Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

ННІ комп'ютерної фізики та енергетики

Кафедра теплофізики молекулярної фізики та енергоефективності

ДИПЛОМНА РОБОТА
ЗА ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНИМ РІВНЕМ «БАКАЛАВР»
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

Прикладна фізика та наноматеріали

"ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО БУДИНКУ"

Виконав студент 4 курсу
Групи НФ-42
Спеціальності
105 прикладна фізика та наноматеріали

Клітченко Д.Т.

Керівник Мягкохліб К.Б. к.т.н.
(ступінь, прізвище та ініціали)

Харків 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

"____" _____ 2020 року

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

1. Тема роботи "Використання геотермальної енергії для опалення та гарячого водопостачання приватного будинку"
   Керівник роботи: Мягкохліб Костянтин Борисович, к.т.н.
   затверджені наказом по університету від "___"_____ 2020 року № _____
2. Строк подання студентом роботи _____
3. Перелік питань, які потрібно розробити: підрахунок оцінки геотермального опалення та гарячого водопостачання приватного будинку; ознайомлення з поняттям та принципом дії геотермального теплового насосу, та з кліматичною зоною території на якій збудовано об'єкт; розрахунок теплових втрат будинку через огороджувальні конструкції та на гаряче водопостачання будівлі; розрахунок теплового балансу будинку; рекомендації щодо вибору системи опалення та ГВП; оформлення презентації та доповіді.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Вибір теми, узгодження, закріплення за кафедрою
2.	Робота над літературою та іншими джерелами
3.	Затвердження теми на кафедрі
4.	Написання вступу до роботи та першого розділу
5.	Написання другого розділу
6.	Написання третього розділу
7.	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
8.	Подача науковому керівнику, доробка з урахуванням зауважень
9.	Відгук, рецензія, підготовка до захисту
10.	Попередній захист на кафедрі
11.	Захист

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ **Д.Т. Клітченко**
підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ **К.Б. Мягкохліб**
підпис ініціали, прізвище

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

СКОРОЧЕННЯ

ТН – тепловий насос

ДБН – державні будівельні норми

ОК – огороджувальні конструкції;

ГВП – гаряче водопостачання;

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$t_{\text{вн.}}$ – внутрішня температура в приміщеннях будівлі;

$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;

α – коефіцієнт тепловіддачі;

δ – товщина;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

R– опір теплопередачі;

K – коефіцієнт теплопередачі;

F – площа;

$t_{\text{ср.о}}$ – середня температура за опалювальний період;

$n_{\text{о}}$ – тривалість опалювального періоду;

$P_{\text{н.}}$ – встановлена потужність одного електроприладу

ІНДЕКСИ

з. – зовнішній;

вн. – внутрішній;

в. – вікна;

з.дв. – зовнішні двері;

під. – підлога;

ст. – стеля;

с.р. – сонячна радіація;

тв – тепловтрати.

Реферат

Клітченко Данило Тимофійович «Використання геотермальної енергії для опалення та гарячого водопостачання приватного будинку» (випускна робота «бакалавра»). – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2020. – 47с.

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків; містить 16 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел з 20 найменування.

Проаналізовано способи отримання теплової енергії з використанням геотермального теплового насосу. Розраховано витрати на щомісячне використання обладнання для геотермального опалення та ГВП приватного будинку та підраховано тепловий баланс будинку. Проведені рекомендації щодо вибору системи опалення та ГВП.

Ключові слова: тепловий насос, геотермальне опалення, цикл Карно, ГВП, система “тепла підлога”, альтернативна энергетика.

Abstract

Klitchenko Danylo Tymofiiovych "Use of geothermal energy for heating and hot water supply of a private house" (bachelor’s thesis). - Kharkiv: Kharkiv National University named after VN Karazina, 2020. - 47p.

The work consists of an introduction, three sections, conclusions; contains 16 figures, 6 tables, a list of used sources 2

Methods of obtaining thermal energy using a geothermal heat pump are analyzed. The costs for the monthly use of equipment for geothermal heating and hot water of a private house are calculated and the heat balance of the house is calculated. Recommendations for the choice of heating system and hot water are made.

Key words: heat pump, geothermal heating, Carnot cycle, hot water, underfloor heating system, alternative energy.

ЗМІСТ

Вступ……1

Розділ І. Розрахунок-обґрунтування доцільності……7

1.1. Оцінка по опаленню та ГВП……...……..……..….7

1.2. Оцінка щомісячних витрат на геотермальне опалення для приватного будинку ……..……...……11

Розділ ІІ. Конструкція та принцип роботи геотермального обладнання.....14

2.1 Перший нагрівальний контур……...……..14

2.2 Тепловий насос…….21

2.3 Другий нагрівальний контур……...……...…….26

Розділ ІІІ. Розрахунок потужності системи опалення……..29

3.1 *Розрахунок втрат тепла через огороджувальні конструкції*……....29

3.2 *Розрахунок втрат тепла на гаряче водопостачання будинку*……...35

3.3 *Система опалення на основі теплового насосу. Підбір опалювальних приладів*…….38

Висновок……...……43

ВСТУП.

Дефіцит виробництва енергії за рахунок органічного палива і екологічний збиток, який наноситься при його спалюванні, вимагає пошуку екологічно чистих джерел енергії, таких як: енергія Сонця, вітру, теплота надр та інші.

Таким чином, в сучасних умовах гостро постає питання про ефективному використанні ресурсів на законодавчому рівні. Створюється велика законодавча база, спрямована на оптимізацію використання ресурсів. Так, наприклад, закон від 22.05.2019 № 2712-VIII «Про альтернативні джерела енергії» ставить собі за мету створити правові, економічні та організаційні основи стимулювання енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, що говорить про спрямованість на розробку і інтенсивному впровадженні альтернативних, нетрадиційних джерел енергії.

Для помірного клімату з середніми потребами в опаленні та охолодженні, теплові насоси пропонують енергоефективну альтернативу опалювальний котлам та кондиціонерам. Теплові насоси використовують електроенергію для переміщення тепла з прохолодного середовища в інший простір, роблячи прохолодніший простір більш холодним. Під час опалювального сезону теплові насоси передають тепло з прохолоду на вулиці у теплий будинок, а під час літнього сезону теплові насоси переміщують тепло з прохолодного будинку у зовнішнє середовище.

Існує чотири типи теплових насосів: «повітря-повітря», «повітря - вода» «вода - вода» та геотермальний. Вони збирають тепло з повітря, води або землі і концентрують його для ефективного опалення приміщень.

