МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

Пояснювальна записка
До дипломної роботи
За освітньо-професійним рівнем «магістр»

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ

Виконав студент II курсу, групи НФ-62
Петухов Антон Вікторович
Спеціальність
105 «прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма: Прикладна фізика
енергетичних систем
Керівник д. т. н. Лушпенко С.Ф.
Рецензент

2019 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Факультет фізико-енергетичний
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____

підпис ініціали, прізвище

“____” _____20___року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Петухову Антону Вікторовичу

(прізвище, ім’я, по батькові студента)

1. Тема роботи Використання сонячних колекторів для опалення приватного будинку

керівник роботи Лушпенко Сергій Федорович д. т. н.

затверджені наказом по університету від “___”_____ 20 року № _____

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити: проаналізувати типи сонячних колекторів. Дослідити які варіанти сонячних колекторів в яких умовах більш доцільні. Розрахувати необхідну кількість енергії для опалення приватного будинку. Проаналізувати доцільний варіант сонячного колектора для опалення.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів
1	Вивчення літератури по темі дипломної роботи. Сбір даних по об’єкту дослідження.
2	Проаналізовати типи сонячних колекторів. Порівняти параметри різних видів сонячних колекторів.
3	Розрахувати необхідну кількість енергії для опалення приватного будинку.
4	Розрахувати яка необхідна площа сонячних колекторів для отеплення приміщення.
5	Обрати доцільний варіант сонячного колектору.

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ _____

підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ _____

підпис ініціали, прізвище

Abstract

Petukhov Anton Viktorovich "Use of solar collectors for heating of a private house" (master's thesis). - Karazin Kharkiv National University, 2019. - 77 p.

The work consists of an introduction, five sections, a conclusion; contains 6 figures, 3 tables, a list of sources used with 34 names.

The types of solar collectors are analyzed. What variants of solar collectors under which conditions are more expedient is investigated. The required amount of energy for heating a private home has been calculated. The feasible variant of the solar collector for heating has been analyzed, the heat losses of the house have been calculated.

Keywords: solar collector, solar insulation, solar system, heat loss.

Реферат

Петухов Антон Вікторович «Використання сонячних колекторів для опалення приватного будинку» (випускна робота «магістра»). – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. – 77 с.

Робота складається з вступу, п’яти розділів, висновка; містить 6 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел с 34 найменуваннями.

Проаналізовано типи сонячних колекторів. Досліджено які варіанти сонячних колекторів в яких умовах більш доцільні. Розраховано необхідна кількість енергії для опалення приватного будинку. Проаналізовано доцільний варіант сонячного колектора для опалення, вирахувано тепловтрати будинку.

Ключові слова: сонячний колектор, сонячна інсоляція, геліосистема, тепловтрата.

Зміст

ВСТУП. ……...1

РОЗДІЛ 1. СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР: СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ...……...2

1.1. ОСНОВНІ ТИПИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ…...…...……..2

1.2. ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ…….....5

1.3. ВАРТІСТЬ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА І ОТРИМАНОГО ТЕПЛА..….....8

1.4. РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА…….....9

1.5. СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР: ЕФЕКТИВНІСТЬ...……..13

1.6. ТЕПЛОВІ ВТРАТИ В СОНЯЧНОМУ КОЛЕКТОРІ……..14

1.7. РЕАЛЬНИЙ ККД В СОНЯЧНОМУ КОЛЕКТОРІ……....….....15

1.8. РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ…….…….....16

1.9. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТІ..….....19

1.10. ВИЗНАЧЕННЯ ВАРТОСТІ ТЕПЛОТИ ОТРИМАНОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ…….....20

1.11. ВАРТІСТЬ ТЕПЛОТИ, ОТРИМАНОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ……..……..22

1.12. ПЛОСКІ СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ…….……...……..24

РОЗДІЛ 2. ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ. РОЗРАХУНОК І УСТАНОВКА КОЛЕКТОРА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ……..…….....….....26

2.1. ПРИСТРІЙ КОЛЕКТОРА……...…..…….....26

2.2. ЕЛЕМЕНТИ СХЕМИ ОПАЛЕННЯ……...…..…….....27

2.3. ЯК ЗРОБИТИ ТЕПЛОВИЙ НАСОС СВОЇМИ РУКАМИ…….....29

2.4. НАЙПРОСТІШИЙ ТЕПЛОВИЙ НАСОС З ВІКОННОГО КОНДИЦІОНЕРА... …….31

2.5. ФОРМУЛА РОЗРАХУНКУ……..……..32

2.6. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ І РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ……....….....34

2.7. РОБОТА ТЕПЛОВОГО НАСОСА ПРИ РОБОТІ ЗА СХЕМОЮ ҐРУНТ-ВОДА …….…….....36

2.8. РОЗРАХУНОК ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОЛЕКТОРА ТЕПЛОВОГО НАСОСА..….....37

2.9. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОГО НАСОСА.....39

2.10. ДЛЯ ЧОГО ПОТРІБЕН КОЛЕКТОР…..……..……..40

2.11. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ……41

2.12. ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ВИТРАТИ……...45

2.13. ВИБІР МІСЦЯ І УСТАНОВКА……..48

2.14. РОЗРАХУНОК РЕАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА..49

2.15. РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ ГЕЛІОКОЛЕКТОРА ПО КУТУ УСТАНОВКИ……..50

РОЗДІЛ 3. ВИХІДНІ ДАННІ…….51

3.1. ДАННІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ…….51

3.2. ДАННІ СОНЯЧНОЇ ІНСОЛЯЦІЇ ДЛЯ ХАРКОВА……...54

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА……...56

4.1. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ПРИМІЩЕНЬ……...58

4.2. ТЕПЛОВІ ПОТРЕБИ ПРИМІЩЕННЯ……...68

4.3. РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ ПЛОЩІ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ……69

РОЗДІЛ 5. СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР ТИПУ ALTEK SC-LH2 – 20……..72

ВИСНОВОК……....74

Вступ

В ході даної дипломної роботи було розглянуто питання використання сонячних колекторів для опалення приватного будинку з урахуванням кліматичної зони. Провели аналіз типів сонячних колекторів, з’ясували в чому їх відмінність. Дослідили як кліматичні умови впливають на вироблення теплової енергії сонячним колектором.

Взагалі використання альтернативних джерел енергії є насамперед екологічно вигідним варіантом. В ході даної дипломної роботи виходячи с розрахунків було досліджено ефективність використання сонячних колекторів.

Мета цієї роботи вирахувати яка кількість сонячних колекторів (та якого типу) потрібно використати для опалення окремого житлового будинку. Найти більш енергоефективний варіант в нашому випадку.

Об'єктом дослідження є процес використання тепла сонячної енергії.

Предметом дослідження є сонячний колектор з концентраторами, що забезпечує ефективність використання сонячної енергії для здійснення опалення.

Методи дослідження – теоретичні дослідження теплопередачі методами математичної фізики, чисельні методи досліджень температури стінки колектора.

Практичне значення отриманих результатів – завдяки отриманим результатом ми з’ясували який колектор, і якій площі, доцільно використовувати для отеплення житлового будинку з урахуванням сонячної інсоляції в нашому регіоні, а також технічних характеристик будинку.

Робота складається з вступу, п’яти розділів, висновка; містить 6 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел с 34 найменуваннями.

РОЗДІЛ 1

СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР: СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Насамперед, слід визначитися, для яких цілей, і в якому випадку, ми будемо використовувати сонячний колектор. Зазвичай, геліосистема застосовується в побутовому секторі для:

- гарячого водопостачання
- підтримки опалення
- підігріву води в басейні

Кожен варіант ми можемо використовувати як самостійно, так і в поєднанні один з одним, і всі разом. Однак в комбінованих системах, повинна бути одна пріоритетна мета, на яку і слід орієнтуватися, підбираючи сонячний колектор. [1]

1.1. Основні типи сонячних колекторів

Після того як цілі використання визначені можна приступати до підбору типу сонячного колектора. Упевнений, що багато хто з вас знає про одвічні суперечки - вакуумний або плоский сонячний колектор. Насправді явного переможця в цій суперечці немає. Все залежить від цілей застосування сонячної системи, що для кожного конкретного випадку більш актуальним може бути той чи інший варіант. Крім того, ми підемо далі і розширимо спектр вибору.

Як відомо, існує кілька основних типів вакуумних сонячних колекторів, які так само значно відрізняються між собою, тому буде більш доречно розглядати кожен тип окремо. [1]

Для порівняння були обрані чотири основні типи вакуумних трубчастих колекторів і один плоский високоефективний:

Вакуумний трубчастий колектор з пір'яним абсорбером і прямоточним тепловим каналом

Вакуумний трубчастий сонячний колектор з пір'яним абсорбером з тепловою трубкою "Heat Pipe"

U-подібний прямоточний вакуумний колектор з коаксіальної колбою і відбивачем

Вакуумний трубчастий сонячний колектор з коаксіальної колбою і тепловою трубкою "Heat Pipe"

Плоский високоефективний сонячний колектор [1]

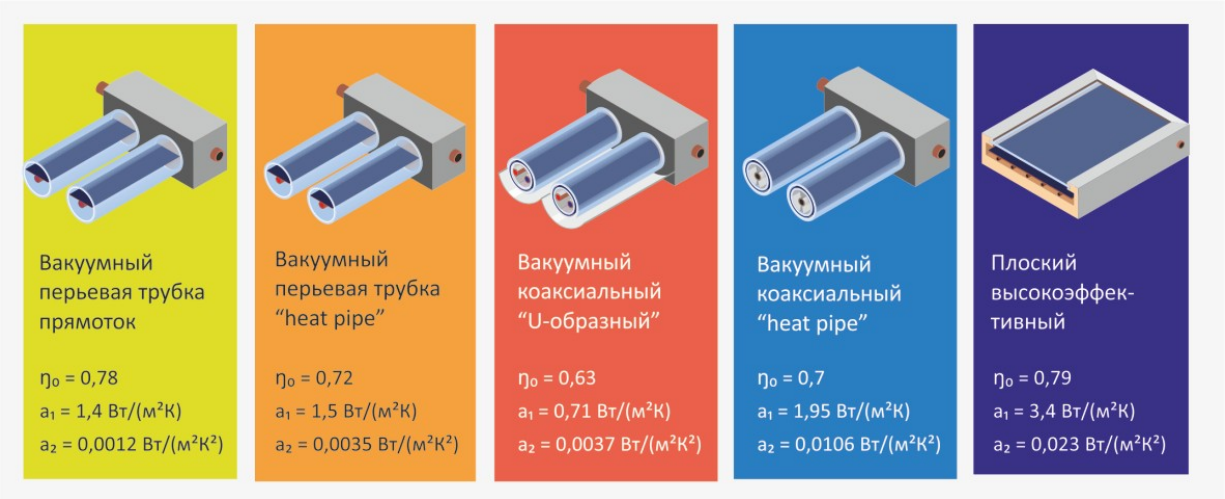


Рис. 1.1. Типи сонячних колекторів [1]

Більшість аргументів за чи проти того чи іншого типу колектора зводяться до досить абстрактних показників, таким як: «краще сприйняття сонячних променів», «відсутність тепловтрат», і т.д. Але оскільки у кожного сонячного колектора є абсолютно конкретні параметри ефективності, слід довіряти саме

цим даним для розрахунку продуктивності сонячного колектора в кожному обраному випадку. [1]

Детальніше про ці параметри і принципі розрахунку буде в наступній темі: ефективність сонячного колектора.

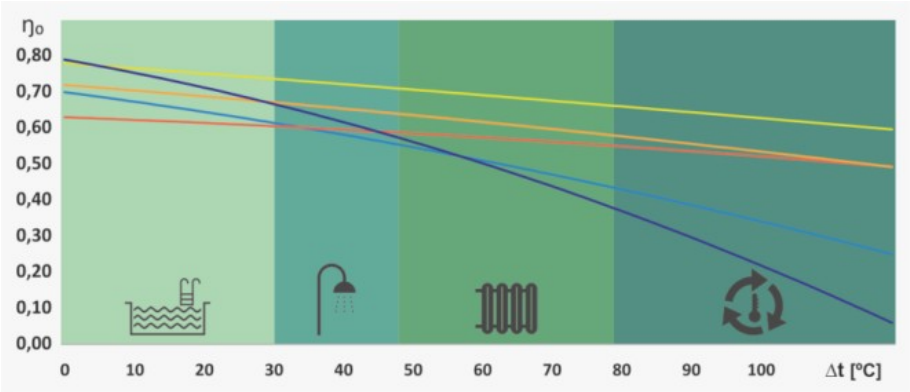


Рис. 1.2. залежність коефіцієнта корисної дії від різниці температури [1]

На графіку зображено залежність коефіцієнта корисної дії від різниці температури між навколишнім повітрям і теплоносієм в сонячному колекторі за умови сонячного випромінювання яка дорівнює 1000 Вт / м². Для аналізу скористаємося середніми параметрами для кожного обраного типу сонячного колектора зазначеними на зображенні.

Перша зона з мінімальною різницею температури характерна для режиму роботи сонячного колектора для нагріву води в басейні. Режим роботи геліосистеми в другій зоні є оптимальним для гарячого водопостачання в цілорічному режимі. Третя зона відповідає режиму роботи сонячних колекторів для потреб опалення, так як температура навколишнього повітря в опалювальний період найнижча. Четверта зона використовується для отримання високих температур використовуваних в технологічних потребах.

У побутовому секторі такий температурний режим роботи зустрічається не часто.

З графіка ми бачимо, що чим менше Δt (фактично це означає - чим нижче температура подачі теплоносія) тим вище коефіцієнт корисної дії сонячного колектора. Саме тому для геліосистеми гарним варіантом є застосування низькотемпературних систем опалення таких як «теплі підлоги».

Газова плита і вакуумні трубчасті колектори з плоским пір'яним абсорбером мають більш високу продуктивність при роботі на нагрів басейну та ГВП за рахунок оптичних властивостей, що сприяють кращому поглинанню сонячного світла. У свою чергу вакуумний сонячний колектор з коаксіальної колбою краще працює в опалювальний період завдяки кращій теплоізоляції.

