина	очищена вода/пропіленгліколь
Робоча температура кипіння	36°F / 30°C
Кут нахилу	15° – 90°

Матеріал теплообмінника	мідь
Робочий тиск	0,6 МПа
Швидкість потоку у колекторі	0,1 л/трубу/хв
Швидкість потоку у колекторі	15 л/хв

1.3 Інші компоненти системи

Розширювальний бак. Теплоносій циркулює в гідравлічній мережі, яка являє собою замкнутий об'єм кінцевих розмірів. При зміні температури теплоносія змінюється і його обсяг. Оскільки збільшення об’єму відбувається в замкнутому просторі, підвищення температури призведе до збільшення внутрішнього гідростатичного тиску, що може зруйнувати елементи гідромережі. Особливо «критичними» є з’єднання трубопроводів. Для компенсації збільшеного обсягу в системі слід передбачити розширювальний бак. Розширювальний бак - відкритий, з'єднаний з атмосферою, закритий без мембрани з регульованим надлишковим тиском і закритий мембраною.

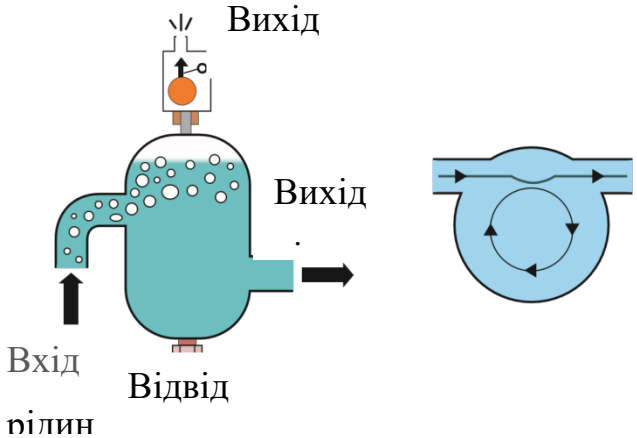


Рис. 1.5 - Автоматичний повітровідвідник.

Розширювальний бак у замкнутій гідравлічній системі виконує такі

функції:

сприймає надлишки теплоносія, що утворюються під час його нагрівання;

відшкодовує спад води в системі при її охолодженні;

підтримує сталість тиску в «нульовій» точці гідравлічної системи, у тому числі гідростатичний тиск при відключенні насосів, щоб не допустити «догляду» води з верхніх точок системи;

підтримує надлишковий тиск у гідравлічній системі у певному діапазоні тисків від мінімального до максимального значення;

сигналізує про рівень води в системі та керує роботою підживлювальних насосів.

Закритий розширювальний бак з мембраною є сталевою циліндричною посудиною, розділеною на дві частини гумовою мембраною, в одній частині якої під певним тиском знаходиться газ (зазвичай азот), інша частина з'єднується з гідравлічною системою і заповнюється теплоносієм, рис. 1.6 .

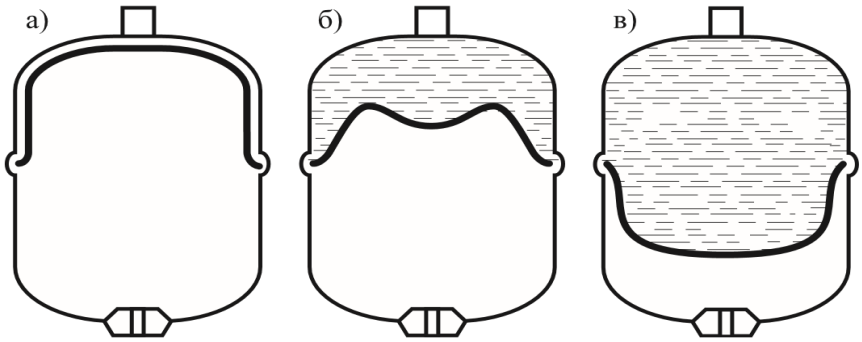


Рис. 1.6 – Схема мембранного розширювального баку

Місце розташування розширювального бака у системі вибирається залежно від необхідного тиску з огляду на те, що у точці установки розширювального бака підтримується сталість тиску, незалежно від цього

працює насос чи він вимкнений. При з'єднанні розширювального бака з трубною магістраллю тиск у точці «0» визначається згідно з рис. 1.7.

Для закритого розширювального бака з мембраною або без: P_a– атмосферний тиск; P_1- тиск попереднього налаштування бака;

а) $P_0 = P_1 + \rho gh$

б) $P_0 = P_1 - \rho gh$;

де h – висота рівня рідини щодо точки «0»; ρ – щільність рідини; розширювального бака до магістралі. P_0- тиск у місці приєднання бака до магістралі.

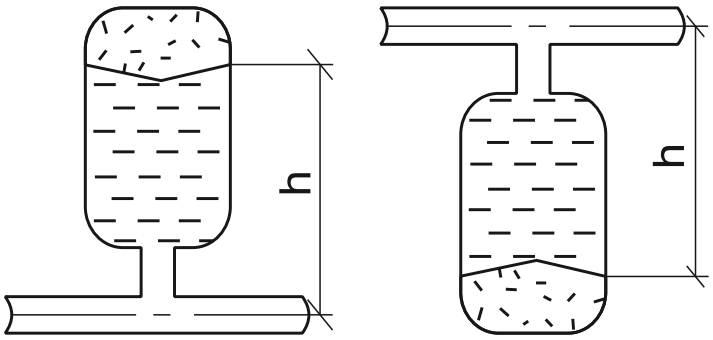


Рис. 1.7 - Тиск у точці приєднання

На рис. 1.8 показано, який тиск буде підтримуватися в гідравлічній системі до і після насоса: а) при встановленні розширювального бака на всмоктувальній стороні насоса і б) на стороні нагнітальної насоса при працюючому або відключеному насосі.