Тепловий насос - «повітря-повітря»

Тепловий насос «повітря-повітря» використовує повітря як джерело тепла, одночасно забезпечуючи як опалення, так і охолодження приміщень. Цей тип теплового насоса є не тільки ефективним, але й одним із найдоступніших джерел опалення на ринку. У перспективі це дозволить значно скоротити

щомісячні рахунки за опалення, а також: досягти втричі вищий ККД опалення, функціональність між опаленням і охолодженням, залежно від пори року - тепловий насос «повітря-повітря» може діяти як кондиціонер у спекотні місяці, так і як джерело опалення в зимовий період, термін експлуатації теплового насоса «повітря-повітря» становить від 10-15 років. Теплові насоси «повітря-повітря» використовують аналогічний принцип роботи як і кондиціонер, а при використанні для опалення процес змінюється у зворотному напрямку. Отже, теплові насоси «повітря-повітря» витягують тепло із зовнішнього повітря і навпаки для охолодження. Тепловий насос використовує принципи холодного стискання пари для поглинання тепла в одному місці і виведення його в інше. Вважається, що теплові насоси «повітря-повітря» є найбільш ефективними з точки зору виробництва теплової енергії на кВт / год електроенергії, яку вони споживають.

Тепловий насос - «повітря - вода»

Теплові насоси «повітря - вода» беруть тепло із зовнішнього середовища та передають його у систему опалення на водній основі. Створене тепло можна використовувати для обігріву приміщень або як гаряче водопостачання будинку. Цей тип теплового насоса найкраще працює в помірному кліматі. Ефективність теплового насоса повітря до води є найбільш оптимальною при 7 ° С, на відміну від сухих і холодних місць, де зовнішня температура опускається нижче -20 ° С. У кліматі з дуже низькими температурами теплові насоси «ґрунт - вода» можуть здатися більш підходящим вибором, оскільки вони видобувають тепло з землі. Однак, як кажуть, виробники технології теплових насосів для холодного клімату, що використовують принцип «повітря - вода», дані теплові насоси ефективні навіть при встановленій низькій температурі нижче -25 ° С.

Тепловий насос - «вода - вода»

Теплові насоси «вода - вода» надзвичайно ефективно переносять тепло від джерела води до опалювального приміщення, особливо якщо температура води

становить від 5 до 8 градусів Цельсія. Таким чином, є численні переваги установки теплових насосів. Даний тип теплового насоса поділяється на два різновида роботи у першому нагрівальному контурі:

1) через тепловий насос перекачується вода з річки або невеликого потоку.

2) через труби, прокладені в водоймі, подається спеціальний холодоагент.

Хоча обидва мають свої переваги, останній тип вимагає меншого обслуговування та більш легкого процесу застосування, що робить його дешевшим варіантом. Теплові насоси «вода - вода» можуть досягати досить високої ефективності (300% до 600%) навіть у найхолодніші зимові ночі, порівняно з 175% до 250% ефективності, яку видають теплові насоси «повітря - вода» та «повітря-повітря» у ту саму пору року. Причина теплових насосів з джерелом води є настільки ефективною в тому, що вони беруть два кіловати вільного тепла з води та один кіловат електроенергії для отримання трьох кіловат теплоти.

Тепловий насос - «земля - вода»

Найбільшим ресурсом теплової енергії при її сталості та практично повсюдне поширення мають надра планети. Тепло Землі є дуже своєрідною корисною копалиною, яке має зв'язок видобутої корисної енергії з надрами і можливість вилучення їх лише з використанням гірських виробок, зокрема буровими свердловинами. Що говорить про необхідність застосування особливого підходу до його випробування, розвідці і розробці.

Оскільки Земля поглинає енергію, що виділяється від сонця, підземні температури залишаються постійними цілий рік. У Україні температура Землі на кілька метрів під нашими ногами є постійною близько 9 градусів Цельсія. Призначення теплових насосів «земля - вода» - поглинати тепло з одного місця та транспортувати його в опалюване приміщення .

Одним з важливих відмінностей між геотермальною тепловою енергією та різноманітними мінеральними корисними копалинами є те обставина, що

теплову енергію не можна економічно транспортувати на великі відстані. У зв'язку з цим при уточненні поняття про геотермальне родовище і оцінці його запасів необхідно враховувати, що їх освоєння можливо тільки там, де вже є кінцеві споживачі.

Одним з основних видів гірських робіт при пошуках, розвідці і експлуатації геотермальних родовищ є буріння свердловин. Свердловини дозволяють отримати інформацію, яка необхідна для оцінки запасів видобутих теплових ресурсів, їх якісних характеристик, а також уточнити геолого-геотермічні, гірничо-геологічні і технічні умови для випробування, розвідки і експлуатації системи вилучення. Основою технології є спорудження теплообмінних свердловин (ТС). Однак глибоких теоретичних і експериментальних досліджень нової технології освоєння при поверхневих товщ надр недостатньо.

За кордоном, особливо в Скандинавських країнах, частка теплопостачання житлових об'єктів за цією технологією досягає 40-60%. Україна містить задовільні можливості для становлення геотермальної електроенергетики. Регіони, в яких є мінімально прийнятна для виробництва електрики температура термальної води (від 900 °С) і достатній дебіт, — це Закарпаття та Прикарпаття (понад 550 млн м3 на рік), Чернігівська, Сумська та Херсонська області, де можна створити мережу ГеоЕС малої потужності (0,05—5 МВт). В даному випадку цілеспрямовано використання установок бінарного циклу з низкокиплячим робочим тілом. У Закарпатті, де на глибині 6 км жар гірських порід приблизно 230-275 ° С, а на глибині 2 км – 90-100 ° С, а ще в Харківській області (майданчик Ізюм) створення ГеоЕС електронної потужністю 50 МВт має можливість бути виправданим. Надра Землі мають колосальними запасами теплоти, які можна і потрібно використовувати з метою теплофікації будівель і споруд. Низькопотенційне тепло Землі є викопним паливом, виступаючим в ролі альтернативного джерела енергії, при використанні якого атмосфера не забруднюється продуктами горіння. Так чому б не скористатися енергією, що знаходиться в буквальному сенсі слова під ногами? Дніпровська область

входить в число великих областей з теплоенергетичної потужністю підземних вод, яка досягає 1.3 МВт. Ґрунт, що знаходиться в поверхневих шарах Землі, представляє певного роду теплової акумулятор сонячної енергії необмеженої ємності. Якщо детально розглянути тепловий режим поверхневих шарів ґрунту Землі, то його формування відбувається під дією двох основних складових - сонячна радіація і потік радіогенного тепла з надр Землі. Верхні шари ґрунту піддаються сезонним і добовим змін температури за рахунок зміни температури зовнішнього повітря. У різних районах України, глибина проникнення добових коливань температури зовнішнього повітря і інтенсивності падаючої сонячної радіації коливається від декількох десятків сантиметрів до перших десятків метрів (15-20 м). Шари ґрунту, розташовані нижче цієї глибини мають свій температурний режим, який формується під впливом теплової енергії надр Землі і не залежить від добових і сезонних коливань. Величина радіогенного теплового потоку різна для різних місцевостей і коливається в межах від 0,05 до 0,12 Вт / м2. градієнт зміни температури ґрунту на глибині залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов і для Дніпровської області він дорівнює 3,6 градуса на 100 м.