1.2. Продуктивність сонячних колекторів

Наступна діаграма дозволяє оцінити середню продуктивність колекторів за рік і за опалювальний період (нижня частина стовпчика). (див. Рис. 1.3)

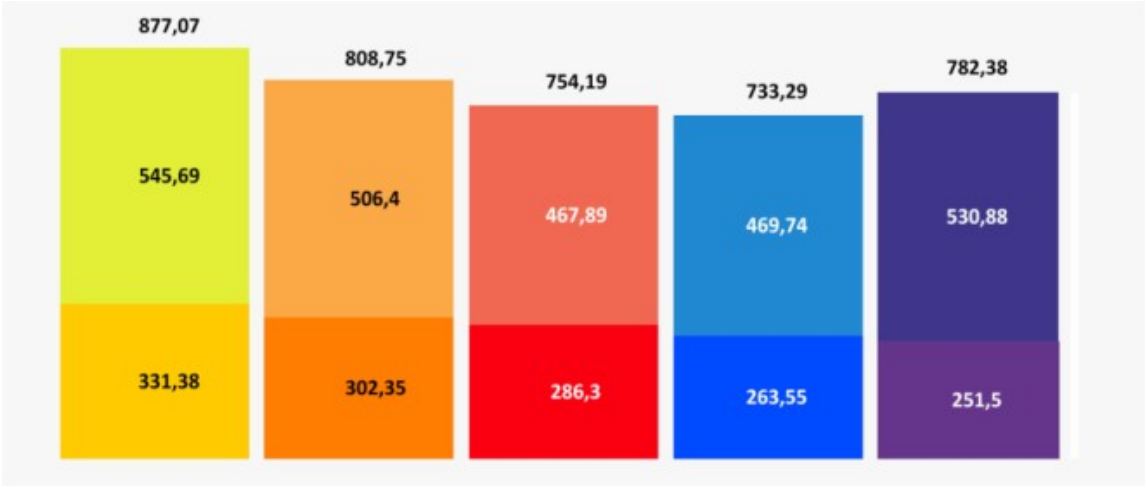


Рис. 1.3. середні показники продуктивності колекторів за рік і за опалювальний період [1]

Дані про кількість виробленої енергії отримані за допомогою розрахунку в програмі, це дозволяє змоделювати роботу сонячної системи за рік. У розрахунках використовуються усереднені дані по сонячному випромінюванню і погоді для міста Харкова. Розрахунки приведені до 1 м² апертури площі кожного типу колектора.

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

Для розрахунку реальної продуктивності скористаємося прикладом. Змоделюємо передбачуваний випадок застосування геліосистеми для потреб гарячого водопостачання в цілорічному режимі і підтримки системи опалення теплою підлогою з наступними параметрами [1]:

• площа опалення - 200 м²;

• тепловтрати - сучасна споруда з високим рівнем теплоізоляції 50 Вт / м² площі;

• місце розташування – Харків;

• ГВП - 200 л. на добу;

• апертурна площа колекторів - 30 м²;

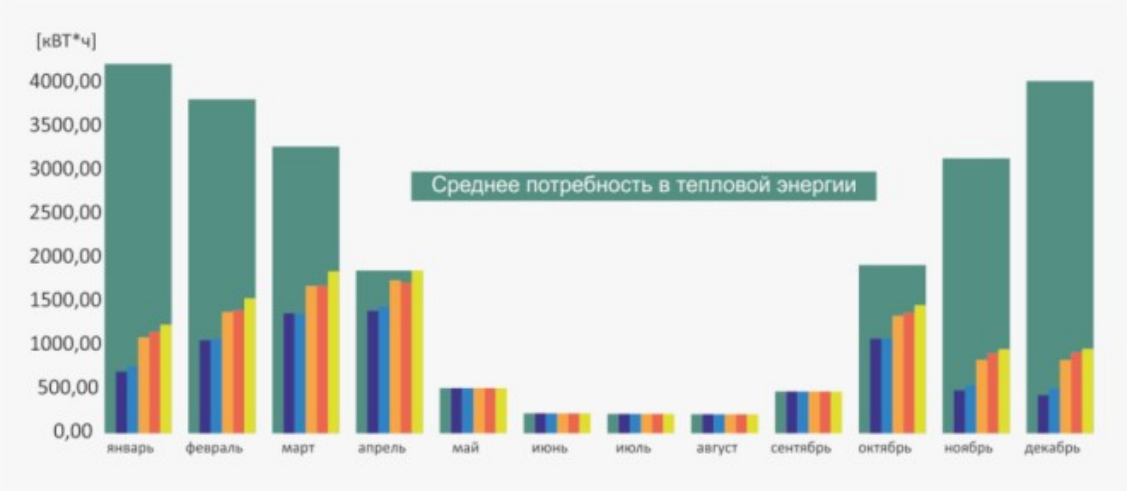


Рис. 1.3. Середні показники потреби і втрати теплової енергії [1]

На графіку зображено, що використовуючи сонячний колектор для опалення більш важливим є низькі теплові втрати. При цьому хороші оптичні характеристики дають приріст вироблення тепла в міжсезоння, коли середня температура повітря вище, але все ще необхідно опалення.

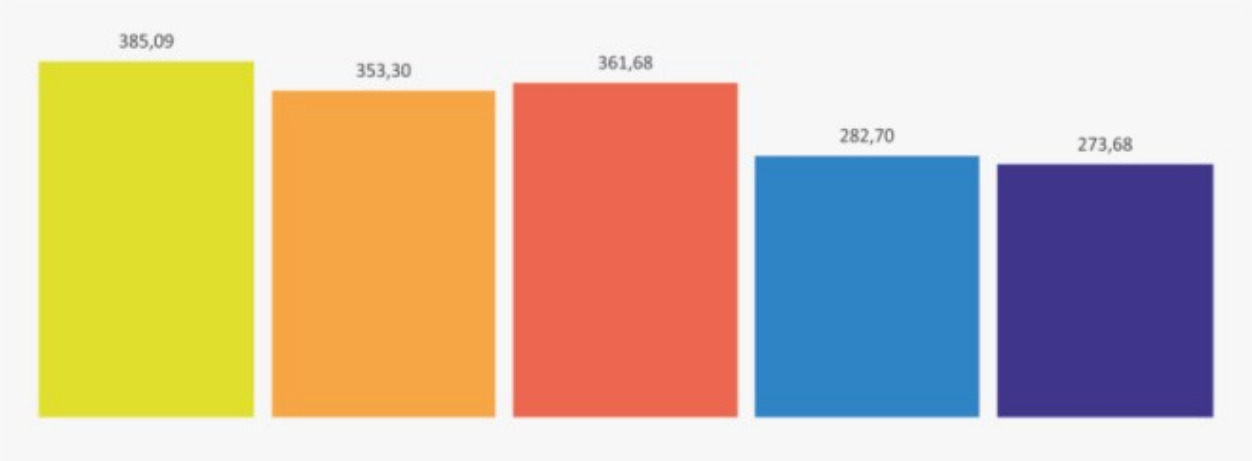


Рис. 1.4. Реальна продуктивність геліостистеми протягом року [1]

У підсумку отримуємо реальну продуктивність геліосистеми за рік.

1.3. Вартість сонячного колектора і отриманого тепла

Вартість сонячних колекторів може значно варіюватися і залежить від безлічі факторів: якість збірки, матеріал абсорбера і корпусу, товщина і спосіб укладання ізоляції, товщина скла і т.д. Щоб оцінити вартість отриманої теплової енергії від сонячних колекторів задамося середньою вартістю одного метра квадратного кожного типу сонячного колектора. Так само взявши за основу термін експлуатації 20 років і умови експлуатації описані в прикладі, маємо отримати значення вартості 1 кВт*год. енергії. [1]

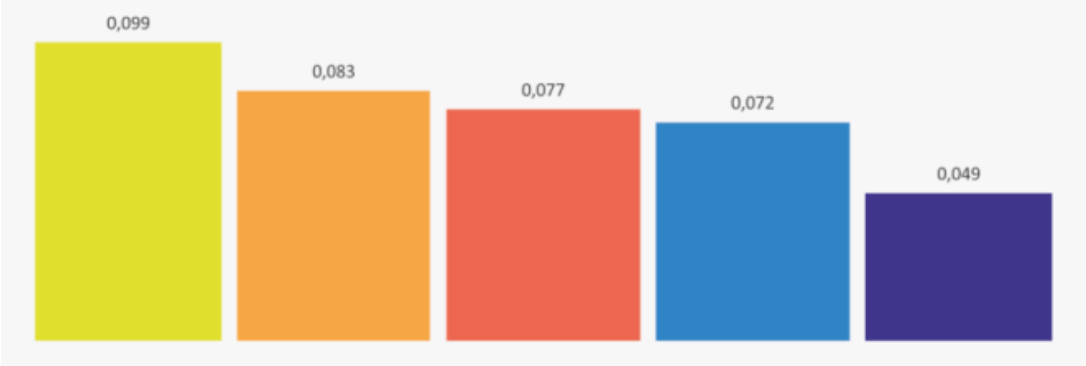


Рис. 1.5. значення вартості отриманого 1 кВт*год. енергії [1]

Як бачимо з графіка, тепло отримане від прямоточного вакуумного колектора з пір'яним абсорбером є найбільш дорогим. А тепло отримане від плоского сонячного колектора найдешевше, відповідно плоскі колектори мають мінімальний термін окупності. [1]

Однак ціна сонячного колектора не завжди є основним фактором. Дорожчі колектори можуть мати більший термін служби і низькі експлуатаційні витрати, пов'язані з можливими поломками. У зв'язку з цим, можна розглядати

як дорогу техніку, так і бюджетні варіанти при певному рівні початкових капіталовкладень.

Вибираючи сонячний колектор, зверніть увагу на технічну інформацію

Дуже важливим фактором для вибору сонячного колектора є наявність повного технічного опису. Найбільш цікаві для нас будуть значення параметрів оптичного ККД (η_0), коефіцієнти теплових втрат a_1 (k_1) і a_2 (k_2) і площа сонячного колектора (апертурна і загальна). Саме ці параметри дозволяють оцінити ефективність і розрахувати прогнозовану продуктивність сонячного колектора.

Якщо виробник або продавець з якихось причин не надає ці дані, то в результаті ми отримуємо "кота в мішку" і не зможемо оцінити енергетичний внесок геліосистеми, тому краще утриматися від покупки такого виробу.

Наявність міжнародного сертифікату вітається, проте не завжди нам продають колектор саме з заданими в даному документі параметрами. Особливо цим грішать азіатські виробники, тут вже ми нічого не зможемо перевірити, залишається тільки сподіватися на порядність компанії виробника або постачальника. [1]

1.4. Розрахунок сонячного колектора

Визначення параметрів сонячних колекторів є необхідною процедурою при виборі найбільш оптимального водогрійного пристрою. При цьому підбір сонячного колектора може проводитися емпіричним або розрахунковим шляхом. Перший варіант передбачає собою вибір обладнання для

функціонування геліосистеми виходячи з обсягів споживання гарячої води і рекомендацій заводу-виготовлювача. Безумовно, дана методика є орієнтовною і не може враховувати багатьох чинників, але тим не менш зазвичай їй найбільш часто користуються при виборі сонячних колекторів для домашнього використання (пов'язано з малими площами побутових колекторів).

Коли ж виникає необхідність підбору альтернативних джерел енергії для промислових цілей або комплексу об'єктів рекомендується застосовувати розрахунковий метод. Розрахунок сонячного колектора виконується в наступній послідовності.

Спочатку визначається кількість теплової енергії, необхідне для роботи систем опалення та ГВП. Для цього може бути застосована наступна формула:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \ \text{(кВт)}; [1] \qquad (1.1)$$

де:

m - щоденний обсяг гарячої води на потреби ГВП та опалення, л / день;

c - питома теплоємність води, рівна 4,2 кДж / кг ° С;

Δt - розрахункова різниця температури води до і після виходу з нагрівального елементу, ° С.

Далі за допомогою цього рівняння можна обчислити необхідну площу колектора:

$$F = \frac{\left(K_{op} \cdot K_n \cdot Q_H\right)}{\left(N_Э \cdot Q_{об}\right)}, \ (\text{м}^2) \ [1] \qquad (1.2)$$

де:

$K_{ор}$ - коефіцієнт, що враховує орієнтацію колектора в залежності від кута нахилу і спрямованості до сторін світу (підбирається з табличних даних);

$N_{п}$ - коефіцієнт покриття протягом всього року (вказує відсоткове співвідношення витрат теплоенергії на потреби опалення та ГВП перекривається роботою сонячного колектора), бажано приймати не менше 50%;

$N_{э}$ - коефіцієнт ефективності застосування протягом усього року, визначається відношенням використаної теплоти до загальної кількості сонячної енергії, що падає на площину колектора протягом року (зазвичай цей коефіцієнт повинен мати значення не нижче 0,35). На даний коефіцієнт впливають такі критерії:

• тип колектора (плоский, вакуумний, повітряний);

• довжина трубопроводів, що з'єднують елементи геліосистеми (значення коефіцієнта зменшується при збільшенні довжини);

• якість теплоізоляції;

• ступінь внутрішнього і зовнішнього забруднення колектора;

• кліматичні особливості регіону.

$Q_{об}$ - кількість енергії сонячного випромінювання на 1 $м^2$ поверхні за рік, кВт / $м^2$ рік приймається з табличних даних).

Підставивши відповідні дані в розрахункову формулу отримаємо необхідну площу сонячного колектора, за результатами якої можна прийняти найближчим ціле значення в ($м^2$) модельного ряду даних приладів.

Для визначення діаметра трубопроводу, необхідного для підключення сонячного колектора, спочатку визначимо витрати теплоносія в контурі опалювальної установки скориставшись ставленням:

$$g = Q / (c*\Delta t) \text{ [1]} \quad (1.3)$$

Виходячи з отриманих даних, за спеціальними таблицями підбирається оптимальний діаметр трубопроводів. Ця процедура дуже важлива, тому що дозволяє підібрати такі габарити трубопроводів, при яких швидкість переміщення теплоносія буде оптимальною (0,3 - 0,5 м / с), що дозволить мінімізувати втрати тиску теплоносія (не більше 2,5 Мбар на кожен метр довжини труби).

Як сполучні трубопроводи рекомендується використовувати елементи, виготовлені з міді, або нержавіючої сталі. Використання пластикових, металопластикових і оцинкованих труб в геліосистемі недоцільно, тому що не будуть забезпечені вимоги до їх надійності, довговічності і температурної міцності.

$$V = (V_p+V_n) * ((P_к + 1) / (P_к - P_н)), \text{ (л.) [1]} \quad (1.4)$$

де:

V_p - рівень розширення теплоносія (вказується виробником);

V_n - обсяг теплоносія всієї геліоустановки;

$P_к$ - крайнє робочий тиск (зазвичай менше критичного на 0,5 бар);

$P_н$ - тиск наповнення системи (зазвичай більше статичного на 0,5 бар).