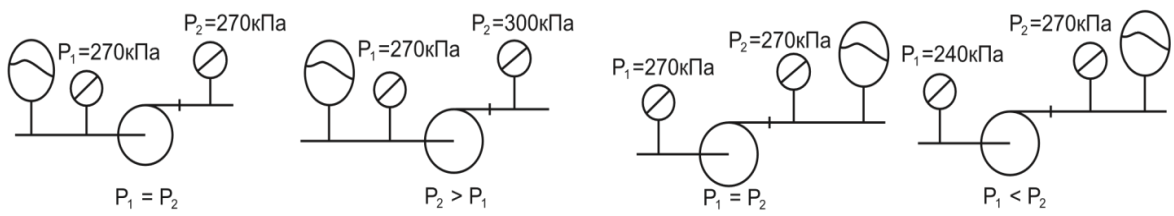


Рис. 1.8.

Коли насоси вимкнені, тиск перед насосом P_1 і після насоса P_2 дорівнює гідростатичному тиску в точці підключення розширювального бака (точка «0»). Коли насос працює і на стороні всмоктування насоса встановлено розширювальний бак, тиск P_1 дорівнює тиску в точці «0», а тиск P_2 перевищує тиск у точці «0». Якщо розширювальний бак встановлений на напірній стороні, тиск на стороні всмоктування насоса P_1 буде нижчим, ніж тиск у точці «0». В цьому випадку знадобиться великий розширювальний бак.

Корисний об'єм закритого розширювального бака визначають за формулою:

$$V_{рб} = \Delta V / [P_{пр} \cdot (1 / P_{мин} - 1 / P_{макс})]$$

де ΔV - збільшення обсягу рідини в системі при нагріванні, $м^3$, визначається як $\Delta V = V_c \cdot (\rho_1/\rho_2 - 1)$,

де ρ_1, ρ_2 - густина рідини при мінімальній і максимальній температурі в системі, $кг/м^3$.

Приріст обсягу рідини в системі при нагріванні іноді виражають через коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія:

$$\Delta V = \beta \cdot \Delta t \cdot V_c,$$

де Δt - зміна температури від мінімального до максимального значення в системі, °С; $\Delta t = t_{макс} - t_{мін}$.

Середній коефіцієнт об'ємного розширення води становить 0,0006 1/°С.

У холодному колекторі повинен підтримуватися надлишковий тиск не менше 0,1 МПа. Якщо статична висота дорівнює 8 м, то тиск в приладі буде 0,18 МПа. Тиск у розширювальному баку - на 0,03 МПа нижче заданого тиску установки.

У гарячому стані тиск установки підвищується приблизно на 0,1-0,2 МПа. Щоб при утворенні пари із запобіжного клапана не виходив теплоносій, розширювальний бак розраховують з досить великими розмірами, що дозволяє прийняти вміст колекторів при утворенні пари.

Внутрішня поверхня бака водонагрівача захищена від корозії емалевою глазур'ю. Змінний магнієвий анод подовжує термін служби бака і захищає від корозії. Ізоляція товщиною 50 мм мінімізує втрати тепла. Вбудований електронагрівач - в центрі бака.

Таблиця 1.3 - Баки-акумулятори

Об'єм розширювального бака в залежності від бака-акумулятора							
Об'єм бака-акумулятора, л	100...150	200...250	300	400	500	750	1000
Об'єм розширювального бака, л	5	8	12	18	24	33	50

Всі котли повинні бути встановлені в закритих приміщеннях, захищених від атмосферних впливів [4].

Особливо ефективне використання сонячної енергії забезпечується за допомогою інтелектуальних регуляторів управління в поєднанні з сонячними колекторами. Регулятори призначені для використання в одноконтурних і багатоконтурних сонячних установках.

Контролери є обов'язковими елементами геліосистем з примусовою циркуляцією теплоносія. Він призначений для керування процесом нагріву від сонця, для контролю стану геліосистеми та, залежно від контролера, може контролювати інші теплові процеси в системі. Контролер отримує

інформацію від датчиків температури (один з яких повинен бути розміщений на сонячному колекторі) і вибирає необхідний режим роботи.

Ефективність і безпека геліосистеми значною мірою залежить від контролера: правильності закладених алгоритмів роботи геліосистеми, надійності елементів.

Переваги:

• Можливість автоматичного регулювання витрати теплоносія (регулювання витрати циркуляційного насоса) за різницею температур (реалізована не у всіх моделях контролера).

• Стабільність роботи системи: скоріше досягнення необхідної температури, забезпечення додаткового виробництва теплової енергії за рахунок збільшення часу роботи системи вранці, ввечері та в хмарну погоду, економія електроенергії за рахунок зменшення споживання електроенергії циркуляційними насосами.

• Універсальність. Всі моделі контролерів можна використовувати для різних цілей в геліосистемах. Наприклад, підігрів гарячої води, підігрів води для басейну, опалення.

• Висока надійність. Це досягається завдяки оптимально підібраним компонентам, укладеним у герметичний полікарбонатний корпус, що забезпечує захист від прямих ударів струменів води (клас захисту IP 65). Кожен контролер проходить суворе тестування для виявлення можливих несправностей під час виробництва.

• Просте управління режимами системи. Стан системи можна легко контролювати за допомогою дисплея передньої панелі. Контролери не потребують постійного калібрування. Всі необхідні налаштування проводяться монтажною організацією в процесі установки.

Таблиця 1.5 – Опис контролерів [4]

Модель	Призначення	Функціональні особливості
Контролер електронний SR 868 C8	Керує двома або одним насосом в однофункціональних або багатофунк-ціональних системах з єдиним акумулятором тепла: ГВП або басейн або опалення або ГВП+опалення (комбінований бак). Через бак-акумулятор можлива реалізація 3-х контурної схеми для ГВП та басейну із спільною роботою котла.	Аналізує інформацію від 3х датчиків температури (низ бака, верх бака, колектор); можливість управління двома насосами; захист від перегріву води у баку; контроль аварійних ситуацій;
Контролер електронний SR 728 C	Керує двома насосами або одним насосом та 3-х ходовим клапаном в однофункціональних або багатофункціональних системах з єдиним або двома окремими	Аналізує інформацію від 5 датчиків температури; захист від перегріву води у баку; контроль аварійних ситуацій; можливість гнучкого налаштування режимів роботи.

	акумуляторами тепла: ГВП та басейн або ГВП та опалення. Через бак-акумулятор для опалення можлива реалізація 3-х контурної схеми іншого споживача теплової енергії.	