Таблиця 1.1

Зміни температури по Дніпровській області в поверхневому шарі в залежності від місяцю і глибини по вертикалі.

h, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$t_{ср,}\ °C$
1	2.7	1.9	1.6	4	9.6	13.2	15.8	16.7	15.2	11.6	7.7	4.6	8.7
1.5	4.3	3.3	2.7	3.8	7.9	11.3	13.9	15.2	14.7	12.3	9.2	6.4	8.8
2	5.6	4.5	3.7	4	6.8	9.8	12.2	13.8	13.9	12.5	10.1	7.6	8.7

Мета роботи: провести теплотехнічний розрахунок середньостатистичного приватного будинку розташованого на території Дніпровської області, на основі теплового насосу “земля-вода”.

Завдання дослідження:

1. Провести оцінку опалення та ГВП.

2. Провести аналіз можливостей геотермальних джерел.

3. Розглянути конструкцію та принцип роботи теплового насосу.

4. Провести оцінку необхідної кількості теплової енергії для опалення та ГВП.

5. Обґрунтувати вибір використання геотермальних джерел для теплопостачання.

Робота виконана у відповідності із загальноприйнятими методами теоретичних досліджень.

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК-ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ.

1.1. Оцінка опалення та ГВП.

І півріччя 2020 рік.

Розрахунок вартості теплової енергії на опалення 1 м^2 загальної площі вираховується в такий спосіб: норматив споживання опалення * тариф на теплову енергію = вартість теплової енергії на опалення 1 м^2.

0.0383 Гкал/м^2 * 1539.50 грн/Гкал = 58.96 грн/м^2

Розрахунок вартості послуги за гаряче водопостачання на 1 людину визначається: норматив споживання ГВП * тариф на теплову енергію = вартість послуги ГВП на 1 людину.

Приклад розрахунку вартості послуги гарячого водопостачання на 1 людини при повному благоустрою приватного будинку (поверховістю 1 поверх, обладнаний мийкою, умивальником, ванною довжиною 1500-1700 мм з душем) при відсутності лічильників гарячої води:

89.32 грн/м^3 * 1,6 м^3/люд.=142 грн/люд.

2019 рік.

Розрахунок вартості теплової енергії на опалення 1 м^2 загальної площі вираховується в такий спосіб: норматив споживання опалення * тариф на теплову енергію = вартість теплової енергії на опалення 1 м^2.

0.0431 Гкал/м^2 * 1307.39 грн/Гкал = 56.34 грн/м^2

Розрахунок вартості послуги за гаряче водопостачання на 1 людину вираховується: норматив споживання ГВП * тариф на теплову енергію = вартість послуги ГВП на 1 людину.

Приклад розрахунку вартості послуги гарячого водопостачання на 1 людини при повному благоустрою приватного будинку (поверховістю 1 поверх,

обладнаний мийкою, умивальником, ванною довжиною 1500-1700 мм з душем) при відсутності лічильників гарячої води:

74.85 грн/ $м^3$ * 1,6 $м^3$/люд.=119.76 грн/люд.

2018 рік.

Розрахунок вартості теплової енергії на опалення 1 $м^2$ загальної площі вираховується в такий спосіб: норматив споживання опалення * тариф на теплову енергію = вартість теплової енергії на опалення 1 $м^2$.

0.0431 Гкал/ $м^2$*1238.88 грн/Гкал = 53.39 грн/$м^2$

Розрахунок вартості послуги за гаряче водопостачання на 1 людину визначається: норматив споживання ГВП * тариф на теплову енергію = вартість послуги ГВП на 1 людину.

Приклад розрахунку вартості послуги гарячого водопостачання на 1 людини при повному благоустрою приватного будинку (поверховістю 1 поверх, обладнаний мийкою, умивальником, ванною довжиною 1500-1700 мм з душем) при відсутності лічильників гарячої води:

67.74грн/$м^3$ * 1,6 $м^3$ /люд.=108.38 грн/люд.

2017 рік.

Розрахунок вартості теплової енергії на опалення 1 $м^2$ загальної площі вираховується в такий спосіб: норматив споживання опалення * тариф на теплову енергію = вартість теплової енергії на опалення 1 $м^2$.

0.0431 Гкал/$м^2$ * 1243.19 грн/Гкал = 53.58 грн/$м^2$

Розрахунок вартості послуги за гаряче водопостачання на 1 людину визначається: норматив споживання ГВП * тариф на теплову енергію = вартість послуги ГВП на 1 людину.

Приклад розрахунку вартості послуги гарячого водопостачання на 1 людини при повному благоустрою приватного будинку (поверховістю 1 поверх,

обладнаний мийкою, умивальником, ванною довжиною 1500-1700 мм з душем) при відсутності лічильників гарячої води:

68.34 грн/ $м^3$ * 1,6 $м^3$/люд.=109.34 грн/люд.

Вважається, що якщо поставити лічильник, то оплата за опалення і ГВП буде значно дешевше, оскільки оплачується тільки те, що витрачено (отримано).

Як підрахувати обсяг теплоносія в системі опалення?

Для перекладу теплової потужності

1 Кал / Година = 0,864 * 1 Вт

1 кілоКал => 1 000 Кал

1 мегаКал => 1 000 кКал => 1 000 000 Кал

1 гігаКал => 1 000 МКал => 1 000 000 кКал => 1 000 000 000 Кал

Таким чином енергопостачальна організація вказала 0,21Гкал / год. це скільки в кВт?

0,21 ГКал / год це 0,21 * 1000000 / 0,864 = 243 055,6 Вт = 243,06 КВт

1 кКал / год = 1,163 Вт

1 Гкал / год = 1,163 МВт

Одиниці виміру теплової потужності і кількості тепла.

Кал (Калорія) - одиниця вимірювання теплової енергії.

кКал (кілокалорій) - одиниця вимірювання теплової енергії.

Переклад гігакалорій в джоулі, кіловат-години.

1 гігакалорія = 4.1840 гігаДжоуль (ГДж) = 1.1622 мегават-годину (МВт·год)

1 гігакалорія дорівнює кількості тепла, необхідного для нагрівання 1000 тон (1 000 000 кг) води на один кельвін при стандартному атмосферному тиску.

Гігакалорія (ГКал) - основа теплотехнічних розрахунків і вимірів, оскільки вона є одиницею вимірювання теплової енергії, яка порівнянна з обсягами теплопередачі на промислово-побутовому рівні.

Як одиниця виміру тепла, гігакалорія максимально близька до реальної життя і, тому - гаряче любима теплотехніки тепловиками і комунальниками всіх часів і народів. Облік тепла та взаєморозрахунок за теплові послуги відбувається тільки на рівні гігакалорії. Усе теплотехнічні розрахунки і виміри для будівель і споруд, систем опалення і опалювальних агрегатів також вираховуються тільки в гігакалоріях.

У теплотехніки, гігакалорія коштує є основною одиницею вимірювання теплової енергії. Попередня гігакалорії, мегакалорія - занадто мілка для реальних потреб теплотехніки, а наступна за гігакалорії, теракалорія - величезна. Теракалорія не використовується в прикладній теплотехніці і, практично – теракалорія абсолютно не має відношення до земного життя.