Розрахунок гідравлічних блоків для роботи сонячних колекторів зазвичай не роблять, а приймають до установки стандартні вироби, рекомендовані підприємством-виробником. Стандартний гідравлічний блок включає в себе наступні елементи:

- циркуляційний насос;
- термометр;
- запобіжний клапан;
- манометр;
- запірна арматура для зливу рідини;
- повітряний клапан.

1.5. Сонячний колектор: ефективність

Сонячний колектор - це складний теплообмінний апарат, який перетворює сонячну енергію в теплову. Сонячний колектор не може мати ККД 100% оскільки має втрати при перетворенні теплової енергії, а так само оптичні втрати.

Теплові втрати - це частина сонячної енергії, яка була перетворена в сонячному колекторі в теплову енергію, але не була використана на нагрів теплоносія а розсіялася в навколишньому повітрі. Даний вид втрат залежить від різниці температури в колекторі і навколишньому повітрі а також коефіцієнтів теплових втрат k_1 (лінійний коефіцієнт теплових втрат Вт / (м² * К)) і k_2 (коефіцієнт теплових втрат з урахуванням нелінійності Вт / (м² · К²)). [1]

Втрати складаються з трьох режимів теплообміну:

- втрати на теплопровідність;
- конвекційні втрати;
- втрати на випромінювання;

Оптичні втрати - це частина сонячної енергії, яка при попаданні на сонячний колектор була перетворена в теплову енергію. Оптична ефективність сонячного колектора виражається оптичним коефіцієнтом корисної дії η_0 (безрозмірна величина). Оптичний ККД залежить від поглинальної здатності абсорбера, прозорості скла, і ефективності поглинаючої панелі (ефективність передачі теплової енергії від абсорбера до теплоносія), виражаються в коефіцієнтах a, t, F_r відповідно. [1]

1.6. Теплові втрати в сонячному колекторі

Таким чином $\eta_0 = (a \cdot t \cdot F_r)$. Ці коефіцієнти є довідковими і визначаються за допомогою стандартизованих випробувань на спеціальних стендах і відноситься до одиниці площі сонячного колектора. Значення η_0 ще називають коефіцієнтом корисної дії колектора при нульових теплових втратах.

1.7. Реальний ККД сонячного колектора

Загальну ефективність сонячного колектора визначають значенням ККД колектора:

$$\eta = \eta_0 - \frac{k_1 * \Delta T}{E} - \frac{k_2 * \Delta T^2}{E} \text{ [1]} \qquad (1.5)$$

де:

η - коефіцієнт корисної дії колектора;

η_0 - оптичний коефіцієнт корисної дії;

k_1 - коефіцієнт теплових втрат Вт / (м² · К);

k_2 - коефіцієнт теплових втрат Вт / (м² · К²);

ΔT - різниця температур між колектором і повітрям К;

E - сумарна інтенсивність сонячного випромінювання.

Максимальне значення ККД досягається за умови, що різниця температури *T* дорівнює нулю. В такому випадку колектор не має теплових витрат. Але такі ідеальні умови в практиці не можливі. Значення η_0 є важливим значенням будь-якого сонячного колектора і обов'язково повинен бути зазначений в документації.

Принципи розвитку конструювання сонячних колекторів спрямовані на збільшення поглинання і зменшення теплових втрат. Найбільший оптичний ККД має відкритий колектор (без прозорої ізоляції) але має і найбільші теплові втрати. У свою чергу найменші теплові втрати має вакуумний сонячний колектор, але володіє невеликим оптичним ККД через застосування двох шарів прозорої ізоляції, циліндричної форми абсорбера і проміжні теплопередачі. [1]

1.8. Розрахунок сонячної системи для підтримки системи опалення

Завдяки досвіду видно, що зацікавлені особи не завжди правильно оцінюють можливості сонячних систем в існуючих будівлях для підтримки системи опалення. Тому під час консультацій необхідно якомога раніше відкоригувати

такі помилкові оцінки і прояснити реальні можливості підтримки систем опалення сонячними системами:

сонячна система не замінює традиційний генератор теплоти і не зменшує його потужність;

сонячна система повинна розглядатися як складова частина системи теплопостачання, в якій велике значення має ефективність традиційного генератора теплоти. Інтеграція регенеративних видів енергії підвищує ефективність всієї системи теплопостачання, але не може замінити її;

без сезонного акумулювання можливості використання сонячних систем опалення обмежені. Є додатковий малюнок кривими продуктивності сонячної системи при площі абсорбера 30 або 50 $м^2$, стане ясно, що додатково отримана енергія здебільшого піде в літні надлишки вироблення теплоти сонячної системою;

кожна сонячна система для підтримки системи опалення влітку не працює протягом довгого часу, якщо до системи не під'єднані виключно літні споживачі теплоти. Пов'язане з цим пароутворення вимагає ретельного проектування і монтажу сонячної системи.

На практиці існує два варіанта до визначення параметрів сонячних систем для підтримки системи опалення.

1. Орієнтація на частку заміщення теплового навантаження.

Базова величина частки заміщення теплового навантаження часто випливає з бажання споживача або його очікувань, що багато в чому пов'язано з рекламою. За підтримки системи опалення розрахунок можна зробити на певну частку заміщення теплового навантаження за рахунок сонячної енергії без детального розгляду реальних можливостей заміщення опалювальної навантаження опалювального будинку. Частку заміщення теплового навантаження отримують відповідно до проектної тепловим навантаженням

будівлі, і вона майже не придатна для використання в якості цільової величини.

2. Орієнтація на опалювальну житлову площу будівлі.

Другим варіантом є розрахунок на підставі опалювальної житлової площі будівлі. При цьому, якщо врахувати значну зміну теплового навантаження на опалення протягом року, стає ясно, що загальні рекомендації щодо розрахунку повинні охоплювати дуже широкий діапазон теплових навантажень: інтервал рекомендованої площі колектора від 0,1 $м^2$ до 0,2 $м^2$ на квадратний метр опалювальної площі означає зміна розмірів геліополя в два рази, що ускладнює можливість чіткого і зрозумілого визначення розмірів геліополя. Також, вплив потреби гарячої води в літній період не враховується відповідним чином при проектуванні - не існує чіткого співвідношення між опалювальної житловою площею та витратою води на гаряче водопостачання. Сонячна система, розрахована тільки на опалювальної площі, в будівлі з площею 250 $м^2$, де живуть двоє людей, має інші характеристики, ніж сонячна система в будинку, де живе сім'я з 5 чоловік.

Основою для визначення параметрів сонячної системи для підтримки системи опалення є теплове навантаження в літній період. Вона складається з теплового навантаження на гаряче водопостачання, і теплових навантажень інших споживачів (в залежності від об'єкта), які також можуть покриватися сонячною системою, наприклад, для запобігання конденсації в підвальних приміщеннях.

Для такого річного споживання розраховується відповідна площа колектора. Ця площа колектора множиться на коефіцієнт 2 і коефіцієнт 2,5 - результат множення утворюють діапазон, в якому потрібно щоб знаходилась площа колектора для підтримки системи опалення. Точне визначення площі геліополя проводиться з урахуванням будівельних розмірів і проектування

надійного в експлуатації геліополя. Якщо в результаті розрахунку виходить, наприклад, сім або вісім колекторів, а на південному схилі даху площі досить тільки для семи, то недоцільно встановлювати восьмий колектор на даху гаража.

Приклад. Для одноквартирного житлового будинку розрахована площа колектора для гарячого водопостачання $7 м^2$ (газова плита), додаткове літнє теплоспоживання відсутнє. Таким чином, площа колектора для підтримки системи о

палення повинна становити від 14 до 17,5 $м^2$. Значить слід вибирати сім плоских колекторів з площею абсорбера по 2,33 $м^2$, тобто загальна площа геліополя становить 16,3 $м^2$. [1]

1.9. Рекомендації щодо забезпечення рентабельності

У більшості випадків приводом для монтажу сонячної системи в одноквартирному будинку є модернізація системи теплопостачання. Тому перед такими замовниками стоїть питання економічності сонячної системи в зв'язку з загальними витратами на модернізацію.

У разі повної модернізації системи теплопостачання, при складанні пропозиції необхідно розділити на сонячну систему і витрати на систему теплопостачання, тобто виділити окремо фактично додаткові витрати, пов'язані з геліоустановкою. Таке роздільне подання витрат на модернізацію полегшує рішення про використання сонячної системи.

Витрати на систему теплопостачання відносяться до робіт і компонентам які необхідні для функціонування системи теплопостачання. Проте, дуже часто

вони виявляються в тій частині пропозиції, яка відноситься до Сонячної системи. В основному це стосується трьох видів витрат:

- підключень холодної та гарячої води до ємкісному водонагрівача;

- підключення та регулювання нагріву (підігріву) ємнісного водонагрівача;

- витрати на традиційний моновалентний ємнісний водонагрівач.

Витратами на сонячну систему є тільки додаткові витрати на бівалентний водонагрівач (в порівнянні з моновалентний), і це потрібно зазначити особливо.

Для калькуляції сонячних систем в нових будинках виходять приблизно з тих же умов, що й у випадку з модернізацією. У новобудовах чистий монтаж сонячної системи коштує менше, проте більше витрат вимагають різні узгодження і більш часті поїздки на об'єкт.

Для великих сонячних систем необхідно вже на етапі попереднього проектування і вибору концепції уявити реалістичну оціночну вартість, щоб вирішити, чи потрібно взагалі детально проектувати установку. З досвіду відомо, що тут потрібно заздалегідь уявити дані про загальний обсяг заходів, які дозволяють визначити собівартість тепла, отриманого за допомогою сонячної енергії.

Оцінка витрат в залежності від площі геліополя з плоскими колекторами включає витрати на підключення ємнісних водонагрівачів і догрів.

На основі вищевказаних оцінок можна визначити частку окремих компонентів і вузлів в загальних витратах. При цьому слід врахувати, що частка витрат на «монтаж геліополя і опорної конструкції», а також на трубопроводи є статистичними середніми значеннями, які в окремих випадках можуть сильно відрізняться від реальних.

Розподіл витрат по компонентах:

- 30% колектори
- 15% водонагрівач і теплообмінник
- 15% монтаж геліополя і опорної конструкції *
- 20% трубопроводи *
- 10% проектування
- 5% регулювання
- 5% інше

* В несприятливих випадках обидві ці позиції можуть скласти до 50% загальних витрат. [1]

1.10. Визначення вартості теплоти, отриманої за допомогою сонячної енергії

Основною економічною оцінкою сонячної системи є ціна за кіловат на годину теплоти, виробленої з використанням сонячної енергії. Така собівартість теплоти називається також вартістю теплоти, отриманої за допомогою сонячної енергії, і може бути відносно просто розрахована. Основними вихідними даними для розрахунку є: капітальні витрати, річні експлуатаційні витрати, втрата відсотків на використаний капітал і очікувана продуктивність сонячної системи. Використовувані в розрахунку показники можна порівняти з показниками, що застосовуються в розрахунку витрат на інші генератори теплоти і визначаються наступним чином.

1) Капітальні витрати:

Це всі витрати на сонячну систему і всі накладні витрати, необхідні для спорудження установки. Сюди, наприклад, відносяться витрати на підйомний

кран але не на конструкцію даху, якщо її так чи інакше, необхідно провести але за часом це збіглося зі спорудженням сонячної системи.

Із суми капіталовкладень віднімаються всі заощаджені витрати на компоненти (витрати на модернізацію системи теплопостачання). Якщо сонячна система споруджується наприклад, в рамках реконструкції системи теплопостачання та при цьому використовується бівалентний водонагрівач, можна з витрат на сонячну систему відняти вартість вже не потрібного моновалентного водонагрівача.

2) Витрати на споживання енергії

Тут враховуються тільки витрати на електроенергію для живлення регулятора і насосів. При використанні правильно підібраних насосів можна використовувати коефіцієнт 50, тобто за допомогою 1 кВт * год електроенергії сонячна система може провести 50 кВт * год теплової енергії.

3) Коефіцієнт ануїтету

За допомогою коефіцієнта ануїтету провадиться перерахунок капітальних витрат на всю сонячну систему за рік з урахуванням терміну експлуатації і прийнятих відсотків на капітал. Це визначає капітальні витрати в залежності від річної відсоткової ставки. Коефіцієнт ануїтету визначають виходячи з терміну експлуатації 20 років:

F_a - коефіцієнт ануїтету

P - ставка відсотка на капітал у вигляді десяткового дробу

T - термін експлуатації установки (кількість років) [1]

Коефіцієнт ануїтету в залежності від відсоткової ставки при терміні експлуатації 20 років:

Таблиця 1.1. [1]

Відсоткова ставка	*Коефіцієнт ануїтету*
3%	*0,067*
4%	*0,074*
5%	*0,080*
6%	*0,087*
7%	*0,094*
8%	*0,102*
9%	*0,110*
10%	*0,117*

1.11. Вартість теплоти, отриманої за допомогою сонячної системи

Крім вище названих величин в визначення вартості теплоти, отриманої за допомогою сонячної системи, включається ще річна продуктивність сонячної системи.

K_{sol} - вартість теплоти, отриманої за допомогою сонячної системи в € / кВт · год

K_{inv} - капітальні витрати в €

K_{betr}- експлуатаційні витрати в € / рік

K_{verbr} - витрати на споживання енергії в € / кВт · год

F_a - коефіцієнт ануїтету

Q_{sol} - продуктивність сонячної системи в кВт · год / рік

Вартість теплоти, за допомогою сонячної системи K_{sol} - це вартість однієї кіловат на годину теплоти в євро, вона дійсна протягом усього терміну експлуатації установки.

Важливо, щоб для визначення витрат на енергію, що надається традиційним способом, приймалися реалістичні коефіцієнти використання - наприклад на гаряче водопостачання влітку. Експлуатаційні витрати при традиційному виробництві теплоти не потрібно враховувати при розрахунку економії. Комбінація з сонячною системою надає, правда як правило позитивний вплив на експлуатаційні характеристики котельні установки (зменшення пусків пальника), але фінансові витрати на технічне обслуговування і ремонт при цьому практично не знижуються.

Поки прийняте зростання на енергію знаходиться в логічних межах, він надає порівняно невеликий вплив на термін амортизації. Зростання цін на енергію має великий вплив тільки на економію коштів в грошовому вираженні за цей період. При терміні експлуатації сонячної системи понад 20 років звичайно дуже складно точно прорахувати економію, наприклад до 2040 року.

Тому сонячні колектори доцільно застосовувати для опалення, нагріву води, підігріву басейнів, забезпечення енергією теплиць. Вони легко інтегруються в майже в будь-яку мережу водопостачання і теплопостачання. За допомогою сонячних колекторів можна скоротити витрати на оплату енергоносіїв, а в літні місяці отримувати і зовсім безкоштовну гарячу воду.