Гаряче водопостачання, сім'я із 3-5 осіб (добове споживання гарячої води до 300 літрів).

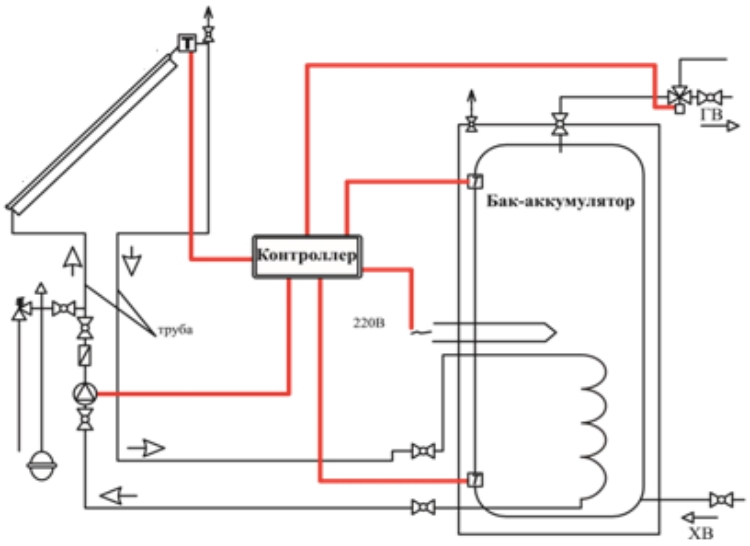
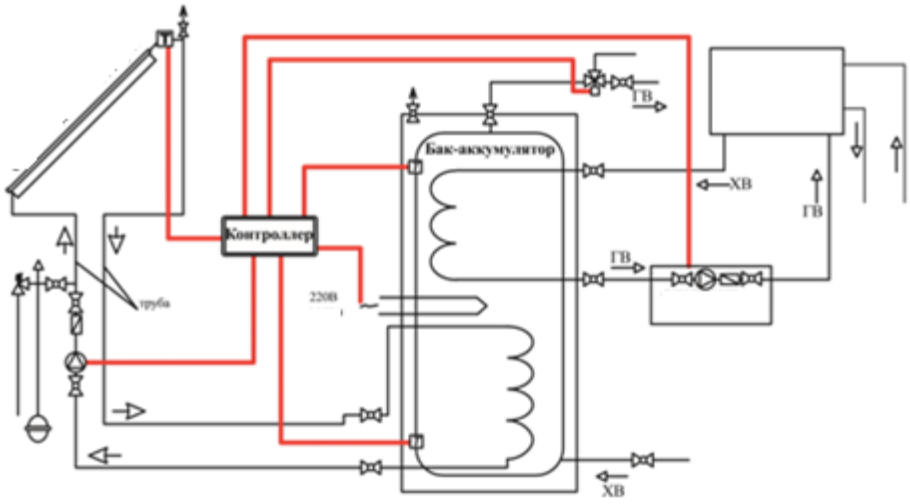
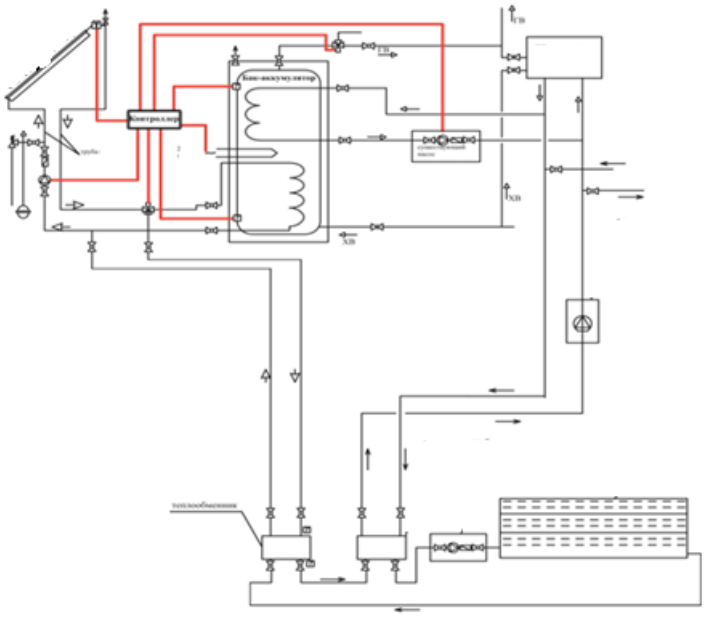


Рис. 1.9. - Вироблення теплової енергії геліосистемою для ГВП



Гаряче водопостачання + відбір на опалення (до 100 м^2) з можливістю підключення до газового або електрокотла, (добове споживання гарячої води до 200 л).



Гаряче водопостачання + підігрів басейну (площа дзеркала 18-20 м^2, критий) + відбір на опалення (до 100 м^2) з можливістю підключення до існуючого газового, електрокотла (добове споживання гарячої води до 200 л).

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ НАСОСИ: ТИПИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1 Загальні відомості

Концепція теплового насоса з'явилася в 1852 році В. Томсоном на основі роботи Карно та вдосконалена П. Ріттером фон Ріттінгером. Останній вважається винахідником теплового насоса, сконструювавши та встановивши перший тепловий насос у 1855 році.

До теплових насосів належать також кондиціонери та холодильники. ТН використовується як для опалення, так і для охолодження. При використанні для обігріву вони проходять той самий термодинамічний цикл, що й холодильник, тільки у зворотному напрямку, віддаючи тепло кімнаті, що нагрівається, і відбираючи тепло від холодного повітря навколо них.

Тепловий насос - пристрій, що передає розподілену теплову енергію в контур опалення або гарячого водопостачання. Принцип роботи теплових насосів заснований на замкнутому циклі Карно. Теплові насоси належать до альтернативних джерел енергії та дають змогу отримувати дешеве тепло без шкоди для довкілля.

Робота теплового насосу поділяється на 5 етапів:

- кипіння фреону у випарнику;
- стискання холодоагенту компресором;
- передача температури конденсатора опалювального контуру;
- охолодження конденсату холодоагенту через дросельний клапан;
- повернення охолодженого(рідкого) фреону в теплообмінник випарника.