Гігакалорія, віднесена до одиниці маси або обсягу, використовується при оцінці питомої масової або питомої об'ємної енергетичної цінності (теплотворення) палива.

Питома масова (вагова) теплотворність палива мало кому цікава, тому що для палива органічного походження - це, практично, постійна величина.

Питома об'ємна теплотворність палива - це найважливіша його характеристика, як паливного ресурсу.

У зв'язку з цим, найбільшого поширення набула гігакалорія, віднесена до метру кубічного твердого або рідкого паливного речовини - Гкал / м^3. Для вимірювання об'ємної теплотворення газоподібного паливного речовини (природного газу), гігакалорія не використовується, на увазі низькою об'ємною теплотворення газоподібного палива. Через це, теплотворна здатність газів (природного газу) вимірюється в Ккал / м^3.

Гігакалорія, приведена до одиниці часу, застосовується для характеристики теплової потужності приладу або процесу. Наприклад, в гігакалоріях в годину (Гкал·год) вимірюється продуктивність опалювального обладнання або швидкість тепловтрат (охолодження, охолодження) будівель і споруд в холодний період.

Таким чином, аналіз теплоспоживання за підсумками декількох років говорить про збільшення тарифів на споживання опалення та ГВП. В той час як за кордоном знаходить широке застосування використання низькопотенційної теплової енергії Землі за допомогою теплових насосів, що в свою чергу дозволяє знизити витрати на кінцевий продукт споживання.

1.2. Оцінка щомісячних витрат на геотермальне опалення для приватного будинку площею 100 м^2.

Для порівняльного аналізу, як предмет дослідження виступає приватний заміський будинок сумарною площею приблизно 100 м^2. Так як теплові насоси використовують землю як джерело теплової енергії, єдиний споживач енергії в цих установках є компресор, тобто при розрахунку щомісячних витрат на геотермальне опалення, буде враховуватись саме цей параметр. Згідно рекомендацій виробника, для опалення приватного будинку сумарною площею 100 м^2, рекомендовано використовувати тепловий насос з опалювальною потужністю приблизно 12 кВт = 0.01 ГКал/год.

Розрахунок теплової енергії на геотермальне опалення 1 м^2 загальної площі вираховується в такий спосіб: кількість годин у місяці * опалювальна потужність / рекомендована опалювальна площа:

720 год * 0.01 Гкал/год / 100 м^2 = 0.072 Гкал/м^2

Розрахунок кількості електричної енергії на геотермальне опалення 1 м^2 загальної площі вираховується в такий спосіб: кількість годин у місяці * потужність компресора теплового насоса / рекомендована опалювальна площа:

720 год * 1.56 кВт / 100 м^2= 11кВт * год/м^2

Розрахунок вартості теплової енергії на геотермальне опалення 1 м^2 загальної площі вираховується в такий спосіб: кількості електричної енергії на геотермальне опалення 1 м^2 * тариф на електричну енергію = вартість теплової енергії на опалення 1 м^2.

0,9 грн/кВт*год * 11 кВт*год/м^2 = 9.9 грн/м^2

Згідно результатам, геотермальна енергія може бути в 5-6 разів дешевша ніж традиційне міське опалення, але й треба не виключати витрати на обладнання та монтаж геотермального опалення. Так наприклад, тепловий насос потужністю 10кВт, може коштувати від 5000 доларів + монтаж обладнання,

приблизно 4000 доларів. Згідно, з офіційною інформацією виробників такі кошти можуть окупитися на протязі 4-5 років використання теплового насосу.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.

2.1 Перший нагрівальний контур

Ґеотермальний тепловий насос може використовувати для теплообміну горизонтально покладений в траншеях або котловані на глибині 1,2 - 1,5м трубний колектор (Рисунок 1а). Відстань між пластиковими трубами в такому геополі 0,5 - 0,8 м. Знімання тепла або питома потужність 1м колектора – 10 - 32 Вт / м^2 в залежності від типу ґрунту. Площа укладання може займати від 100 до 500 і більше квадратних метрів. Соляний незамерзаючий розчин, що циркулює в замкнутому контурі геополя, передає тепло ґрунту в теплообмінник теплового насосу.

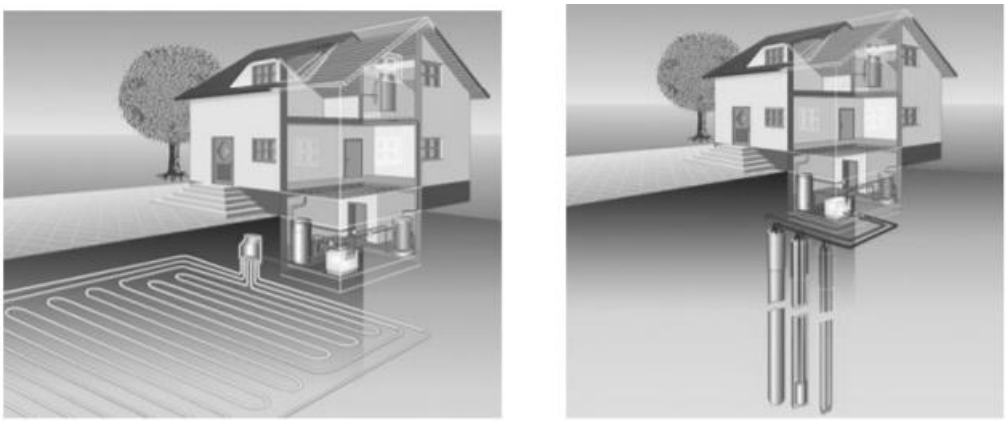


Рис. 2.1. а, б. Ілюстрація геотермальних теплових систем з використанням геотермальних колекторів та геотермальних зондів

Геотермальні зонди (Рисунок 1б) - найбільш широко використовувана схема першого нагрівального контуру у Центральній та Північній Європі. Вони встановлюються на глибинах від 50 до 250 метрів, вимагають мало простору та використовують постійну температуру. Зонди зазвичай встановлюються як вертикальні свердловини, в які вставляються пластикові труби . Тоді

теплоносій циркулює по трубах, поглинаючи тепло з навколишньої землі транспортуючи це до теплового насоса. Цей метод дозволяє використовувати системи різних розмірів - від невеликих житлових приватних будинків до великих інфраструктурних об’єктів та офісних комплексів, для постійного теплопостачання та кондиціювання приміщень.

Продуктивність установки в основному залежить від різниці температур між джерелом тепла, яке є природним ґрунтом поза свердловин, і система опалення з холодоагентом, який переробляється через тепловий насос. Земне тепло призводить до зміни початкової температури Т0 із зовнішньої стінки свердловини, де температура буде ТВ, ТВ <Т0 для систем опалення, і ТВ> Т0 у випадку охолодження систем.

2.2 Тепловий насос

Низькотемпературний тепловий потік першого контуру можна покращити до корисного високотемпературного потоку за допомогою теплового насоса. Серед різних типів теплових насосів, які були розроблені, найбільш широко застосовується механічний тепловий насос. У процесі стиснення пари використовується циркулюючий рідкий холодоагент як середовище, яке поглинає та відбирає тепло з охолоджуваного простору, а згодом передає це тепло в іншому місці. На Рис. 2.2. зображена типова одноступінчаста система водяної компресії.