За який термін окупиться колектор? На це впливає режим експлуатації. Сонячні колектори в опалювальний період підтримують опалення приблизно на 23%, а гаряче водопостачання в літні місяці на 80-90%, так що окупність буде прямо залежати від звичайних витрат на тепло і гарячу воду. В середньому термін окупності колекторів становить від 2 до 8 років. Все це

вказує на економічну доцільність та перспективність використання цієї технології. [1]

1.12. Плоскі сонячні колектори

Плоскі сонячні колектори відрізняються міцністю, в порівнянні з вакуумними колекторами. Основна причина в тому, що плоскі геліосистеми складаються з єдиної панелі. Однак з практичної точки зору, при пошкодженні плоского колектора, він повністю виходить з ладу і заміна однієї панелі неможлива.

Переваги використання плоских сонячних колекторів:

- Досить високий рівень надійності
- Високий рівень поглинання сонячної енергії і його віддача
- Здатні знезаражувати воду
- Ефективно працюють при необхідності нагрівання вище на 40 ° С температури навколишнього середовища
- Високий ККД при експлуатації взимку
- Швидке відновлення при обмерзання і покритті снігом
- антикорозійний теплообмінник
- Витримує високий тиск теплоносія
- Довговічність

Плоскі геліосистеми мають високий рівень гідравлічного опору, так як теплоносій циркулює по розгалуженій довгій системі трубопроводів, які менше по діаметру. Всі ці дії призводять до підвищення рівня енергоспоживання на привід циркуляції насоса сонячного генератора.

При установці сонячний колектор вимагає точної орієнтації на південь при певному куті нахилу відносно поверхні. Основна перевага плоского сонячного

колектора – ціна (вона не велика), дуже проста установка, легке технічне обслуговування. Сонячні колектори встановлюють в приватних будинках, котеджах, санаторіях. Використовуючи сонячний колектор для опалення, знижується залежність від газу. Геліосистема є додатковим джерелом тепла. У літню пору система здатна забезпечити повністю весь дім гарячою водою. Восени і навесні - колектор здатний знизити навантаження на газовий котел, що скорочує споживання газу. У зимовий час робота геліосистеми малоефективна. Популярністю користується комплектний пакет обладнання. [1]

РОЗДІЛ 2

ПРЕДМЕТНА ОБЛАСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ. РОЗРАХУНОК І УСТАНОВКА КОЛЕКТОРА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ

2.1. Пристрій колектора

Пристрій колектора - це фактично дві гребінки (подаючий і зворотний). Що може входити в його конструкцію:

- Безпосередньо гребінки;
- Витратоміри;
- Термоголовки;
- Терхходові клапани;
- Гідрострілка;
- Відведення повітря;
- крани;
- Запірні вентилі;
- Оцинковані кронштейни.

Залежно від складності вузла і кількості контурів комплектація і пристрій можуть змінюватися. Основні деталі - це розподільна гребінка системи опалення, вентилі і крани. Це може стати в нагоді й витратоміри, принцип роботи яких - візуальна регулювання витрати теплоносія, особливо для систем, в яких кілька контурів.

Колектор можна сконструювати своїми руками, для чого знадобляться поліпропіленові деталі (труби, трійники і т.д.), набір запірної арматури, а також будь-який інший пристрій на розсуд власників житла. Поліпропіленові труби потрібно спаяти. Можна використовувати найпростішу гребінку з

нержавійки з відводами на одній стороні. Однак слід розуміти, що, на перший погляд, проста конструкція може зажадати складного ремонту через невеликий проміжок часу або повної заміни, що спричинить великі витрати.

Не варто економити на гребінці опалення, так як це основа вузла, краще вибрати багатофункціональну гребінку і поставити заглушки на непотрібні патрубки і виходи, ніж нескінченно ремонтувати своїми руками колектор. [2-9]

2.2. Елементи схеми опалення

Сучасний обігрів, при якому задіють колектори для опалення, передбачає створення великої конструкції, до складу її входять такі основні елементи:

1. Джерело теплової енергії. Він є першою відправною точкою, від якої нагрітий теплоносій подається в трубопроводи і радіатори опалення. Потужність теплоагрегатів необхідно по можливості точно розрахувати, щоб при цьому обладнання функціонувало відповідно до свого призначення. Процес вибору котла і розрахунок його параметрів дуже важливий момент при створенні опалювальної конструкції. Занижений показник потужності не дасть працювати схемі в повній мірі, в результаті чого в кімнатах буде не досить тепло. Завищена величина необхідної тепловіддачі призведе до перевитрати палива, що потребують установки регулюючих елементів, а відповідно додаткових фінансових витрат;
2. Циркуляційний насос. Закритій опалювальній схемі з гребінкою потрібна примусова циркуляція теплоносія. Для цього виконують установку циркуляційних насосів в системі опалення, завдяки яким створюється необхідний тиск для пересування нагрітої рідини,

забезпечується оптимальна температура, яка гарантує якісну роботу. При виборі циркуляційного насоса, згідно з інструкцією, враховують ряд параметрів. Потужність двигуна циркуляційного приладу не відноситься до основних показників, вона всього лише визначає кількість енергії, яка споживається двигуном. Увагу слід приділяти швидкості і обсягу рідини, що перекачується за одиницю часу. Вибирати насоси потрібно дуже ретельно. Справа в тому, що для забезпечення якісного обігріву необхідно підбирати його з запасом по потужності, що перевищує розрахункові параметри приблизно на 10 відсотків, оскільки нерідко власники нерухомості додають площу обігріву, не роблячи заміну циркуляційного приладу, шо в подальшому утворює проблеми.

3. Колектор для радіаторного опалення. Він є важливим елементом системи теплопостачання за аналогією з котлом або насосом. Саме колектор для радіаторного опалення надає схему: «лучистість», оскільки виконує функцію розподілу і забезпечує подачу рідкого теплоносія на усі батареї опалення. Для таких систем додатково використовують різні запірно-регулюючі або теплорегулюючі елементи. Завдяки колекторам, в кожній гілці опалювальної конструкції можливо забезпечити необхідну витрату теплоносія. Монтаж термометрів додатково гарантує якісну роботу тепломережі без витрат. Підбір типу гребінки, а їх вибір на вітчизняному ринку величезний, здійснюють відповідно до планованої кількісті контурів обігріву і радіаторів опалення. Крім цього вони розрізняються відповідно до матеріалу виготовлення, їх виробляють зі сталі, латуні або полімерних матеріалів.
4. Шафи. Даний тип опалювальної конструкції потребує того, щоб приховати його компоненти, такі як колектор для опалення своїми руками, трубопроводи, кульові крани в спеціально обладнані для цього ящики або шафи. Їх або закріплюють зовні, або вбудовують в стіни.

Надалі розглянемо варіант як зробити колектор виходячи від потреб у опаленні. [2-9]

2.3. Як зробити тепловий насос своїми руками

Вартість теплового насоса є доволі високою, навіть якщо не враховувати оплату послуг фахівця, який буде виробляти його монтаж. Не всі мають достатні фінансові можливості, щоб відразу оплатити установку такого обладнання. У зв'язку з цим багато хто починає шукати відповіді на запитання, а чи можна зробити тепловий насос своїми руками з підручних матеріалів? Це цілком можливо. До того ж при роботі можна використовувати не нові запчастини.

Отже, якщо ми вирішили створити тепловий насос своїми руками, то перш ніж приступати до роботи, необхідно:

- перевірити стан проводки у вашому будинку;
- переконатися в працездатності електролічильника і перевірити, щоб потужність цього приладу була не менше 40 ампер.

Насамперед необхідно придбати компресор. Купити його можна в спеціалізованих компаніях або звернувшись в майстерню по ремонту холодильного обладнання. Також ми можемо придбати компресор від кондиціонера. Для створення теплового насоса він цілком підійде. Далі його необхідно закріпити на стіні, використовуючи кронштейни L-300.

Тепер можна переходити до наступного етапу - виготовлення конденсатора. Для цього необхідно знайти бак з нержавійки для води об'ємом до 130 літрів. Він розрізається навпіл, а всередині нього встановлюють змійовик. Виготовити його можна своїми руками, використовуючи для цього мідну

трубку від холодильника. Або ж можна створити його з мідної труби невеликого діаметру.

Щоб не відчувати проблем з виготовленням змійовика, необхідно взяти звичайний газовий балон і намотати на нього мідний дріт.

Під час цієї роботи необхідно звертати увагу на відстань між витками, яке повинно бути однаковим. Щоб трубка була зафіксована в такому положенні, слід скористатися алюмінієвим куточком з перфорацією, який застосовують для захисту кутів шпаклівки

Використовуючи витки, трубки слід розташувати так, що витки дроту знаходилися навпроти отворів в куточку. Це дозволить забезпечити однаковий крок витків, а крім цього конструкція буде досить міцною.

Коли змійовик встановлений, дві половинки підготовленого бака з'єднують за допомогою зварювання. При цьому потрібно подбати про вварюванням різьбових з'єднань.

Для створення випарника можна використовувати пластмасові ємності для води загальним об'ємом 55 - 85 літрів. У неї монтується змійовик з трубою діаметром 26.8 мм.. Звичайні водопровідні труби можна використовувати для доставки і зливу води.

На стіні за допомогою L-кронштейна потрібного розміру можно виконати закріплення випарника.

Коли всі роботи завершені, залишається тільки зібрати систему, виконати зварювання мідних трубок і закачати фреон. [2-9]

2.4. Найпростіший тепловий насос з віконного кондиціонера

Як неважко здогадатися, для виготовлення системи «вода - повітря» буде потрібно віконний охолоджувач в робочому стані. Дуже бажано купити модель, обладнану реверсивним клапаном і здатну працювати на обігрів, інакше доведеться переробляти фреоновий контур.

При покупці б / у кондиціонера потрібно звернути увагу на інформацію, де відображені технічні характеристики побутового приладу. Нас цікавить наступний параметр - який вказується в кіловатах або Британських теплових одиницях – BTU.

Опалювальна потужність апарату більше холодильної та дорівнює сумі двох параметрів - продуктивність плюс тепло, що виділяється компресором При деяких випадках нам навіть не доведеться випускати фреон і перепоювати трубки. Як переробити кондиціонер в тепловий насос:

1. Потрібно зняти верхній кожух агрегату і відкрутити зовнішній теплообмінник від піддону. Потім акуратно відсовуємо радіатор, намагаючись не перегинати трубки з холодоагентом.
2. Знімаємо зовнішню крильчатку з загального валу.
3. Виготовляємо металевий бак по довжині зовнішнього теплообмінника, ширину можна зробити на 8-12 см більше. У бічні стінки вкрутіть штуцери подачі проточної води.
4. Щоб радіатор не обмерзав, можна збільшити площу обміну, додавши по бокам додаткові пластини з міді або алюмінію (в залежності від матеріалу теплообмінника).
5. Занурюємо радіатор в бак, бажано без розрізання фреонових трубок. Робимо герметичну кришку і ущільняємо вводи контуру.

6. Підключаємо до штуцерів шланги подачі і відбору води, підключаємо циркуляційні насоси. Наповнюємо і перевіряємо бак на герметичність.

Важливо. Якщо теплообмінник не вдається помістити в резервуар без порушення фреонових магістралей, можна евакуювати газ та розрізати трубки в потрібних точках (подалі від випарника). Після складання водяного теплообмінного вузла контур доведеться спаяти і заправити фреоном. Кількість холодоагенту беремо с табличці.

Тепер залишається запустити саморобний ТН і відрегулювати водяний потік, домагаючись максимальної ефективності. Звертаю увагу: імпровізований обігрівач використовує повністю заводську «начинку», ми тільки перемістили радіатор з повітряного середовища в рідку. [2-9]

2.5. Формула розрахунку

У вигляді формули правило площ буде виглядати так:

$$S_0 = S_1 + S_2 + S_3 + S_n, \text{ [15-22]} \qquad (2.1)$$

де:

S_0 - це площа перетину гребінки;

S_1 - S_n - площі перерізів відходять гілок.

Трубопроводи, що входять в гідроколлектор, до уваги не беруться.

Цю формулу можна привести в більш зрозумілий вид. Перетин розраховується за формулою:

$$S = \pi * r^2, \text{ [15-22]} \quad (2.2)$$

При цьому, для простоти і зручності розрахунок колектора краще проводити через діаметр:

$$S = \pi * d_2 / 4, \text{ [15-22]} \quad (2.3)$$

Слідуючи цій формулі, рівність перетворюється в таку конструкцію:

$$\pi * d_{02} / 4 = \pi * d_{12} / 4 + \pi * d_{22} / 4 + \pi * d_{32} / 4 + \pi * d_{n2} / 4, \text{ [15-22]} \quad (2.4)$$

де:

d_0 - діаметр гребінки,

d_1- d_n - внутрішні розміри відвідних гілок.

Скоротивши число π і занісши все під знак квадратного кореня, можна значно спростити розрахунки:

$$d_0 = 2 * \sqrt{(d_1^2 / 4 + d_2^2 / 4 + d_3^2 / 4 + d_n^2 / 4)}, \text{ [15-22]} \quad (2.5)$$

Так ми можемо виводити універсальна формули, що підходить для того, щоб розрахувати гідроколектор будь-якої складності і конфігурації. Якщо усі гілки опалення мають однаковий розмір, рівність спрощується ще сильніше:

$$d_0 = 2 * \sqrt{(d_1^2 / 4 * N)}, [15\text{-}22] \quad (2.6)$$

де:

N - кількість відходячих від гребінки гілок.

Крім розмірів труб колектора, потрібно врахувати ще один момент, відстані між ними. Так, відстань між вхідним і вихідними групами гілок має дорівнювати шести діаметрам, а гілки опалювальних контурів повинні бути віддалені один від одного на три розміри. [15-25]

2.6. Основні характеристики і розрахунок потужності теплового насоса

Загальна раціональність установки теплового насосу для опалення будь якого будинку оцінюються, перш за все, по фінансових витратам, що раніше було зазначено. Згадаємо, які фактори сюди входять:

- ціна покупки устаткування;
- вартість монтажу, яка може включати земельні роботи;
- витрати на періодичне обслуговування;
- приблизна вартість ліквідації частих неполадок.