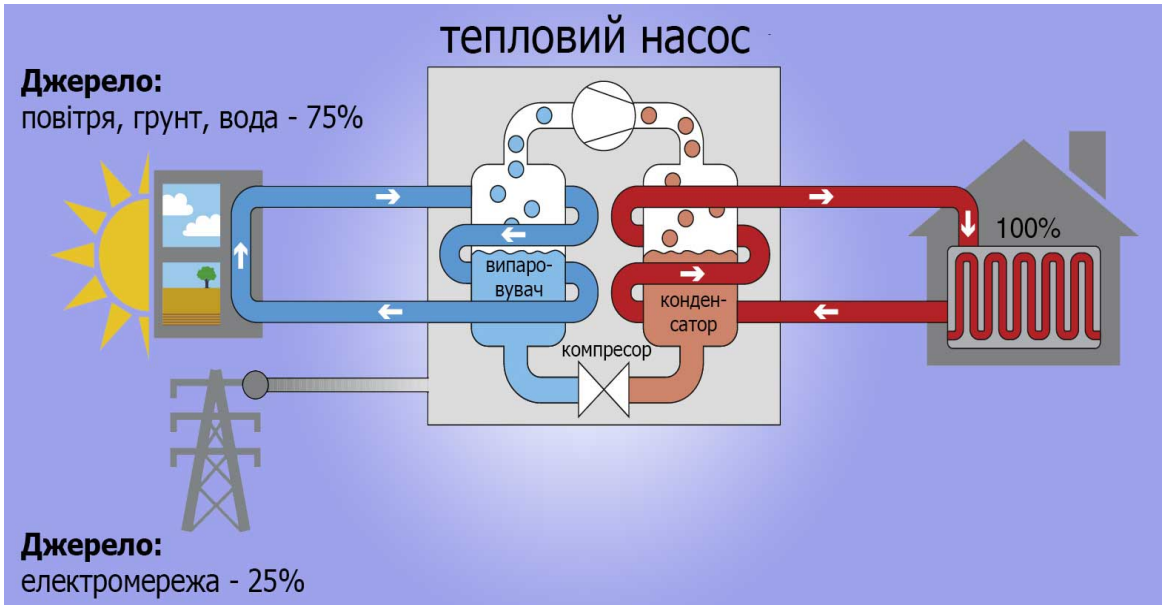


Рис. 2.1 - Схема роботи ТН

Основна задача теплового насосу - опалення або охолодження. Другорядна функція - нагрів води.

Тепло може отримати:

з близького водоймища;

з підземних вод глибиною до 15-20 м;

з ґрунту, глибина укладання горизонтального колектора до 1,2-1,5 м;

із свердловин глибиною до 30-45 м [5].

Компресійні елементи установки - компресор, конденсатор, розширювач і випарник. Тепло виділяється завдяки циклу стискання-розширення теплоносія. Це дуже простий да популярний тип теплових насосів.

Абсорбційні - теплонасоси нового покоління, в такому типі робочим тілом виступає пара абсорбент-хладон.

За джерелом тепла поділяють на геотермальні та повітряні.

Ті, які використовують вторинне тепло (джерело тепла - повітря, вода, каналізаційні стоки).

2.2 Типи та середа використання теплових насосів

По типу теплоносія вхідного або вихідного контуру:

«Повітря-повітря» - забирає тепло у холодного повітря, знижуючи його температуру та віддає його в опалювальне приміщення.

«Вода-вода» - забирає тепло ґрунтових вод та передає воді для опалення та гарячого водопостачання.

«Вода-повітря» - використовуються свердловини для води і повітряна система опалення.

«Повітря-вода» - атмосферний, тепло використовують для водяного опалення.

«Грунт-вода» - по трубам, прокладеним під землею циркулює вода, та забирає тепло з грунту.

Доцільність використання ТН. Універсальність - вирішуються проблеми опалення, гарячої води та кондиціонування повітря.

Безпека. Не виділяється шкідливих речовин, оскільки не використовується паливо.

Екологічність - така техніка є максимально екологічною, оскільки не має шкідливих викидів і не може забруднювати навколишнє середовище, тому, враховуючи, наскільки ретельно це питання розглядалося останнім часом, то воно актуальне.

Вогнестійкий – не потребує нагляду, мінімальні налаштування.

Інтелектуальне управління та економічний режим роботи, контроль мікроклімату за допомогою датчиків температури та вологості.

Економічно вигідний – за обігрів будинку та нагрівання води платити потрібно в декілька разів менше, ніж з електрокотлом та бойлером. Економія сягає 75-80 %,а газовий котел у 2-3 рази дорожче в експлуатації, ніж ТН.