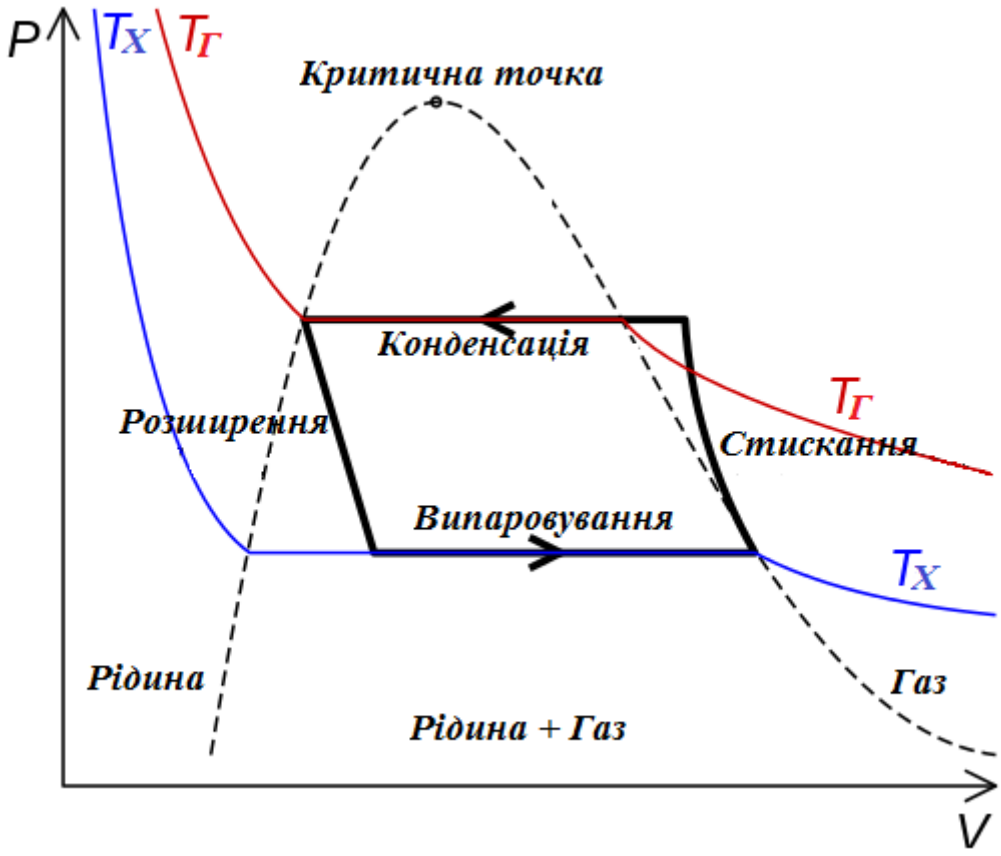


Рис. 2.2. Одноступінчаста система водяної компресії

Усі такі системи мають чотири компоненти: компресор, конденсатор, тепловий розширювальний клапан (його ще називають дросельним клапаном або

дозуючим пристроєм) та випарник Рис. 2.3. . Циркулюючий холодоагент поступає в компресор у термодинамічному стані, відомому як насичена пара і стискається до більш високого тиску, що призводить до підвищення температури. Потім гаряча, стиснута пара знаходиться в термодинамічному стані, відомому як перегріта пара яка перебуває при температурі і тиску, при яких вона може конденсуватися або охолоджуючою водою, або повітрям, що охолоджує. Цей гарячий пар направляється через конденсатор, де він охолоджується і конденсується в рідину, протікаючи через теплообмінник через який проходить прохолодна вода. Тут циркулюючий холодоагент відбирає тепло від системи, а відхилене тепло відводиться або водою, або повітрям (залежно від того). Конденсований рідкий холодоагент у термодинамічному стані, відомий як насичена рідина, подається далі через розширювальний клапан, де він зазнає різкого зниження тиску. Це зниження тиску призводить до адіабатичного випаровування частини рідкого холодоагенту. Ефект автоматичного охолодження адіабатичного випаровування знижує температуру суміші рідкого і парового холодоагенту. Потім холодна суміш спрямовується до випарника, де вона проходить крізь теплообмінник у якому циркулює теплоносій з першого нагрівального контуру, який випаровує рідку частину суміші холодного холодоагенту. Випарник - це там, де циркулюючий холодоагент поглинає і відводить тепло, яке згодом передається до конденсатора.

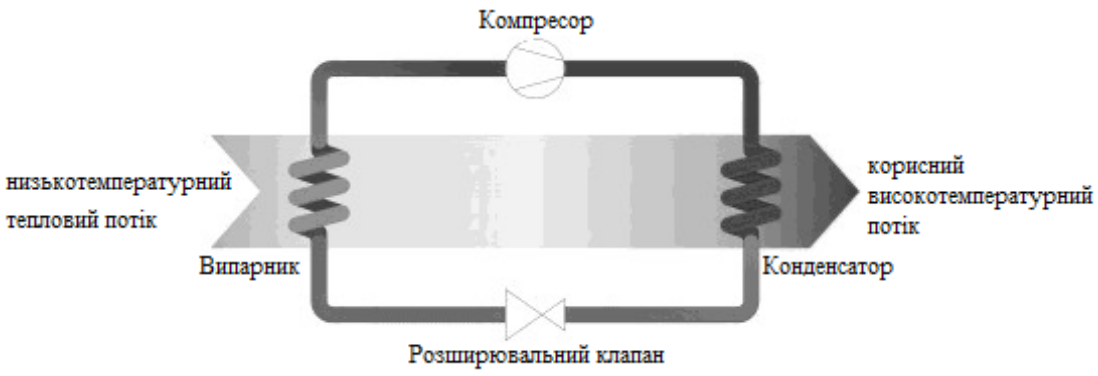


Рис. 2.3. Схема роботи теплового насосу

Компресор з електричним керуванням може бути описаний як серце теплового насосу, оскільки він перекачує холодоагент по всій системі. Основна функція компресора - стискати пари холодоагенту до високого тиску, підвищуючи цим його температуру. У герметичних компресорах мотор і компресор укладені в одному корпусі для запобігання витоку холодоагенту. Корпус має спеціальні клапани для входу та виходу холодоагенту. Герметичні компресори майже повсюдно застосовуються в невеликих системах, таких як побутові холодильники, водяні кулери, кондиціонери тощо, де ефективність не така важлива, як зручність клієнтів (через відсутність постійного обслуговування).