Вибір моделі по потужності, як було зазначено вище, базується на загальній потребі в теплозабезпечення. Розглянемо приблизний розрахунок для

одноповерхового будинку 10 на 10 метрів (300 кубометрів обсягу) виглядає приблизно так:

- враховується максимальна низька зимова температура (-20);
- визначається різниця між кімнатою і довкіллям (20 – (-20) = 40);
- вираховуються тепловтрати стін, за довідковими даними їх матеріалу (для цегли табличне значення 1, тепловтрати – 1 на 300 на 40 - 12000 кілокалорій на годину або 13,5 кВт).

Отримана цифра - це мінімальна потужність теплового насоса, якого вистачить для опалення будинку. Для вибору оптимальної моделі характеристику потрібно збільшити мінімум на 50 %. Це робиться з тієї причини, що теплонасосу взимку доведеться працювати в неоптимальних умовах, яка близька до нижньої точки нульової ефективності по температурі навколишнього середовища. Отримана цифра для розглянутого прикладу - 20 кВт.

Друга частина розрахунку - вибір ємкості накопичувального бака. Дану частину системи рекомендується встановлювати, щоб теплонасос міг працювати обмежену кількість циклів на добу. У документації до обладнання наводяться рекомендації за обсягом теплоакумулятора для певного показника циклічності. Середньостатистична цифра - 28 літрів на кіловат при трьох запусках, 19 літрів - при п’яти запусках. Таким чином, для будинку в розглянутому прикладі знадобиться бак який може накопичувати мінімум 400 літрів для п'яти циклів роботи теплонасоса на добу.

Розглянемо які теплові насоси ми можемо використати для своєї роботи. [15-25]

2.7. Робота теплового насоса при роботі за схемою ґрунт-вода

Укладання колектора в ґрунт можна зробити трьома засобами:

1. Горизонтальний варіант:

Труби укладаються в траншеї «змійкою» на глибину, що перевищує глибину промерзання ґрунту (в середньому - від 1 до 1,5 м). Для такого колектора буде потрібно ділянку землі чималій площі, але зате його може побудувати будь-який домовласник - ніяких навичок, крім вміння працювати лопатою, не знадобиться. Слід, правда, врахувати, що спорудження теплообмінника ручним способом - досить трудомісткий процес.

2. Вертикальний варіант:

Труби колектора у вигляді петель, що мають форму літери «U», занурюються в свердловини глибиною від 20 до 100 м. При необхідності можна побудувати кілька таких свердловин. Після установки труб свердловини заливають цементним розчином.

Гідність вертикального колектора полягає в тому, що для його будівництва потрібно зовсім невелику ділянку. Однак, пробурити свердловини глибиною понад 20 м самостійно немає ніякої можливості - доведеться наймати бригаду бурильників.

3. Комбінований варіант:

Цей колектор можна вважати різновидом горизонтального, але за невеликими деталями, на його будівництво потрібно буде менше місця.

На ділянці викопується круглий колодязь глибиною від 1.8 - м.

Труби теплообмінника укладаються по спіралі, так що контур являє собою вертикально встановлену пружину.

По завершенні монтажних робіт колодязь засипають. Як і у випадку з горизонтальним теплообмінником, весь необхідний обсяг робіт можна зробити своїми руками.

Колектор заповнюється антифризом - тосолом або розчином етиленгліколю (в залежності від випадку, розчини можна використовувати різні). Для забезпечення його циркуляції в контурі врізається спеціальний насос. Увібравши в себе тепло ґрунту, антифриз надходить до випарника, де відбувається теплообмін між ним і холодоагентом.

Слід врахувати, що необмежений відбір тепла з ґрунту, особливо при вертикальному розташуванні колектора, може привести до небажаних наслідків для геології та екології ділянки. Тому в літній період ТН типу «ґрунт - вода» дуже бажано експлуатувати в реверсивному режимі - кондиціонування. [21]

2.8. Розрахунок горизонтального колектора теплового насоса

Знімання тепла з кожного метра труби залежить від багатьох параметрів: глибини укладання, наявності ґрунтових вод, якості ґрунту, а також інші варіанти. Орієнтовно можна вважати, що для горизонтальних колекторів він становить 20 Вт.м.п. Більш точно: сухий пісок - 10, суха глина - 20, волога глина - 25, глина з великим вмістом води - 35 Вт.м.п.

Різницю температури теплоносія в прямій і зворотній лінії петлі при розрахунках, приймають зазвичай 3 ° С. На ділянці колектора, не слід зводити будівель, щоб тепло землі, тобто наше джерело енергії, поповнювався енергією за рахунок сонячної радіації.

Мінімальна відстань між прокладеними трубами має бути не менше 0,7 - 0,8 метрів.

Довжина однієї траншеї може коливатися від 25 до 145 м., Головне щоб довжини контурів були приблизно однаковими. В якості теплоносія первинного контуру рекомендується використовувати розчин етиленгліколю (медіум) з точкою замерзання приблизно -12 ° С. У розрахунках слід врахувати, що теплоємність розчину при температурі 0 ° С становить 3,7 кДж / (кг · К), а щільність - 1,04 г / $см^3$.

При використанні медіума, втрата тиску в трубах в 1,5 рази більше, ніж при циркуляції води. Для розрахунку параметрів первинного контуру теплонасосної установки буде потрібно визначити витрату медіума: [21]

$$V_s = Q_0 * 3600 / (1,05 * 3,7 * .t), [15\text{-}22] \qquad (2.7)$$

де:

.t - різниця температур, яку часто приймають рівною 3 оК.

Q_0 - теплова потужність, що отримується від низько потенційного джерела (ґрунт). Остання величина розраховується як різниця повної потужності теплового насоса. Q_φ і електричної потужності, що витрачається на нагрів холодоагенту Р:

$$Q_0 = Q_\varphi - P, \text{ (кВт) [15-22]} \quad (2.8)$$

Сумарна довжина труб колектора L і загальна площа ділянки під нього А розраховуються за формулами:

$$L = Q_0 / q, \text{ [15-22]} \quad (2.9)$$

$$A = L * d_a, \text{ [15-22]} \quad (2.10)$$

В цьому рівнянні:

q - питома (з 1 м труби) теплоз'їм;

d_a - відстань між трубами (крок укладання).

2.9. Приклад розрахунку теплового насосу

Вихідні умови: теплонеобхідність житлового будинку 120 - 240 $м^2$ (з розрахунку теплових втрат з урахуванням інфільтрації) - 13 кВт; температура води в системі опалення приймаємо рівною 35 ° С (підполовий обігрів); мінімальна температура теплоносія на вихід в випарник - 0 ° С. Для обігріву

будівлі обраний тепловий насос має потужністю 14,5 кВт з існуючого технічного ряду обладнання, з урахуванням втрат на в'язкості медіума, при відборі і передачі теплової енергії з ґрунту, становить 3,22 кВт. Знімання тепла з поверхневого шару ґрунту (суха глина), q дорівнює 20 Вт / м.п. Відповідно до формул розраховуємо:1)

1) необхідна теплова потужність колектора Q_0 = 14,5 - 3,22 = 11,28 кВт;

2) сумарну довжину труб L = Q_0 / q = 11,28 / 0,020 = 564 м.п. Для організації такого колектора буде потрібно 6 контурів довжиною по 100 м;

3) при кроці укладання 0,75 м необхідна площа ділянки А = 600 х 0,75 = 450 м2;

4) загальна заправка Етіленгліконового розчину:

$V_S = 11{,}28 \cdot 3600 / (1{,}05 \cdot 3{,}7 \cdot 3) = 3{,}51\ м^3$, в одному контурі дорівнює 0,58 $м^3$.

Для пристрою колектора вибираємо пластикову трубу типорозміру 32х3. Втрати тиску в ній складуть 45 Па / м.п.; опір одного контуру - приблизно 7-8 кПа; швидкість протоку теплоносія - 0,3 м / с. Також можливий варіант заміни матеріалів, якщо в подальшому це рентабельною задачею. [21]

2.10. Для чого потрібен колектор

Базові функції колектора на опалення:

- Розподіл теплоносія для різних контурів;
- Повернення охолодженого зворотного потоку в нагрівач; Видалення з системи повітря;
- Вирівнювання тиску;
- Очищення теплоносія від іржі і накипу;

- Можливість відключати елементи контуру;
- Аварійне відключення опалення.

Гідравлічний вузол незамінний в заміських будинках, в яких кілька поверхів і на кожному передбачений окремий опалювальний контур. Гідроколектор можна встановити, наприклад, в підвальному приміщенні і регулює забезпечення житлового будинку теплом в кожній кімнаті. Якщо знадобиться ремонт на окремій ділянці системи, то на гребінці опалення просто перекривається потрібний вентиль. [15-22]

2.11. Методика розрахунку теплових насосів

Дійсно, процес вибору і розрахунок теплового насоса є досить складною в технічному відношенні операцією і залежить від індивідуальних особливостей об'єкта, але орієнтовно він може бути зведений до наступних етапів:

Визначаються тепловтрати через огороджувальні конструкції будівлі (стіни, перекриття, вікна, двері). Зробити це можна, застосувавши наступне співвідношення:

$$Q_{ок} = S * (t_{вн} - t_{нар}) * (1 + \Sigma \beta) * n / R_t, (Вт); [15\text{-}22] \quad (2.11)$$

де:

$t_{нар}$ - зовнішня температура повітря (° С);

$t_{вн}$ - внутрішня температура повітря (° С);

S - сумарна площа всіх огороджувальних конструкцій ($м^2$);

n - коефіцієнт, який вказує вплив навколишнього середовища на характеристики об'єкта. Для приміщень, безпосередньо контактують через перекриття з зовнішнім середовищем n = 1; для об'єктів, що мають горищні перекриття n = 0,9; якщо ж об'єкт розміщений над підвальним приміщенням n = 0,75;

β - коефіцієнт додаткових тепловтрат, який залежить від типу будови і його географічного розташування β може варіюватися від 0,05 до 0,27;

R_t - теплоопір, визначається за наступним виразом:

$$R_t = 1 / \alpha_{внутр} + \Sigma (\delta i / \lambda i) + 1 / \alpha_{нар} \ (м^2 * ° C / Вт); \ [15\text{-}22] \qquad (2.12)$$

де:

δ_i / λ_i - розрахунковий показник теплопровідності застосовуваних матеріалів.

$\alpha_{нар}$- коефіцієнт теплового розсіювання зовнішніх поверхонь огороджувальних конструкцій (Вт / $м^2$ * ° С);

$\alpha_{внутр}$ - коефіцієнт теплового поглинання внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій (Вт / $м^2$ * ° С);

Розраховати сумарні тепловтрати споруди ми можемо завдяки наступній формулі:

$$Q_{т.пот} = Q_{ок} + Q_{и} - Q_{пб};\ [15\text{-}22] \qquad (2.13)$$

де:

$Q_{и}$ - витрати енергії на підігрів повітря надходить до приміщення через природні нещільності;

$Q_{пб}$ - виділення тепла за рахунок функціонування побутових приладів і діяльності людей.

Виходячи з цих даних (які були розглянуті вище) можемо розрахувати річне споживання теплової енергії для кожного індивідуального об'єкта (в подальшому ми це будемо використовувати на нашому об’єкті):

$$Q_{год} = 24 * 0.63 * Q_{т.пот.} * ((d * (t_{вн} - t_{нар.ср.}) / (t_{вн} - t_{нар.})) \text{ [15-22] (2.14)}$$

де:

$t_{вн}$ - рекомендована температура повітряного середовища всередині приміщення;

$t_{нар}$ - зовнішня температура повітря;

$t_{нар.ср}$ - середньоарифметичне значення температури зовнішнього повітря за весь опалювальний сезон;

d - число днів опалювального періоду.

Для повного аналізу потрібно розрахувати і рівень теплової потужності необхідної для розігріву води:

$$Q_{гв} = V * 17 \text{ (кВт / год за рік.) [15-22]} \qquad (2.15)$$

де:

V - об'єм щоденного нагріву води до 48-50 ° С.

Тоді сумарна витрата теплової енергії визначиться за формулою:

$$Q = Q_{гв} + Q_{год} \text{ (кВт / год за рік.) [15-22]} \quad (2.16)$$

Беручи до уваги отримані дані, підібрати найбільш підходящий тепловий насос для опалення та гарячого водопостачання не складе великих труднощів. Причому розрахункова потужність визначиться наступним образом:

$$Q_{тн} = 1{,}1 * Q, \text{ [15-22]} \quad (2.17)$$

де:

1,1 - корелюючий коефіцієнт, який вказує, що є можливість збільшення навантаження на тепловий насос в період виникнення критичних температур.

Виконавши розрахунок ТН можна підібрати найбільш доцільний тепловий насос, який буде в змозі забезпечити необхідні нам параметри мікроклімату в приміщеннях з будь-якими технічними характеристиками. З огляду на можливість інтеграції зазначеної системи з кліматичною установкою «тепла підлога» можна зазначити, не тільки її функціональність, а й високу естетичну вартість. [15-25]

2.12. Визначення максимальної витрати

Потреба (загальна) в енергії яка нам необхідна за використовуваний період (Q_{DPB}) (кВт · год) визначається так:

$$Q_{DPB} = N_{NE} \cdot QN_{PBNNE}, \text{ [15-22]} \qquad (2.18)$$

де:

QN_{PBNNE} - потреба в одиниці енергії за обраний період (кВт · год);

N_{NE} - кількість користувачів з однаковими потребами. Виходячи із загальної потреби в енергії, ми можемо розраховувати кількість необхідної енергії безпосередньо для нагріву питної води (енергії для ГВП) для використовуваного періоду V_{DP} (л):

$$V_{DP} = \frac{Q_{DPB}}{C_w * (t_{soll} - t_{cw})}, \text{ [15-22]} \qquad (2.19)$$

де:

C_w - питома теплоємність (для води яка дорівнює 1,163 Вт · год / кг · К);

t_{soll} - задана температура гарячої води;

t_{cw} - температура холодної води.

При розрахунку споживання енергії потрібно також враховувати втрати тепла через теплоізоляцію і від підмішування холодної води.

Втрати розсіюванням через теплоізоляцію вказані в технічній документації накопичувальної ємності.

При цьому як правило, величину витрат при підмішуванні холодної води і зниження корисного об'єму накопичувальної ємності приймаються в межах 14-19 % від номінального обсягу ємності.

Виходячи с цього, мінімальна потреба в накопичувальної ємності V_{Sp} - хв (л) розраховується за формулою:

$$V_{Sp} = \text{VDP} \cdot 1{,}15, \text{ [15]} \qquad (2.20)$$

де:

1,15 - це 15% втрат при перемішуванні з холодною водою

На далі є розрахунок необхідної потужності теплового насоса для гарячого водопостачання $Q_{\wp}$ (кВт). Цей розрахунок буде необхідним для визначення навантаження ГВП за обраний період водорозбору. [21]

$$Q_{\wp} = \frac{V_{Sp} * C_w * (t_{soll} - t_{cw})}{T_{auf\,h}}; \text{ [15-22]} \qquad (2.21)$$

де:

V_{Sp} - обсяг накопичувальної ємності (л);

$T_{auf\,h}$ - час розігріву ємнісного водонагрівача.