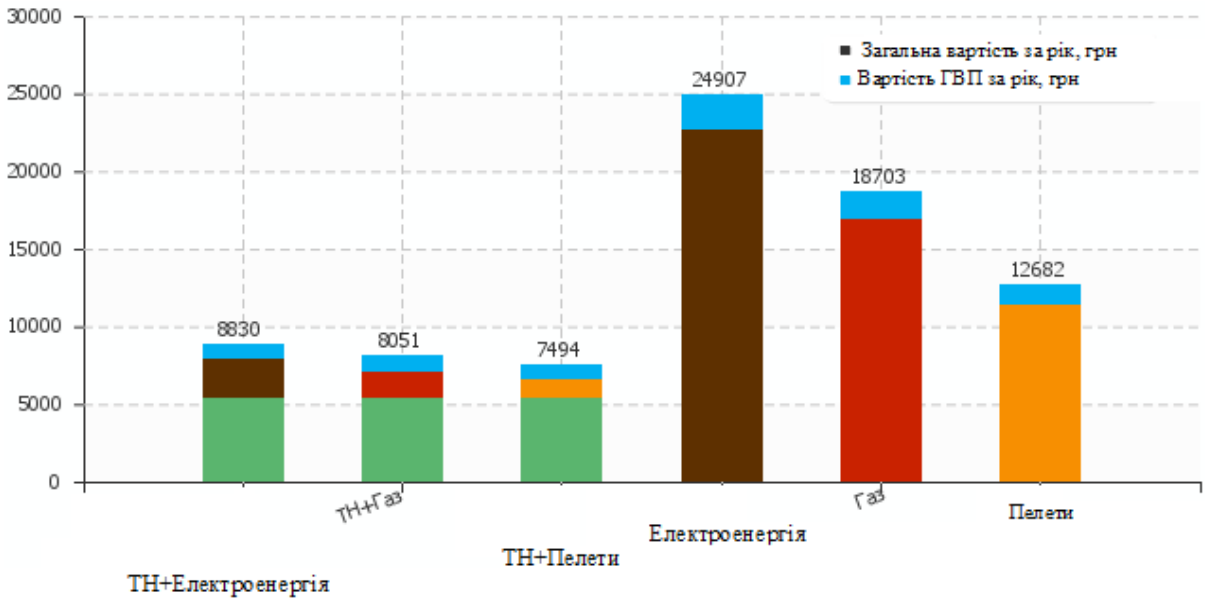


Рис. 1.3 – Витрати на різні системи опалення

До недоліків теплових насосів можна віднести високу вартість обладнання, складний і дорогий монтаж зовнішніх підземних або підводних контурів теплообміну. Шум котельні під час роботи. Щоб робота теплового насоса була максимально стабільною, його необхідно підключити до трифазної електромережі. У таких компресорах використовуються великі пускові струми, тому необхідно розрахувати джерело живлення.

Геотермальний тепловий насос - використовує надлишки тепла з шару поверхневого ґрунту, свердловин або водоймища.

Температура на глибині взимку завжди позитивна - до 5-10 °С. Тепла достатньо, щоб ґрунтовий ТН взимку опалював приміщення.

Тепловідвід прокладений трубчастим пластиковим колектором або занурений подвійним зондом, циркулює теплоносій і не замерзає навіть в

зимових умовах. Для великих житлових приміщень потрібні довші труби або глибші зонди. Питома потужність ґрунтових тепловідводів коливається від 8 до 32 Вт/м².

Якщо недалеко від є ставок або водойма з достатнім об'ємом води та глибиною, на дно укладають спіралі і кільця пластикового колектора.

Тепловий насос «вода-вода»

ТН вода-вода, працює на принципі витягання тепла з підземних вод, метод складний в установці. Температура води на глибині стала - приблизно +10 ° С [10-14].

Для установки необхідний аналіз глибини водного горизонту, кількості, якості та чистоти води. Його єфективність по теплу та холоду не залежить від атмосферних умов та сезону року. Коефіцієнт перетворення енергії досить високий, проте встановлення та обслуговування проблематичні.

ТН вода-вода для опалення - гарний варіант якщо грамотного підбрати та розрахувати обладнання, та при висококваліфікованому монтажі та пусконалагодженні.

Ціна геотермального і водяного ТН висока через необхідність досліджень і дорогих монтажних робіт.

Тепловий насос «повітря-вода»

Цей ТН більш доступний за ціною і установкою. Вони підходять для інтеграції в системи опалення і відразу стають рентабельними в новобудовах.

Рекомендується резервне джерело тепла, оскільки теплові характеристики залежать від температури навколишнього середовища.

Є моноблочні макети і набори (зовнішній і внутрішній блоки). Система має коефіцієнт енергоефективності до 5 і більше і може працювати при температурах до -25 °С. Це найпоширеніші ТН на більшій частині території України.

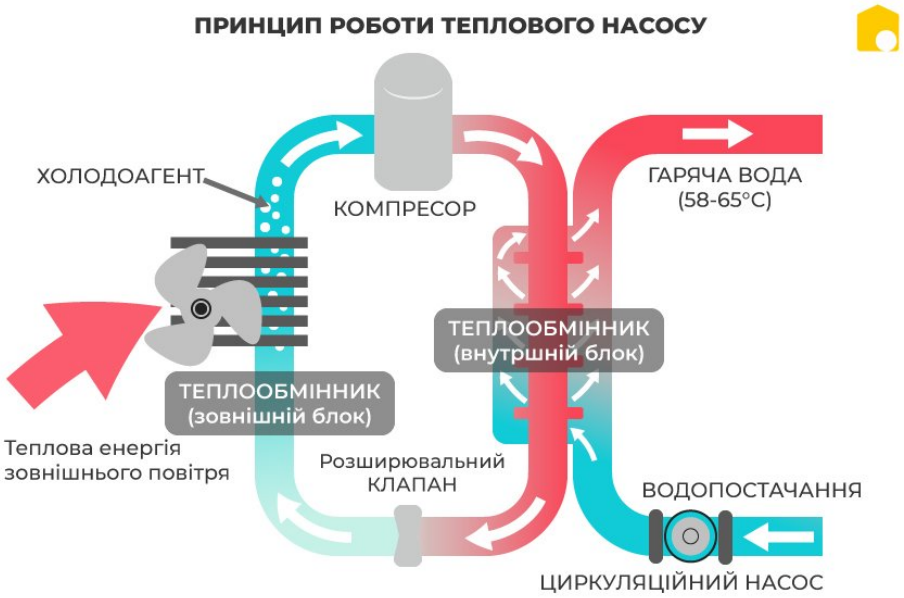


Рис. 2.3 – Схема ТН «повітря-вода»

Теплові насоси типу «повітря-повітря» функціонують як кондиціонери «охолодження/нагрівання», які використовують тепло від вентиляції та зовнішнього повітря, щоб віддавати пріоритет лише опаленню. Такі системи опалення використовуються як системи економії витрат на опалення. Вони мають високі показники сезонної енергоефективності.

ТН використовується для підігріву води в басейнах, техпроцесах і промислових приміщеннях.

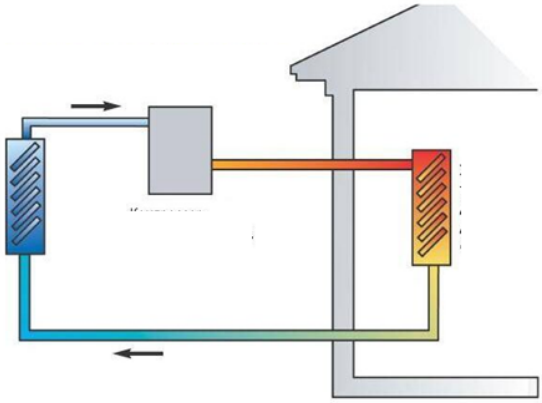


Рис. 2.7 – Схема ТН «повітря-повітря»

Проаналізувавши всю інформацію, було вирішено використовувати тепловий насос «повітря-вода», так як він більш доступний і практичний у багатьох аспектах.