Конденсатор та випарник - це в основному теплообмінники, в яких холодоагент зазнає фазову зміну. Поряд із компресорами, правильна конструкція та підбір конденсаторів та випарників дуже важливі для задовільної роботи будь-якої системи охолодження. Оскільки конденсатори та випарники, по суті, є теплообмінниками, вони мають багато спільного, що стосується конструкції цих компонентів. Однак існують відмінності, що стосуються явищ теплопередачі. У конденсаторах пара холодоагенту конденсується, передаючи тепло до зовнішньої рідини, яка виконує роль тепловідводу. У випарниках рідкий холодоагент випаровується шляхом вилучення тепла із зовнішньої рідини (низькотемпературного джерела тепла). Зовнішня рідина може не зазнавати змін фази, наприклад, якщо система використовується для чутливого підігріву води, повітря чи іншої рідини.

Розширювальний клапан - ще один базовий компонент системи охолодження. Основними функціями розширювального пристрою, що використовується в холодильних системах, є:

1. Зниження тиску холодоагенту з конденсатора до тиску у випарнику.

2. Регулювання потоку холодоагенту зі швидкістю, що дорівнює швидкості випаровування у випарнику.

Ефективність холодильних систем і теплових насосів позначається його коефіцієнтом корисної дії (ККД). ККД визначається співвідношенням енерговитрат компресора та кількістю корисного тепла, що виділяється з конденсатора (для теплового насоса) (2.1). Високе значення КС представляє високу ефективність.

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{корисне тепло}}}{Q_{\text{енерговитрати компресора}}} \approx \frac{Q_{\text{низькопотенційне тепло}}}{Q_{\text{енерговитрати компресора}}} + 1, \qquad (2.1)$$

де ε - коефіцієнт корисної дії теплового насосу

$Q_{\text{корисне тепло}}$ – кількість корисного тепла виробленого тепловим насосом,

$Q_{\text{енерговитрати компресора}}$ – потужність компресора,

$Q_{\text{низькопотенційне тепло}}$ – кількість тепла спожитого тепловим насосом.

Ефективність теплового насоса залежить від кількох факторів. Особливо, це різниця температури між конденсацією і температурою випаровування: чим менша різниця, тим вище ККД.

Теоретично максимальний ККД теплового насоса може бути описаний коефіцієнтом корисної дії Карно Рис.2.4.:

$$\varepsilon_{\text{Карно}} = \frac{\text{T}_{\text{конд}}[\text{K}]}{\text{T}_{\text{конд}} - \text{T}_{\text{вип}}} \qquad (2.2)$$

де $\text{T}_{\text{конд}}$ – температура у конденсаторі,

$\text{T}_{\text{вип}}$ – температура у випарнику.

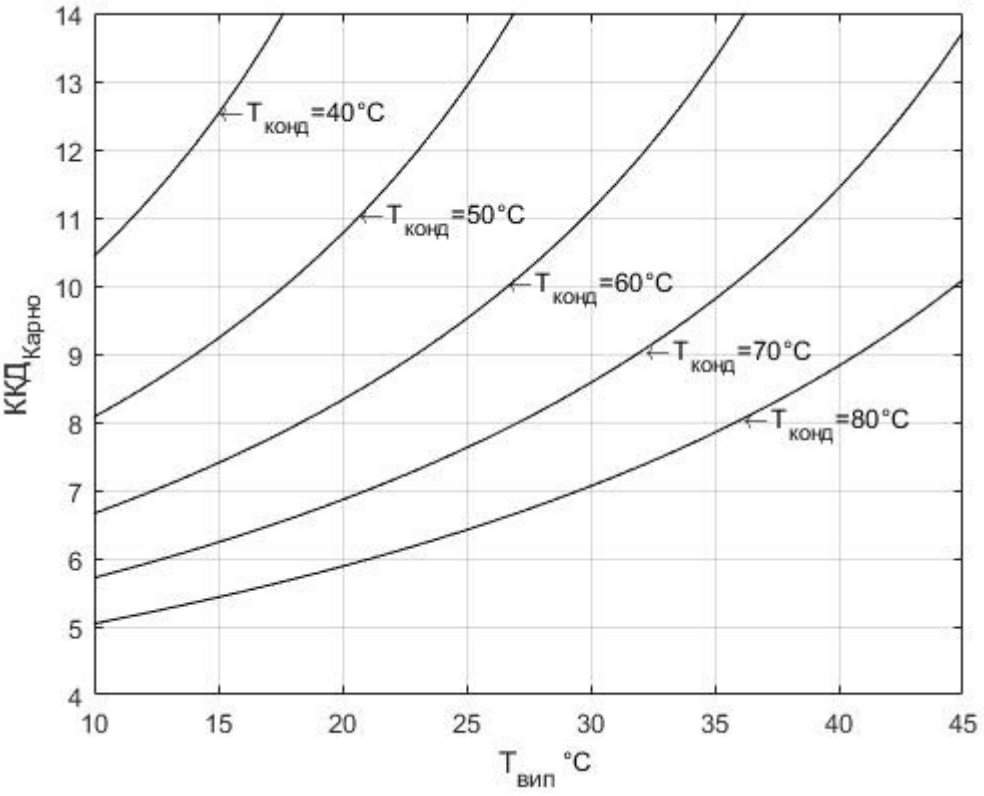


Рисунок 2.4. Залежність коефіцієнта корисної дії (Карно) від температури у випарнику теплового насоса

З рівняння видно, що ефективність Карно залежить від температури конденсації та випаровування. Дану ефективність можна досягнути лише з ідеальним циклом стиснення без втрат, однак на практиці існує маса параметрів, які негативно впливають на ефективність. Реальна ККД (2.3) задається добутком ефективності Карно та ефективністю системи, Рис 2.5.:

$$\varepsilon = \eta * \varepsilon_{\text{Карно}} \tag{2.3}$$

де $\eta -$ ефективність системи.