Якщо час розігріву водонагрівача незначне, то ми можемо, виходячи з максимальної продуктивності теплового насоса, визначити наступне: чи збільшувати обсяг накопичувальної ємності або використовувати додатковий теплогенератор? Другий варіант є більш привабливим, особливо для багатоквартирних будинків з великими піками водорозборів, ніж збільшувати первинну потужність теплового насоса, з чого вийде підвищення інвестиційних витрат, що нам не потрібно.

При визначенні максимальних періодів водорозбору проводиться розрахунок потужності теплового насоса для ГВП $Q_{℘}$ (кВт), виходячи не тільки з номінальною навантаження протягом дня, але і з урахуванням пікового періоду.

$$Q_{℘} > Q_{DPT} \cdot N_{NE}; \text{ [15-22]} \qquad (2.22)$$

де:

N_{NE} - поправочний число періоду максимального водорозбору;

Q_{DPT} - потужність денного споживання (кВт).

Виходячи с цього, етапи нашої оцінки включають такі чинники:

1) установка профілю навантаження;
2) установка потреби в енергії для найтривалішого періоду;
3) розрахунок теоретичного обсягу накопичувальної ємності для найтривалішого періоду;
4) визначення реального обсягу з урахуванням тепловтрат через ізоляцію і з підмішування;
5) визначення необхідної потужності теплового насоса на опалення;

6) перевірка відповідності потужності насоса періоду максимального водорозбору.

Є більш простий підхід в даному питанні:

Для жилих будинків зі стандартним санітарним обладнанням розрахунок потужності теплового насоса можна провести за спрощеною схемою: на одну людину на кожен день приймається 24 - 26 л. (60 ° С) води. Виходячи з мінімального обсягу розраховується температура подачі. Таким чином, обсяг накопичувача (загальний) в літрах:

$$V_{Sp} = Vt_{soll}; \text{ [15-22]} \qquad (2.23)$$

Необхідний обсяг ГВС при V_{tsoll} (л):

$$Vt_{soll} = V_{DP60} * \frac{(60 - t_{cw})}{(t¿¿soll - t_{cw})¿}; \text{ [15-22]} \qquad (2.24)$$

де:

V_{DP60} - необхідний обсяг ГВС при 60 ° С в літрах. [15-25]

2.13. Вибір місця і установка

Колектор для комбінованої системи опалення нам потрібно встановити в сухому місці, будь-який пристрій в його комплектації має в складі метал і не можна піддавати його корозії. Принцип роботи вузла - паркан теплоносія, розподіл і збір, тому виходячи з цього ми можемо монтувати колектор для опалення поруч з котлом (в залежності від наявності належного місця).

Стіна, на якій буде встановлена шафа, повинна бути вирівняна, щоб в подальшому не проводилися брудні роботи з оштукатурювання. Якщо плануємо вбудований вузол, то в стіні необхідно заздалегідь вирізати отвір за розмірами майбутньої шафи і встановити його. При монтажі зовнішнього вузла, в залежності від виду шафи, можна спочатку встановити гребінку і підвести до неї труби контурів або первинно монтувати коробку і потім вже своїми руками збирати колектор. [1-34]

Послідовність дій по установці вузла своїми руками:

1. Монтаж трубопроводу;
2. Установка шафи;
3. Збірка вузла;
4. Перевірка роботи системи.

2.14. Розрахунок реальної потужності сонячного колектора

Виробники вказують максимальну потужність геліоколектора при повному освітленні при направленні на південь і орієнтації перпендикулярно сонця в полудень. Але не завжди можна так направити панелі, особливо якщо їх встановлювати на даху будинка.

Нижче наведено формулу, яка універсальна і може бути застосована як для підрахунку кількості колекторів, так і для розрахунку загальної площі в квадратних метрах (див. рів. 2.25)

$$P_v = \sin A * P_{max} * \text{S}; \text{[15-22]} \qquad (2.25)$$

де:

P_v - потужність сонячного колектора;

А - кут відхилення площині геліоколектора від напрямку на південь;

P_{max} - середній рівень інсоляції в вашому регіоні в холодну пору року.

Навіть якщо сонце, більшу частину часу, не приховано хмарами, в перебігу дня рівень інсоляції змінюється.

Максимальний рівень інсоляції взимку в середньому в 3-4 рази менше, ніж влітку. Кількість сонячної енергії, яку може отримати геліоколектор за добу взимку в 5-8 разів нижче (в більшості випадків) ніж влітку. [1-34]

2.15. Розрахунок продуктивності геліоколектора по куту установки

Оптимальний кут установки сонячного колектора для опалення будинку взимку - так, щоб він був перпендикулярний сонячним променям о 10 годині ранку. Так він може зібрати максимум теплової енергії протягом світлового дня.

Іноді не виходить цього зробити .Через відхилення від оптимального кута енергоефективність колектора може змінюватися. Розрахувати її можна за наступною формулою:

$$P_m = \sin (180 — A — B) * P_v; [15\text{-}22] \quad (2.26)$$

де:

P_m - продуктивність геліоколектора;

A - кут між колектором і площиною землі;

B - висота сонця над горизонтом о 10 годині ранку;

P_v - знайдена раніше потужність.

Якщо у нас є можливість поставити сонячний колектор так, щоб він був перпендикулярний до сонця, тоді:

$$P_m = P_v; [15\text{-}22] \quad (2.27)$$

РОЗДІЛ 3

ВИХІДНІ ДАННІ

3.1. Данні житлового будинку

1. Місто розташування приміщення – Харків
2. Призначення приміщення – Жиле приміщення
3. Розміри і матеріали шарів зовнішнього огородження:

    а) цементна піщана штукатурка (a = 20 мм);

    б) цегла глиняна (b=240мм);

    в) плита мінерально-ватна (c = 100 мм);

    г) фанера (d = 15 мм).

4. Характеристики приміщень

    Спальна кімната (1):

- Висота h = 3000 мм;
- довжина d = 4000 мм;
- ширина m = 3150 мм;
- ширина вікна на стіні “a” x = 1300 мм;
- висота вікна z = 1000 мм;
- висота від рівня ґрунту до полу горищного приміщення h = 3370 мм;
- число вікон на стіні “a” – 1;
- двері 2000x1000 мм.

Кухня:

- Висота h = 3000 мм;

- довжина d = 2700 мм;

- ширина m = 3150 мм;

- ширина вікна на стіні “а” x = 1300 мм;

- висота вікна z = 1000 мм;

- висота від рівня ґрунту до полу горищного приміщення h = 3370 мм;

- число вікон на стіні “а” – 1;

- двері 2000х1000 мм.

Гостьова:

- Висота h = 3000 мм;

- довжина d = 5500 мм;

- ширина m = 3150 мм;

- ширина вікна на стіні “а” x = 1300 мм;

- висота вікна z = 1000 мм;

- висота від рівня ґрунту до полу горищного приміщення h = 3370 мм;

- число вікон на стіні “а” – 1;

- двері 2000х1000 мм.

Вестибюль:

- Висота h = 3000 мм;

- довжина d = 2750 мм;

- ширина m = 3150 мм;

- висота від рівня ґрунту до полу горищного приміщення h = 3370 мм;

- двері 2000х1000 мм.

Ванна кімната і коридор:

- Висота h = 3000 мм;

- довжина d = 2700 мм;

- ширина m = 3150 мм;

- висота від рівня ґрунту до полу горищного приміщення h = 3370 мм;

- двері 2000х1000 мм.

Спальна кімната (2):

- Висота h = 3000 мм;

- довжина d = 2750 мм;

- ширина m = 3150 мм;

- ширина вікна на стіні “а” x = 1300 мм;

- висота вікна z = 1000 мм;

- висота від рівня ґрунту до полу горищного приміщення h = 3370 мм;

- число вікон на стіні “а” – 1;

- двері 2000х1000 мм.

- Підлога

Таблиця 3.1

Шар	**Товщина**	**Теплопровідність**	**Щільність**
Залізобетонна плита	220 мм.	1,92	2500
Шар теплоізоляції (мінераловатні плити)	50 мм.	0,064	200
Розділовий шар (поліетилен)	5 мм.	0,042	
Чорнова стяжка (дрібнофракційний бетон)	від 38 мм.	0,8	
Чистова стяжка (цементно-піщана суміш)	60 мм.	0,64	
Підлогове покриття: А) лінолеум	5 мм.	0,33	
Б) кахель (кухня, ванна, коридор)	5,5 мм.	3,49	

3.2. Дані сонячної інсоляції для Харкова

Таблиця сонячної інсоляції для Харкова:

Таблиця 3.2. [34]

Середньомісячне значення сонячної інсоляції в кВт * год / $м^2$ в день

Місяць	Харків
Січень	1,19
Лютий	2,02
Березень	3,05
Квітень	3,92
Травень	5,38
Червень	5,46
Липень	5,56
Серпень	4,88
Вересень	3,49
Жовтень	2,10
Листопад	1,19
Грудень	0,9
Середнє значення за рік	3,26

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Умови експлуатації:

- зона вологості – суха;

- відносна вологість повітря в приміщенні – (50 – 60) %;

- умови експлуатації в залежності від зони вологості – Б;

- температура найбільш холодних п’яти діб $t_{н5}$ = -26 ℃;

- температура найбільш холодної доби $t_{н1}$ = -21 ℃;

- кількість градусо-діб опалювального періоду – 3610;

- температура внутрішнього повітря $t_{вн}$ = +18 ℃.

Визначаємо теплофізичні властивості будівельних матеріалів:

- цементна піщана штукатурка (λ_1 = 0,93 Вт/(м · К));
- цегла глиняна (λ_2 = 0,76 Вт/(м · К));
- плита мінерально ватна (λ_3 = 0,09 Вт/(м · К));
- фанера (λ_4 = 0,18 Вт/(м · К)).

Термічний опір кожного шару з декількох шарів конструкції, що огороджує приміщення, ми можемо визначити за наступною формулою:

$$R_i = \delta_i / \lambda_i, (м^2 \cdot К) / Вт, [1\text{-}34] \qquad (4.1)$$

де:

δ_i - товщина шару, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності шару, Вт / (м · К).

R_1 = 0,0020 / 0,93 = 0,00186;

R_2 = 0,24 / 0,76 = 0,1824;

R_3 = 0,1 / 0,09 = 1,1111;

R_4 = 0,0015 / 0,18 = 0,00027;

$R_5 = 0,22 / 1,92 = 0,115;$

$R_6 = 0,05 / 0,064 = 0,78;$

$R_7 = 0,04 / 0,042 = 0,952;$

$R_8 = 0,06 / 0,64 = 0,94;$

$R_9 = 0,005 / 0,33 = 0,015;$

$R_{10} = 0,0055 / 3,49 = 0,0192.$

Фактичний термічний опір теплопередачі багатошарового зовнішнього огородження визначається за наступною формулою:

$$R_0 = R_в + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{нар};\ [1\text{-}34] \qquad (4.2)$$

де:

$R_в = \frac{1}{\alpha_в}$ – термічний опір тепловіддачі на внутрішній поверхні огородження, $(м^2 \cdot К) / Вт$;

$R_{нар} = \frac{1}{\alpha_{нар}}$ – термічний опір тепловіддачі на зовнішній поверхні огородження, $(м^2 \cdot К) / Вт$.

$R_o = 1 / 8,7 + 0,00186 + 0,184 + 1,1111 + 0,00027 + 1 / 23 = 1,851$

Загальний опір:

$\sum R = ¿¿\ 0,00186 + 0,184 + 1,1111 + 0,00027 + 0,115 + 0,78 + 0,952 + 0,05 + \ + 0,94 + 0,015 + 0,0192 = 4,66$

$R_{вікна} = 0,45\ (\frac{м^2 * с}{Вт});$

$$R_{норм} = 3{,}3\ (\frac{м^2 * с}{Вт});$$

4.1. Тепловий баланс приміщень

Так як умова експлуатації зовнішньої стіни в даній кліматичній зоні не виконується, то необхідно збільшити товщину огородження, наприклад, за рахунок її утеплення ізоляційними матеріалами.

Теплові втрати приміщення, кВт:

$$Q = Q_A + Q_B, \qquad (4.3)$$

де:

Q_A- теплові втрати через огороджуючи конструкції

Q_B - втрати теплоти на нагрівання холодного повітря, що надходить у приміщення, кВт.

$$Q_A = \frac{1}{R_0} + \text{A} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta);$$

$$A = a * b - A_{вікн.}, \quad n = 1, \quad \beta = \begin{cases} 0{,}1\ Північний\ Схід \\ 0{,}05\ Захід \\ 0\ Південь \end{cases};$$

де:

А – розрахункова площа поверхні огородження, м^2;

β – коефіцієнт, який враховує додаткові теплові втрати в частках від основних;

n – коефіцієнт, що враховує розташування на зовнішнього огородження (для стін і вікон - 1, перекриття – 0,75, підлоги – 0,4).