Такі насоси встановлюють для:

- систем опалення приватних будинків, особняків, багатоквартирних будинків, адміністративних будівель або установ;
- нагріву води в басейнах;
- опалення теплиць і фермерських господарств;
- опалення виробничих будівель;
- влаштування систем опалення в нових будівлях;
- поліпшення або заміни газових та інших котелень в уже давно побудованих будинках [15-20].

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ БУДИНКУ

3.1 Тепловий баланс будинку

Клімат області помірно континентальний. Середня температура січня в цьому регіоні становить (-2) - (-7) °С, а середня температура липня (+23) - (+25) °С.

Щоб вибрати тепловий насос, необхідно розрахувати тепловий баланс вашого будинку. Для розрахунку щорічної втрати тепла через стіни, потрібно знати реальний опір стінок, вікон, стелі та підлоги.

Коефіцієнт внутрішньої та зовнішньої поверхні:

$$\alpha_{\text{звн}} = 23{,}2\ \text{Вт/м}^2\text{К} \quad , \quad \alpha_{\text{вн}} = 8{,}8\ \text{Вт/м}^2\text{К}.$$

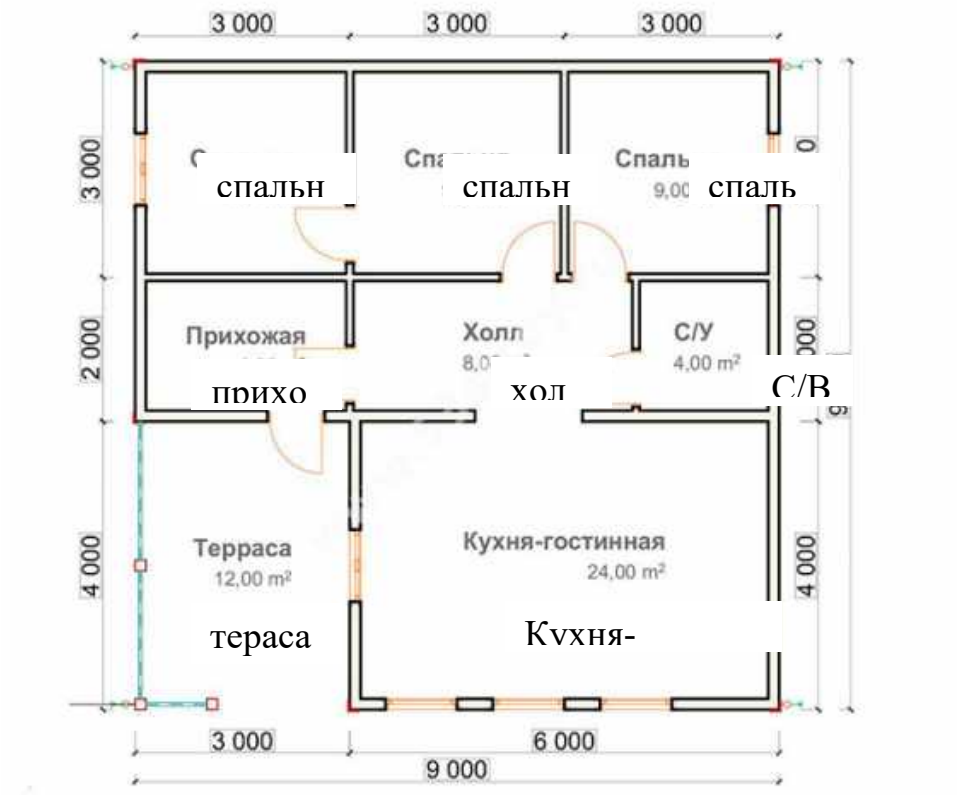


Рис. 3.1 – План приватного будинку

Таблиця 3.1 – Характеристики зовнішніх стін будинку

Найменування матеріалу	Символ	Характеристика
Товщина кулі штукатурки	$\delta_{\text{шт}}$	0,02 м
Теплопровідність штукатурки	$\lambda_{\text{шт}}$	0,75 Вт/м К
Товщина цегляної кладки	$\delta_{\text{ц}}$	0,52 м
Теплопровідність цегляної кладки	$\lambda_{\text{ц}}$	0,65 Вт/м К

Таблиця 3.2 – Характеристики стелі будинку

Найменування матеріалу	Символ	Характеристика
Товщина кулі штукатурки	$\delta_{\text{шт}}$	0,01 м
Теплопровідність штукатурки	$\lambda_{\text{шт}}$	0,75 Вт/м К
Товщина дерев'яної перекладини	$\delta_{\text{осн}}$	0,08 м
Теплопровідність дерев'яної перекладини	$\lambda_{\text{осн}}$	0,25 Вт/м К
Товщина ізоляції (базальтова вата Ізовер $Р_{\text{уф}}$)	$\delta_{\text{із}}$	0,1 м
Теплопровідність ізоляції	$\lambda_{\text{із}}$	0,033 Вт/м К

Таблиця 3.3 – Характеристики підлоги будинку

Найменування матеріалу	Позначка	Характеристика
Товщина основи	$\delta_{\text{осн}}$	0,015 м
Теплопровідність основи	$\lambda_{\text{осн}}$	0,75 Вт/м К
Товщина основи	$\delta_{\text{зб}}$	0,35 м
Теплопровідність основи	$\lambda_{\text{зб}}$	1,7 Вт/м К
Товщина підлогового покриття	$\delta_{\text{п}}$	0,015 м
Теплопровідність підлогового покриття	$\lambda_{\text{п}}$	0,16 Вт/м К

Таблиця 3.4 – Характеристики вікон будинку

Найменування матеріалу	Позначка	Характеристика
Товщина склопакету	$\delta_{\text{с}}$	0,024 м
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_{\text{с}}$	2,8 Вт/м К
Кількість віконних склопакетів	шт.	6

Розрахуємо фактичній опір за формулою

$$R = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \cdots \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{звн}}.$$