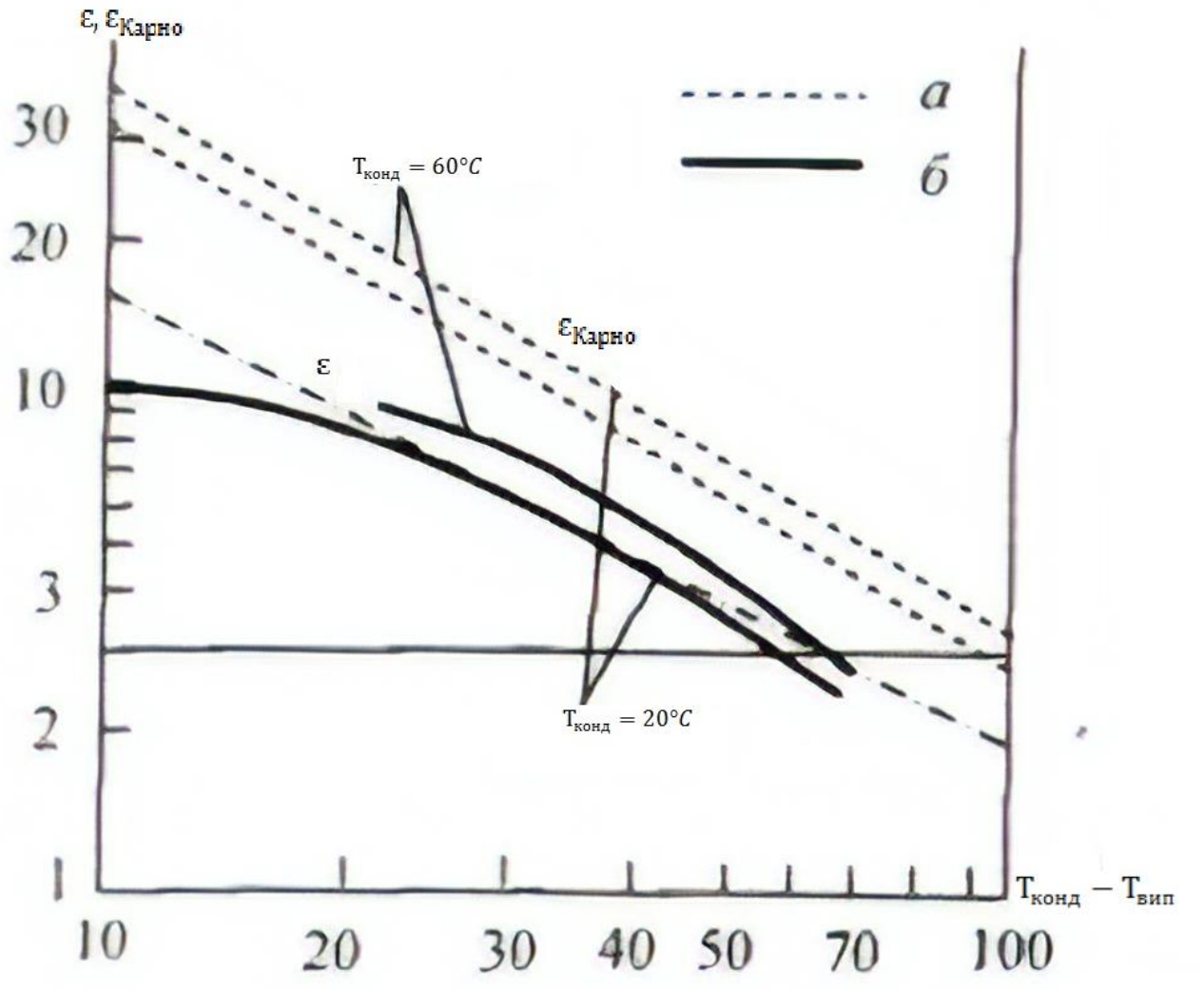


Рис. 2.5. Коефіцієнти перетворення ε і $\varepsilon_{Карно}$ в залежності від різниці $T_{конд} - T_{вип}$: а - цикл Карно; б -реальні цикли

2.3 Другий нагрівальний контур

Геотермальні теплові насоси «земля-вода» відмінно компонуються з правильно розробленими системами “тепла підлога”. При такій системі опалення температура повітря в будинку буде тепліше на підлозі і прохолодніше при стелі, що не має рівних за комфортом нагріву. Це також зменшує втрати тепла через стелю та верхні стіни. Через це менші втрати тепла і через те, що геотермальний тепловий насос вода-вода має нижчі робочі температури, ці системи мають найвищі ефективність та економію енергії будь-якої активної системи опалення. Єдиним недоліком цих систем є їх більш висока вартість установки. Важливою деталлю є визначення температури в кімнатах будинку. Слід враховувати, що водяна опалювальна система працює за рахунок низької температури теплоносія, показник якої не повинен перевищувати 55 ° С, тому що це призводить до деформації самої стяжки і елементів оздоблювального покриття, а також зменшує комфорт в самому житловому приміщенні. Крім показника температури води в системі, необхідно звернути увагу на температуру поверхні самої підлоги, тому що за існуючими європейськими стандартами і відповідним нормам ДБН визначена оптимальна температура поверхні підлоги для робочих приміщень - 27 ° С, житлових - 29 ° С, санвузлів, ванних кімнат - 33 ° С, при цьому важливим показником є матеріал покриття підлоги, якщо це синтетичний матеріал або лінолеум, то температура поверхні підлоги не повинна перевищувати - 26 ° С, паркетна дошка і ламінат - 27 ° С, з покриттям з керамічної плитки - 31° С.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ.

Теплотехнічний розрахунок вважається деталізованим розрахунком втрат теплоти крізь зовнішні огороджувальні конструкції з урахуванням втрат теплоти. Розрахунок проводиться при обліку теплоізоляційних характеристик матеріалів, з яких сконструйовано приміщення, витрат теплової енергії на вентиляцію і що аналогічне.

Всі геометричні розміри, що застосовуються в розрахунках, вважаються фактичними і підтверджені вимірюваннями. Теплофізичні коефіцієнти взяті з довідкових ресурсів.

3.1 Розрахунок втрат теплової енергії через огороджувальні конструкції

Проведемо розрахунок коефіцієнтів теплопередачі огороджувальних конструкцій, тому що ці дані не вказані в технічній документації. Приватний будинок за місцем розташування відповідає 1 температурній зоні Рис. 3.1.