Спальна кімната (1):

$Q_{сп} = Q_{A_{сп}} + Q_{B_{сп}}$ (4 стіни, стеля, підлога)

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{\sum R} + \text{A} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta)$$

$$A = a * h - A_{вікн.}, \quad n = 1, \quad \beta = \begin{cases} 0{,}1 \; Північний\; Схід \\ 0{,}05 \; Захід \\ 0 \; Південь \end{cases};$$

А. $A_{сп\,а¿} = a * h - A_{вікн} - A_{дв.} = a * h - (Z_г * h_{вікн}) - l_{дв} * h_{дв} = 4 * 3 -$

$- 2 * (1{,}3 * 1) - (2 * 1) = 7{,}4$ (м.);

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{4{,}66} * 7{,}4 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0{,}1) = 83{,}84;$$

В. $Q_{Асп\,б¿} = b * h - A_{вікн} = b * h - Z_г * h_{вікн} = 3.15 * 3 - 1.3 * 1 = 8.15;$

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{\sum R} + A_{сп} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{4{,}66} * 8.15 * (25 + 23) * 1 *$$

$* (1 + 0{,}1) = 92{,}34;$

3. $A_{сп} = b * h = 3.15 * 3 = 9.45;$

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{4{,}66} * 9.45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0{,}05) = 102{,}2;$$

С. (Двері): $A_{дв} = l_{дв} * h_{дв} = 2 * 1 * 2 = 4$

$$Q_{A_{дв.}} = \frac{1}{R_{дв.}} + A_{дв} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{0{,}6} * 5 * (25 + 23) * 1 *$$

$* (1 + 0{,}1) = 440;$

Вікна 2. С. $A_{вікн.} = 1.3 * 1 = 1.3$

$$Q_{A_{101\,вікн.}} = \frac{1}{R_{вікн.}} + A_{вікн.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) =$$

$$= \frac{1}{0{,}45} * 1.3 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0{,}1) = 140{,}53;$$

Підлога. С. $A_{п.} = a * b = 4 * 3.15 = 12.6\; м^2$

$$Q_{A_{підл.с.}} = \frac{1}{R_{підл.}} + A_{підл.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{2{,}802} * 12.6 * (25 + 23) * 1 \quad *$$

$(1 + 0{,}1) = 237{,}43;$

$$R_{підл.}=\frac{\delta_{підл}}{\lambda_{підл}};\ [1\text{-}34] \qquad (4.4)$$

$R_1=\frac{0,22}{1,92}=0,115;$

$R_2=\frac{0,05}{0,064}=0,78;$

$R_3=\frac{0,04}{0,042}=0,952;$

$R_4=\frac{0,06}{0,64}=0,94;$

$R_5=\frac{0,005}{0,33}=0,015;$

$R_{вікн.і підл.}=\frac{1}{L_{вн.}}+\sum R_i+\frac{1}{L_{зовн.}};$

$L_{вн.}=8,7;\ \ L_{зовн.}=23;$

$R_{вікн.і підл.}=\frac{1}{8,7}+0,115+0,78+0,952+0,94+0,0192+\frac{1}{23}=2,802;$

$Q_{A_{сп}}=Q_{A_{спс.}}+Q_{A_{пВ}}+Q_{сп}+Q_{A_{спдв.с}}+Q_{A_{спвікн.с.}}+Q_{сп}+Q_{A_{сппідл.}}$

$Q_{A_{сп}}=1011,59;$

$Q_{B_{сп}}=0,337 * A_{п} * h * (t_{вн}-t_5)=0,337 * 12.6 * 3\ (25+23)=611,452;$

$Q_{сп}=Q_{A_{сп}}+Q_{B_{сп}}=1011,59+611,452=1623,042;$

Гостьова:

$Q_г=Q_{A_г}+Q_{B_г}$

$Q_{A_г}=\frac{1}{\sum R}+\text{A} * (t_{вн}-t_5) * n * (1+\sum \beta)$

$A=a * h-A_{вікн.},\ \ n=1,\ \ \ \beta=\begin{cases}0,1\ Північний\ Схід\\ 0,05\ Захід\\ 0\ Південь\end{cases}$

А. $Q_{A_{гаі.}} = a * h - 2 * A_{вікн} - A_{дв.} = a * h - 2 * (Z_г * h_{вікн}) - 2 * (l_{дв} * h_{дв}) = 5,5 * 3 - 2 * (1 * 1) - 2 * (2 * 1) = 10,5$ (м);

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{4,66} * 10,5 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 118,96;$$

В. $A_г = b * h - A_{дв} = 3.15 * 3 - 1 * 2 = 7,45$

$$Q_{A_г} = \frac{1}{\sum R} + A_г * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{4,66} * 7,45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 84,41;$$

3. $A_{сп} = b * h = 3.15 * 3 = 9.45;$

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{4,66} * 9,45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,05) = 102,20;$$

С. (Двері) $A_{дв} = (l_{дв} * h_{дв}) = 1 * 2 = 2$

$$Q_{A_{дв}} = \frac{1}{R_{дв.}} + A_{дв.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{0,6} * 2 * (25 + 23) * 1 * * (1 + 0,1) = 176;$$

Вікна 2. С: $A_{вікн.} = A_1 + A_2 = 2$

$$Q_{A_{101\ вікн.}} = \frac{1}{R_{вікн.}} + A_{вікн.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) =$$

$$= \frac{1}{0,45} * 4\ (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 469,33;$$

Підлога. С: $A_{п.} = a * b = 5,5 * 3,15 = 17,325\ м^2$

$$Q_{A_{підл.с.}} = \frac{1}{R_{підл.}} + A_{підл.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{2,802} * 17,325 * * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 299,755;$$

$$R_{підл.} = \frac{\delta_{підл}}{\lambda_{підл}}$$

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,115;$$

$$R_2 = \frac{0,05}{0,064} = 0,78;$$

$$R_3 = \frac{0,04}{0,042} = 0,952;$$

$$R_4 = \frac{0,06}{0,64} = 0,94;$$

$$R_5 = \frac{0,005}{0,33} = 0,015;$$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{L_{вн.}} + \sum R_i + \frac{1}{L_{зовн.}};$$

$$L_{вн.} = 8,7; \quad L_{зовн.} = 23;$$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{8,7} + 0,115 + 0,78 + 0,952 + 0,94 + 0,0192 + \frac{1}{23} = 2,802;$$

$$Q_{A_к} = Q_{A_{кс.}} + Q_{A_{пВ}} + Q_к + Q_{A_{спдв.с}} + Q_{A_{спвікн.с.}} + Q_{сп} + Q_{A_{сппідл.}};$$

$$Q_{A_к} = 1250,655;$$

$$Q_{B_к} = 0,337 * A_п * h * (t_{вн} - t_5) = 0,337 * 17.325 * 3 * (25 + 23) = 840,747;$$

$$Q_к = Q_{A_к} + Q_{B_к} = 1250,655 + 840,747 = 2091,402;$$

Ванна кімната і коридор:

$$Q_в = Q_{A_в} + Q_{B_в}$$

$$Q_{A_в} = \frac{1}{\sum R} + A * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta)$$

$$A = a * h - A_{вікн.}, \quad n = 1, \quad \beta = \begin{cases} 0,1 & Північний\ Схід \\ 0,05 & Захід \\ 0 & Південь \end{cases}$$

А. $Q_{A_{ваї}} = a * h - A_{дв.} = a * h = 2.7 * 3 = 8,1$ (м);

$$Q_{A_в} = \frac{1}{4,66} * 8,1 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 84,26;$$

В. $Q_{Aв} = b * h$ - $(Z_г * h_{вікн}) - l_{дв} * h_{дв} = b * h = 3.15 * 3 - 2 * 1 = 7,45;$

$$Q_{A_в} = \frac{1}{\sum R} + A_в * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{4,66} * 7,45 * (25 + 23) * 1 * * (1 + 0,1) = 77,50;$$

3. $A_в = b * h = 3.15 * 3 = 9,45;$

$$Q_{Ав} = \frac{1}{4,66} * 9,45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,05) = 102,33;$$

С. (Двері): $A_{дв} = l_{дв} * h_{дв} = 1 * 2 = 2;$

$$Q_{A_{дв.}} = \frac{1}{R_{дв.}} + A_{дв.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{0,6} * 3 * (25 + 23) * 1 * \quad *$$

$(1 + 0,1) = 161,6;$

Підлога. С. $A_{в.п.} = a * b = 3,15 * 2,7 = 8,505\ м^2$

$$Q_{A_{підл.с.}} = \frac{1}{R_{підл.}} + A_{підл.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{2,806} * 8,505 * \quad *$$

$(25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 160,03;$

$$R_{підл.} = \frac{\delta_{підл}}{\lambda_{підл}}$$

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,115;$$

$$R_2 = \frac{0,05}{0,064} = 0,78;$$

$$R_3 = \frac{0,04}{0,042} = 0,952;$$

$$R_4 = \frac{0,06}{0,64} = 0,94;$$

$$R_5 = \frac{0,005}{0,33} = 0,015;$$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{L_{вн.}} + \sum R_i + \frac{1}{L_{зовн.}};$$

$L_{вн.} = 8,7;\ L_{зовн.} = 23;$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{8,7} + 0,115 + 0,78 + 0,952 + 0,94 + 0,0192 + \frac{1}{23} = 2,802;$$

$Q_{A_в} = 84,26 + 77,50 + 102,33 + 161,6 + 160,03 = 585,72;$

$Q_{B_в} = 0,337 * A_п * h * (t_{вн} - t_5) = 0,337 * 8,505 * 3 * (25 + 23) = 412,73;$

$Q_в = Q_{A_в} + Q_{Bв} = 585,72 + 412,73 = 998,45;$

Кухня:

$Q_к = Q_{A_к} + Q_{B_к}$

$$Q_{A_к} = \frac{1}{\sum R} + \text{A} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta)$$

$$A = a * h - A_{вікн.,} \quad n = 1, \quad \beta = \begin{cases} 0,1 \, Північний \, Схід \\ 0,05 \, Захід \\ 0 \, Південь \end{cases};$$

А. $Q_{A_{кві}} = a * h - A_{вікн} = a * h - (Z_г * h_{вікн}) = 2.7 * 3 - (1.3 * 1) = 6.8$ (м);

$$Q_{A_к} = \frac{1}{4,66} * 6.8 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 77,042;$$

В. $Q_{Агос} = b * h - A_{вікн} = b * h - l_{дв} * h_{дв} = 2.7 * 3 - 1 * 2 = 6.1;$

$$Q_{A_к} = \frac{1}{\sum R} + A_к * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{4,66} * 6.1 * (25 + 23) * 1 *$$

$* (1 + 0,1) = 69,11;$

3. $A_к = b * h = 2.7 * 3 = 8.1;$

$$Q_{A_к} = \frac{1}{4,66} * 8.1 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,05) = 87,605;$$

С. (Двері): $A_{дв} = l_{дв} * h_{дв} = 1 * 2 = 2;$

$$Q_{A_{вікн.}} = \frac{1}{R_{дв.}} + A_{дв.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{0,6} * 2 * (25 + 23) * 1 * \quad *$$

$(1 + 0,1) = 176,35;$

Вікна 2. С. $A_{вікн.} = 1,3 * 1 = 1,3;$

$$Q_{A_{квікн.}} = \frac{1}{R_{вікн.}} + A_{вікн.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) =$$

$$= \frac{1}{0,45} * 1,3 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 152,533;$$

Підлога. С. $A_{п.} = a * b = 2.7 * 3,15 = 8,505 \, м^2$

$$Q_{A_{підл.с.}} = \frac{1}{R_{підл.}} + A_{к \, підл.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{2,806} * 8,505 * (25 + 23) * \quad *$$

$1 * (1 + 0,1) = 160,037;$

$$R_{підл.} = \frac{\delta_{підл}}{\lambda_{підл}}$$

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,115;$$

$$R_2 = \frac{0,05}{0,064} = 0,78;$$

$$R_3 = \frac{0,04}{0,042} = 0,952;$$

$$R_4 = \frac{0,06}{0,64} = 0,94;$$

$$R_5 = \frac{0,005}{0,33} = 0,015;$$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{L_{вн.}} + \sum R_i + \frac{1}{L_{зовн.}};$$

$L_{вн.} = 8,7;\ L_{зовн.} = 23;$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{8,7} + 0,115 + 0,78 + 0,952 + 0,94 + 0,0192 + \frac{1}{23} = 2,806;$$

$$\sum Q_{A_к} = 77,042 + 69,11 + 87,605 + 176,35 + 152,533 + 160,037 = 722,617;$$

$$Q_{B_к} = 0,337 * A_п * h * (t_{вн} - t_5) = 0,337 * 8,505 * 3 * (25 + 23) = 412,73;$$

$$Q_к = Q_{A_к} + Q_{B_к} = 722,617 + 412,73 = 1135,347;$$

Вестибюль:

$$Q_в = Q_{A_в} + Q_{B_в}$$

$$Q_{A_в} = \frac{1}{\sum R} + A * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta)$$

$$A = a * h - A_{вікн.},\ n = 1,\quad \beta = \begin{cases} 0,1\ Північний\ Схід \\ 0,05\ Захід \\ 0\ Південь \end{cases}$$

А. $Q_{A_{вай}} = a * h - A_{дв.} = a * h = 2.75 * 3 = 8,25$ (м);

$$Q_{A_в} = \frac{1}{4,66} * 8,25 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 93,47;$$

В. $Q_{Aв} = b * h - (Z_г * h_{вікн}) - l_{дв} * h_{дв} = b * h = 3.15 * 3 - 2 * 1 = 7,45;$

$$Q_{A_в} = \frac{1}{\sum R} + A_в * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{4,66} * 7,45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 77,50;$$

3. $A_в = b * h = 3.15 * 3 = 9,45;$

$$Q_{Aв} = \frac{1}{4,66} * 9,45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,05) = 102,33;$$

С. (Двері): $A_{дв} = l_{дв} * h_{дв} = 1 * 2 = 2$;

$$Q_{A_{дв.}} = \frac{1}{R_{дв.}} + A_{дв.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{0,6} * 2 * (25 + 23) * 1 * * (1 + 0,1) = 161,6;$$

Підлога. С. $A_{в.п.} = a * b = 3,15 * 2,75 = 8,662\ м^2$

$$Q_{A_{підл.с.}} = \frac{1}{R_{підл.}} + A_{підл.} * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{2,806} * 8,662 * * (25 + 23) * 1 * (1 + 0,1) = 163;$$

$$R_{підл.} = \frac{\delta_{підл}}{\lambda_{підл}}$$

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,115;$$

$$R_2 = \frac{0,05}{0,064} = 0,78;$$

$$R_3 = \frac{0,04}{0,042} = 0,952;$$

$$R_4 = \frac{0,06}{0,64} = 0,94;$$

$$R_5 = \frac{0,005}{0,33} = 0,015;$$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{L_{вн.}} + \sum R_i + \frac{1}{L_{зовн.}};$$

$L_{вн.} = 8,7;\ L_{зовн.} = 23;$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{8,7} + 0,115 + 0,78 + 0,952 + 0,94 + 0,0192 + \frac{1}{23} = 2,802;$$

$Q_{A_в} = 93,47 + 77,50 + 102,33 + 161,6 + 163 = 597,9;$

$Q_{B_в} = 0,337 * A_п * h * (t_{вн} - t_5) = 0,337 * 8,662 * 3 * (25 + 23) = 420,34;$

$Q_в = Q_{A_в} + Q_{Bв} = 597,9 + 420,34 = 1018,24;$

Спальна кімната (2):

$Q_{сп} = Q_{A_{сп}} + Q_{B_{сп}}$ (4 стіни, стеля, підлога)

$$Q_{A_{сп}} = \frac{1}{\sum R} + A * (t_{вн} - t_5) * n * (1 + \sum \beta)$$

$$A = a * h - A_{\text{вікн.}},\quad n = 1,\quad \beta = \begin{cases} 0{,}1 & \textit{Північний Схід} \\ 0{,}05 & \textit{Захід} \\ 0 & \textit{Південь} \end{cases};$$