Фактичний опір вікон:

$$R_{вікон} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + 6\frac{\delta_с}{\lambda_с} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{мК}} + 6\frac{0{,}024м}{2{,}7\frac{Вт}{мК}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{мК}} \approx 0{,}2117\ \frac{Вт}{мК}.$$

Фактичний опір стіни:

$$R_{стіни} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_ц}{\lambda_ц} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{мК}} + \frac{0{,}015м}{0{,}75\frac{Вт}{мК}} + \frac{0{,}51м}{0{,}65\frac{Вт}{мК}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{мК}} \approx 0{,}98\ \frac{Вт}{мК}$$

Фактичний опір стелі:

$$R_{стелі} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{осн}}{\lambda_{осн}} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}8\frac{Вт}{мК}} + \frac{0{,}01м}{0{,}76\frac{Вт}{мК}} + \frac{0{,}07м}{0{,}23\frac{Вт}{мК}} + + \frac{0{,}1м}{0{,}033\frac{Вт}{мК}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{мК}} \approx 3{,}6\ \frac{Вт}{мК}.$$

Фактичний опір підлоги:

$$R_{підлоги} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{осн}}{\lambda_{осн}} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_п}{\lambda_п} + \frac{1}{\alpha_{звн}} = \frac{1}{8{,}7\frac{Вт}{м°С}} + \frac{0{,}015м}{0{,}75\frac{Вт}{мК}} + \frac{0{,}35м}{1{,}7\frac{Вт}{мК}} + + \frac{0{,}015м}{0{,}16\frac{Вт}{мК}} + \frac{1}{23\frac{Вт}{мК}} \approx 0{,}49\ \frac{Вт}{мК}.$$

Тепер можна знайти тепловтрати будинку – Q. Це $\sum Q_1$ (тепловтрати через огороджувальні конструкції) та Q_2 (тепловтрата для нагріву вентиляційного повітря) .

Обчислювати будемо за формулами:

$$Q = \sum Q_1 + Q_2$$

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

$$Q_2 = 0{,}337 \cdot A_{підл} \cdot h \cdot (t_{вн} - t_{зовн}).$$

Зовнішню температуру $t_{зовн}$ будемо вважати як середньорічну температуру міста (- 10 ℃).

Тепловтрати вікон:

$$A_{вікон} = 2 \cdot 1{,}6 \cdot 1{,}9 + 4 \cdot 1{,}32 \cdot 1{,}56 = 13{,}9 \text{ м}^2$$

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

$$= \frac{1}{0{,}212 \frac{Вт}{мК}} \cdot 13{,}9 \cdot (23℃ - 10℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 \approx$$

$$\approx 892 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати стін:

$$A_{стіни} = 36 \cdot 2{,}7 - 13{,}9 = 69{,}5 \text{м}^2$$

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

$$= \frac{1}{0{,}976 \frac{Вт}{мК}} \cdot 69{,}5 \cdot (23℃ - 10℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 1 \approx$$

$$\approx 975 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати стелі:

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

$$= \frac{1}{3{,}601 \frac{Вт}{мК}} \cdot 69{,}5 \cdot (23℃ - 10℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}75 \approx$$

$$\approx 197 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати підлоги:

Зовнішню температуру ($t_{зовн}$) будемо вважати як середньорічну температуру ґрунту (- 10 ℃) .

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

$$= \frac{1}{0{,}486 \frac{Вт}{мК}} \cdot 69{,}5 \cdot (23℃ - 10℃) \cdot (1 + 0{,}05) \cdot 0{,}6 \approx$$

$$\approx 1164 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати нагрівання вентиляційного повітря:

$$Q_2 = 0.337 \cdot A_{\text{підл}} \cdot h \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) =$$

$$= 0{,}38 \cdot 69{,}5 \cdot 2{,}7 \cdot (23℃ - 10℃) \approx 914 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати всього будинку:

$$Q = \sum Q_1 + Q_2 = Q_{\text{стіни}} + Q_{\text{стелі}} + Q_{\text{підлоги}} + Q_{\text{вікна}} + Q_2 =$$
$$= 892 + 975 + 197 + 1164 + 914 = 4142 \text{ Вт.}$$

3.2 Вибір теплового насосу для будинку

Щоб визначити необхідну потужність для ГВС скористаємось нормативними даними по споживанню води відштовхуючись від кількості мешканців житла.

Таблиця 3.5 – Добове споживання гарячої води

Назва	Використання води л/люд. (t = 45 ^{0}C)	Теплоспоживання, кВт·год/люд.	Теплоспоживання для ГВС, кВт·год/люд.
Низьке споживання	15 - 30	0,6 – 1,2	0,08 – 0,15
Стандартне споживання	30 - 60	1,2 – 2,4	0,15 – 0,3
Однокв. житловий будинок	50	2	0,25

Одній людині необхідно 50 літрів, температурою $45\ ^0$C, при такому споживанні необхідна теплова потужність дорівнює 250 Вт. В нашому будинку проживає чотири людини, отже виходить:

$$Q_{ГВС} = 0{,}25 \cdot 4 = \ 1 \text{ кВт},$$

$$Q = 4142 \text{ Вт}.$$

Загальна потужність на обігрів та ГВС дорівнює:

$$Q_{ЗАГ} = Q + Q_{ГВС} = 5142 \text{ Вт}$$

Отримавши результати можна переходити до вибору теплового насосу, геотермальний був би найкращим варіантом але ціна аж дуже велика.

Тому вибір пав на насос типу «повітря-вода», вони є найрозповсюдженішими. Через те, що при низькій температурі коефіцієнт перетворення знижується вдвічі, краще встановлювати бівалентну систему (ТН та котел). При великих морозах котел візьме на себе частину навантаження. Тому потужність нашого ТН повинна бути більшою ніж 5,2 кВт.

Обираємо тепловий насос Invertor + EVI, 9 кВт. Модель - AXHP-EVIDC-9M, AXIOMA energy.

Він обладнаний інверторним компресором з технологією проміжного вприскування пари. Компресор видає стільки тепла або холоду, скільки в на даний момент необхідно споживачеві. Застосована технологія проміжного упорскування пари дозволяє тепловому насосу ефективно працювати за температури навколишнього повітря до - 25 °C. Клас енергоспоживання насосу: A++.

Насос обладнаний пластинчастим теплообмінником. Найбільш високоефективний та надійний варіант ТО «фреон-вода».

Має інтелектуальний режим відтаювання. Інтервали та тривалість режиму відтаювання теплового насоса оптимізовані, виходячи з фактичного стану зовнішнього блоку. Ідеально працюватиме в будь-якому кліматі, в тому числі в будь-якій частині України.

Модель		AXHP - EVIDC - 9M
Джерело живлення (V/Ph/Hz)		220 - 240/1/50
Умови роботи: зовнішнє повітря 7 °C / 6 °C, вода на вході/виході 30 °C / 35 °C		
Нагрів	Потужність нагрівання (kW)	3.4 ~ 10.2
	Потужність споживання від мережі (kW)	0.7 ~ 3.2
	Сезонний коефіцієнт продуктивності системи в режимі нагріву (SCOP)	4.29
Умови роботи: зовнішнє повітря 7 °C / 6 °C, вода на вході/виході 50 °C / 55 °C		
Нагрів	Потужність нагрівання (kW)	3.6 ~ 10.3
	Потужність споживання від мережі (kW)	0.9 ~ 4.3
	Сезонний коефіцієнт прод	3.36

Охолодження	Потужність охолодження (kW)	3.6 ~ 10.3
	Потужність споживання від мережі (kW)	0.9 ~ 4.3
	Коефіцієнт продуктивність системи в режимі охолодження (EER)	3.36
Клас енергоспоживання (SCOP)	Температура води на виході при 35 °C	A + +
	Температура води на виході при 55 °C	A + +
Холодоагент	Тип	R410A/R32 (з 2023р.)
	Завантажуваний обсяг (кг)	1.7
Рівень шуму	Нагрів (dB(A))	45
	Охолодження (dB(A))	46
Об'єм потоку води (m3/h)		1.2

Рис. 3.2 – Характеристики теплового насосу

Фреон під тиском близько 0,2 МПа проходить через пластинчастий теплообмінник зовнішнього блоку. Там він відбирає тепло і перетворюється на газ. Далі у компресорі тиск газу підвищується до 2,3-2,5 МПа, внаслідок чого фреон нагрівається до температури 75-90 °C та переміщається у гідромодуль.

У теплообміннику гідромодуля відбувається процес конденсації фреону з передачею певної кількості теплоти водяному контуру. Після цього

охолоджений рідкий фреон продовжує рухатися в зовнішній блок.

У розширювальному клапані, що є регулятором потоку, тиск холодоагенту різко знижується. Після цього фреон рухається назад у теплообмінник зовнішнього блоку та починається новий цикл роботи насосу.

ВИСНОВКИ

Під час роботи були виконані наступні завдання:

- проаналізовано перспективність альтернативних джерел енергії для опалення котеджу, а саме: сонячних колекторів та теплових насосів;

- проведено аналітичний огляд сонячних колекторів та теплових насосів, виявлено сильні та слабкі сторони таких систем;

- обчислено вартість встановлення даних систем та теплових втрат котеджу;

- прораховано необхідну потужність сонячних колекторів та теплових насосів для забезпечення котеджу опаленням та ГВП .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мягченко, О. П. Альтернативні джерела енергії [Електр. ресурс] / О. П. Мягченко.– Основи екології. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 312 с. http://pidruchniki.com/11510513/ekologiya/alternativni_dzherela_energiyi.

2. Електронний ресурс: https://greda.kz/a18520-solnechnye-kollektory-kak.html;

3. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії; підруч. / О. Адаменко [та ін.]; ред. В. Льотко. – Івано-Франківськ: Полум'я, 2000. - 270 с

4. Системи теплові сонячні та їхні компоненти колектори сонячні. Частина 1. Загальні технічні вимоги. ДСТУ EN 12975-1-2001. Київ, Держстандарт України, 2002.

5. Васюкова Г.Т. Альтернативні джерела енергії [Електр. ресурс] / Г.Т. Васюкова, І.О. Грошева. – Екологія. – К.: Кондор, 2009. – 524 с.

6. Алексахін О. О., Панчук О. В. Теплогазопостачання і вентиляція. Вибрані задачі: Навч. посібник. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 230 с.

7. Альтернативна енергетика: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / Мельничук М.Д., Дубровін В.О., Мироненко В.Г. та ін. – К: Аграр Медіа Груп, 2011. – 612 с.

8. Р. Титко, В.М Калініченко. Відновлювальні джерела енергії: Навч. посібник. – Варшава: OWG, 2010. – 530 с.

9. Інженерне обладнання будинків та споруд. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами ДСТУ Б В.2.5-44:2010.

10. Костенко В.К. Методичні рекомендації до практичних занять з навчальної дисципліни «Альтернативні джерела енергії» / В.К. Костенко, В.В. Колеснікова, О.Л. Зав’ялова. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – 54 с.

11. Теплотехнічні установки, системи, обладнання. Навч. посібник: в 3

т: Т.2 / Під ред. Б.А. Левченко, Л.Л. Товажнянського. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – 728 с.

12. Безродний М.К. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 208 с.

13. Пуховий І.І. Теплонасосне та безпосереднє використання теплової енергії довкілля і її потенціал в Україні // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2005. – №1.- С. 92-97.

14. Безродний М. К. Теплові насоси та їх використання. [Текст] : посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 289 с.

15. Roger Dumon. Energie solaire et stockage energie: Paris: Masson.- 1979.-139 p.

16. Patry J. Stockage par chaleur latente. Paris: PYC Edition.- 1981.- 280 p.

17. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив [Електронний ресурс]. – http://old.niss.gov.ua/monitor/november08/2.htm.

18. Ратушняк Г. С. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В.В. Джеджула, К. В. Анохіна – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с.

19. Низькопотенційна енергетика: навчальний посібник / А.О. Редько та ін.; Під ред. академіка НАНУ А. А. Долинського. – Харків: ТОВ "Друкарня Мадрид", 2016. - 412.с.

20. Стратегія енергозбереження в Україні: аналіт.- довід. матеріали / за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К. : Академперіодика. – Т. 1. – 2006. – 510 с.