А. $A_{\text{сп а¿}} = a * h - A_{\text{вікн}} - A_{\text{дв.}} = a * h - (Z_{\text{г}} * h_{\text{вікн}}) - l_{\text{дв}} * h_{\text{дв}} = 2{,}75 * 3 -$

$- 2 * (1{,}3 * 1) - (1 * 1) = 3{,}65$ (м.);

$$Q_{A_{\text{сп}}} = \frac{1}{4{,}66} * 3.65 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0{,}1) = 41{,}35;$$

В. $Q_{\text{Асп б¿}} = b * h - A_{\text{вікн}} = b * h - Z_{\text{г}} * h_{\text{вікн}} = 3.15 * 3 - 1.3 * 1 = 8.15;$

$$Q_{A_{\text{сп}}} = \frac{1}{\sum R} + A_{\text{сп}} * (t_{\text{вн}} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{4{,}66} * 8.15 * (25 + 23) * 1 *$$

$* (1 + 0{,}1) = 92{,}34;$

3. $A_{\text{сп}} = b * h = 3.15 * 3 = 9.45;$

$$Q_{A_{\text{сп}}} = \frac{1}{4{,}66} * 9.45 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0{,}05) = 102{,}2;$$

С. (Двері): $A_{\text{дв}} = l_{\text{дв}} * h_{\text{дв}} = 2 * 1 = 2$

$$Q_{A_{\text{дв.}}} = \frac{1}{R_{\text{дв.}}} + A_{\text{дв}} * (t_{\text{вн}} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{0{,}6} * 2 * (25 + 23) * 1 *$$

$* (1 + 0{,}1) = 176;$

Вікна 2. С. $A_{\text{вікн.}} = 1.3 * 1 = 1.3$

$$Q_{A_{101\ \text{вікн.}}} = \frac{1}{R_{\text{вікн.}}} + A_{\text{вікн.}} * (t_{\text{вн}} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) =$$

$$= \frac{1}{0{,}45} * 1.3 * (25 + 23) * 1 * (1 + 0{,}1) = 140{,}53;$$

Підлога. С. $A_{\text{п.}} = a * b = 2{,}75 * 3.15 = 8{,}662\ м^2$

$$Q_{A_{\text{підл.с.}}} = \frac{1}{R_{\text{підл.}}} + A_{\text{підл.}} * (t_{\text{вн}} - t_5) * n * (1 + \sum \beta) = \frac{1}{2{,}802} * 8.662 * (25 + 23) * * 1$$

$* (1 + 0{,}1) = 163;$

$$R_{\text{підл.}} = \frac{\delta_{\text{підл}}}{\lambda_{\text{підл}}}$$

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,115;$$

$$R_2 = \frac{0,05}{0,064} = 0,78;$$

$$R_3 = \frac{0,04}{0,042} = 0,952;$$

$$R_4 = \frac{0,06}{0,64} = 0,94;$$

$$R_5 = \frac{0,005}{0,33} = 0,015;$$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{L_{вн.}} + \sum R_i + \frac{1}{L_{зовн.}};$$

$L_{вн.} = 8,7;\ L_{зовн.} = 23;$

$$R_{вікн.і підл.} = \frac{1}{8,7} + 0,115 + 0,78 + 0,952 + 0,94 + 0,0192 + \frac{1}{23} = 2,802;$$

$Q_{A_в} = 41,35 + 92,34 + 102,2 + 176 + 140,53 + 163 = 705,42;$

$Q_{B_в} = 0,337 * A_п * h * (t_{вн} - t_5) = 0,337 * 8,662 * 3 * (25 + 23) = 420,34;$

$Q_в = Q_{A_в} + Q_{Bв} = 705,42 + 420,34 = 1125,76;$

$Q_{загальн. буд.} = 1125,76 + 1018,24 + 1135,347 + 998,45 + 2091,402 + + 1623,042 = 7992,241;$

4.2. Теплові потреби приміщення

$$Q_N = \frac{S_Б \cdot Q_{spez}}{1000} [кВт],\ [1\text{-}34] \qquad (4.5)$$

де:

A_N = опалювальна корисна площа будівлі в м^2

Q_{spez} = питома теплонеобхідність

70 Вт / м^2 -для будівель з більш ніж 2 квартирами

100 Вт / м^2 - для окремих будинків з 1-2 квартирами

S – площа опалювального приміщення

S = 64,2 м.

$$Q_N = \frac{64{,}2 * 100}{1000} = 6{,}42\,(кВт)\ [1\text{-}34] \qquad (4.6)$$

4.3. Розрахунок необхідної площі сонячних колекторів

Згадаємо як можна розрахувати потужність сонячного колектора:

$$P_v = \sin A \text{ x } P_{max} \text{ x S; } [1\text{-}34] \qquad (4.7)$$

Розрахувати продуктивності геліоколектора по куту установки ми можемо наступним чином (при умові що колектор буде перпендикулярним до сонця):

$$P_m = P_v; [1\text{-}34] \qquad (4.8)$$

Виходячи с даних о житловому будинку ми можемо розрахувати кількість необхідних нам сонячних колекторів виходячи з показників тепловтрат за наступною формулою (для вакуумних колекторів):

$$P = P_m * D / L; \text{ [1-34]} \quad (4.9)$$

де:

P - реальна продуктивність сонячного колектора;

P_m - потужність колектора, розрахована раніше;

D - діаметр вакуумних трубок;

L - відстань між трубками.

Розглянемо вакуумний колектор LH2 – 20 для нашого випадку:

P = 9,9 * 14 / 0,0995 = 1392,964;

Тепловтрати будинку: 12452 (разом с інсоляцією)

Виходячи з даних зазначених до цього ми можемо вирахувати необхідну площу сонячних колекторів для отеплення нашого будинку (враховуючи тепловтрати):

12452 / 1392,964 = 8,939 ($м^2$)

Таким чином ми знаємо, яка нам потрібна площа геліоколектора типу Altek SC-LH2 – 20, щоб забезпечити опалення будинку взимку.

Площа одного колектору типу Altek SC-LH2 - 20 – 3,26 ($м^2$)

Тобто для опалення житлового будинку нам вистачить трьох колекторів цього типу. І ця площа буде становити:

S = 9,79 ($м^2$);

РОЗДІЛ 5

СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР ТИПУ ALTEK SC-LH2 – 20

SC-LH2-20 - модель сонячного колектора виробника Altek. Цей колектор використовується в сонячних системах закритого типу з насосною станцією. ККД геліоколектора досягає 87-92%. У зв'язку з особливостями конструкції, розрахованої під наші кліматичні умови, SC-LH2 володіє максимальною продуктивністю в умовах низької сонячної інсоляції, поглинаючи до 92% (що є немало важливим фактором) енергії сонця. Рама SC-LH2 виготовлена з високоякісного алюмінію з товстим профілем.

У комплектацію входять елементи кріплення на плоску поверхню та алюмінієва рама, що забезпечить зручність в плані установки на кришу будівлі. [24]

Таблиця 5.1 [24]

Технічні характеристики вакуумного колектора Altek SC-LH2-20

Тип трубки	Heat Pipe (AlN/AlN-SS/Cu)
Кількість трубок	20
Площа колектору, ($м^2$)	2,6
Розмір вакуумної трубки, (мм)	58x1800
Діаметр конденсатору, (мм)	14
Площа абсорбера, ($м^2$)	1,61
Площа апертури, ($м^2$)	1,88
Максимальна температура нагріву, (°C)	250
Номінальна робоча температура, (°C)	-20+90
Максимальна робоча температура, (°C)	100
Ефективність, n	0,748
Рама та колектор	сплав алюмінію
Матеріал теплообмінника	Мідь
Матеріал ізоляції	мінеральна вата 55x65 мм
Гільза для термодатчику, (мм)	ф8*100
Максимальний робочій тиск, (бар)	6
Рекомендована витрата, л/хв	2,26
Тримачі вакуумних трубок	Кліпса з додатковою фіксацією
Тип установки	Плоска, похила, прямовисна поверхні
Товщина металу	2 мм
Габарити (мм)	1640x1990x188
Вага, (кг)	68
Строк служби	не менше 15 років

Висновок:

Виходячи із розрахунків і можливих варіантів сонячних колекторів був обраний варіант вакуумний колектор типу **Altek SC-LH2 - 20.**

Він пристосований до умов нашого довкілля, а також має доволі практичні варіанти в плані установки і монтажу. Матеріали які використовуються в даному колекторі якісні і міцні.

Сонячний колектор **Altek SC-LH2 - 20** складається з алюмінієвої полегшеної рами з задньої підставкою і маніфолда, в якому знаходиться 20 трубчастих елементів.

Трубчастий елемент складається з 3-х трубок: двох скляних і однієї мідної. Скляні трубки розташовані одна усередині іншої і запаяні по торцях, а простір між ними заповнений вакуумом. Зовнішня трубка прозора, на внутрішню сторону нанесено спеціальне покриття для кращого поглинання сонячної енергії. Вакуумна прошарок між трубками зберігає 95% тепла.

Усі ці, а також технічні характеристики сонячного колектора дають нам можливість ефективно використовувати його в нашому випадку.

Список використаних джерел

1. http://solar-kollektor.ru/solar_sistem.htm
2. Рей Д., Макмайкл Д. Теплові насоси: Пер. з англ. - М.: Енергоіздат, 1982. - 224 с., Іл.
3. Ель Садина Хасан. Вибір оптимальних параметрів системи теплохолодопостачання житлового будинку // Холодильна техніка, 2003 №3, с.18-21.
4. Овчаренко В.А. Овчаренко О.В. Використання теплових насосів // Холод М + Т, 2006, №2 с. 34-36.
5. П'ять кроків на шляху до позбавлення від метанової залежності // Опалювання Водопостачання Вентиляція + кондиціонери, 2006, №1, с. 30-41.
6. Бондар Є.С., Калугін П.В. енергозберігаючі системи кондиціонування повітря з акумуляцією холоду // С.О.К., 2006, №3, с. 44-48.
7. Viessmann. Системи теплових насосів. Інструкція по проектіруванію.5829 122.2 GUS 2/2000
8. Бєлова. Системи кондиціонування з чиллерамі і фанкойлами
9. Харченко Н. В. Індивідуальні сонячні установки / Н. В. Харченко. - М.: Вища школа, 1991. - 208 с.
10. Установки сонячного гарячого водопостачання. Норми проектування: ВСН 52-86. - [діє від 1987-07-01]. - М.: Госгражданстрой, 1988.
11. Магомедов А. М. Нетрадиційні поновлювані джерела енергії / А. М. Магомедов. - Махачкала: Видавничо-поліграфічне об'єднання «Юпітер», 1996. - 245 с.
12. Книга про «Сонце». Керівництво з проектування систем сонячного теплопостачання / Viessmann - К. «Злато-Граф», 2010. - 193 с.

13. Степанов Д. В. Обґрунтування джерела теплопостачання навчального корпусу ВНТУ / Д.В. Степанов, А.О.Буянов // Електронне наукове видання матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференции «Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН - 2015) »(23-26 квітня 2015-го., Вінниця)

14. Степанов Д. В. Акумулювання теплоти в схемі ефективної системи теплохолодопостачання житлової Будівлі / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О.

15. Гайдейчук // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. - 2015. - №2.

16. Степанова Н. Д. Економічний та екологічний аспекти теплопостачання на базі геліоустановок / Н. Д. Степанова, Т. І. Пилипенко // Вісник Хмельницького національного університету. - 2013. - №5. - С. 65 - 68.

17. М.О. Дикий. Поновлювані джерела енергії. Київ: Вища школа, 1993.- 416 с.

18. Г.І. Денисенко. Поновлювані джерела енергії.- Київ: КПІ, 1979.

19. Віників В.А., Путянін Є.В. Введення в спеціальность.- М .: Вища школа, 1988.- 240 с.

20. Сердюк В. В., Чемересюк Г.Г., Терек М .. Фотоелектричні процеси в напівпровідниках. - Київ - Одеса: В. ш., 1982. - 150 с.

21. https://www.tproekt.com/rascet-i-ustanovka-kollektora-dla-otoplenia

22. https://teplo.guru/eko/solnechnye-kollektory.html

23. https://www.aquatech.dp.ua/solnechnyj-kollektor-raznovidnosti-solnechnyx-kollektorov-preimushhestva-i-nedostatki

24. https://eko.house/solnechnye-kollektory/576-solnechnyj-kollektor-altek-sc-lh2-20.html

25. https://solar-tech.com.ua/fannye-solnechnoi-insolyacii-dlya-gorodov-ukrainy-2013-06-09.html

26. Гершкович В.Ф. Від простого погодного регулятора до нульового теплоспоживання. Етапи модернізації теплопостачання житлового будинку Енергозбереження в будівлях. 2006. № 2.

27. Попель О.С. Порівняльний аналіз показників конструкцій сонячних колекторів зарубіжного і вітчизняного виробництва. Нові технічні рішення // Теплоенергетика. - 2006. - № 3. - С. 23-29.

28. Слесаренко І.В. Слесаренко І.Б. Дослідження процесів генерації теплоти в схемі сонячно-теплонасосної установки // Гірський інформаційно-аналітичний бюлетень. Окремий випуск № 4. Нафта і газ. - 2014. - С. 234-241. ISBN: 0236-1493.

29. Слесаренко В.В., Копилов В.В., Княжев В.В. Оцінка ефективності установок сонячної енергетики в системах теплопостачання // Вісник ДВО РАН. - 2010. - № 3. - С. 119-124.

30. Слесаренко В.В., Богданович Г.А., Жуків В.А., Слесаренко І.Б. Особливості застосування геліоустановок з тепловими насосами // Енергозбереження та водопідготовка. - 2011. - № 5. - С. 24-28.

31. Фрід С.Є. Дослідження ефективності сонячних колекторів і водонагрівальних установок і розробка методичних основ їх теплових

випробувань: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01. - М .:Вид-во ОИВТ РАН, 2002. - 23 с.

32. Souproun A.V. Dynamic method of solar collector testing // Solar Energy Eng. - 1992. - № 2. - P. 1149-1154.
33. В. МААК, Г.-Ю. Еккерт, Ж.-Л. Кошпен. Підручник по холодильній техніці
34. https://solar-tech.com.ua/fannye-solnechnoi-insolyacii-dlya-gorodov-ukrainy-2013-06-09.html