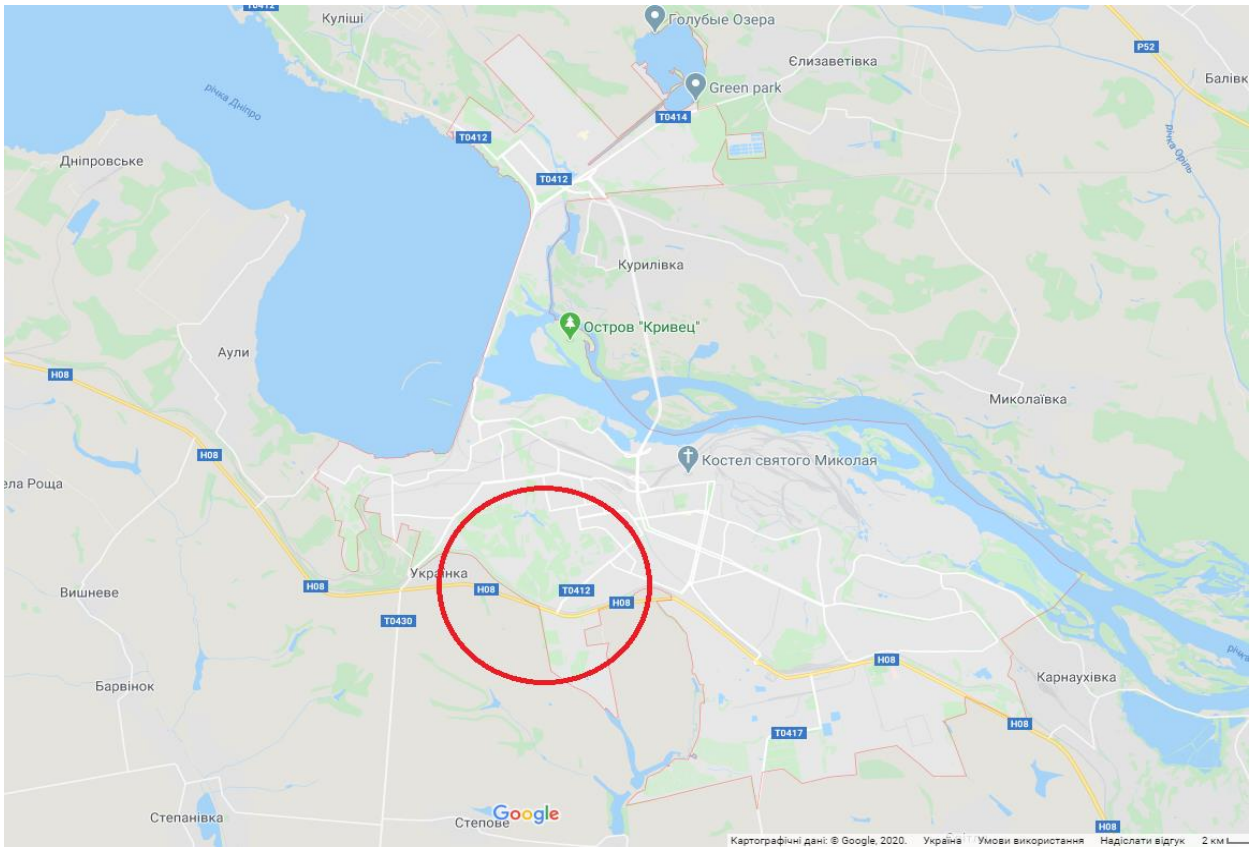


Рис 3.1. Місцезнаходження досліджуваного будинку

За довідковими таблицями для Дніпровської області $t_{зв} = -15\ ^0C$,

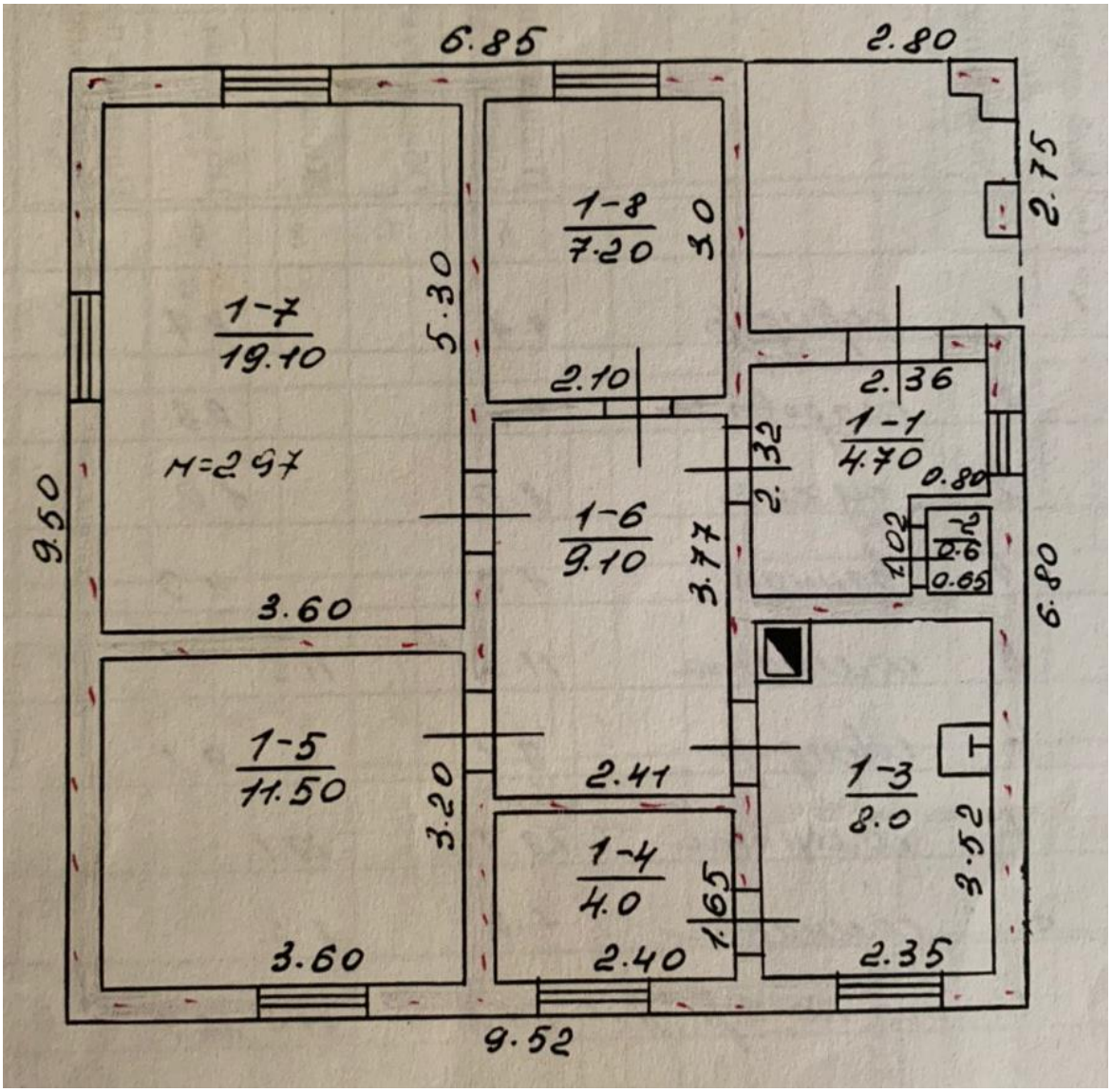


Рис. 3.2. План досліджуваного будинку

$t_{р.о} = -0.1^0C$, кількість днів опалювального періоду $n_o = 195$ діб, а для приміщень $t_{вн} = +22\ ^0C$. Будівля являє собою одноповерховий будинок. Розглянемо фактичний стан кожної з огороджувальних конструкцій окремо.

1) Зовнішні стіни

Склад:

- Червона цегла з $\lambda_1 = 0,7 \frac{Вт}{м \cdot ^0C}$ товщиною $\delta_ц = 0,4$ м;
- Цементна штукатурка з $\lambda_3 = 0,7 \frac{Вт}{м \cdot ^0C}$, товщиною $\delta_ш = 0,02$ м;
- Ґрунтова суміш з $\lambda_2 = 0,93 \frac{Вт}{м \cdot ^0C}$, товщиною $\delta_г = 0,004$ м.

Термічний опір глухих стін:

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_ц}{\lambda_1} + \frac{\delta_г}{\lambda_2} + \frac{\delta_ш}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3.1)$$

де α_1- коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі, $\alpha_1 = 8{,}7\ \frac{Вт}{м^{2.0}С}$;

α_2- коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі, $\alpha_2 = 23\ \frac{Вт}{м^{2.0}С}$.

Підставляємо значення у формулу та отримуємо:

$$R_c = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}4}{0{,}7} + \frac{0{,}004}{0{,}93} + \frac{0{,}02}{0{,}7} + \frac{1}{23} = 0{,}76\ \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі стіни:

$$К_{ст} = \frac{1}{R_c} \quad (3.2)$$

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$К_{ст} = \frac{1}{0{,}76} = 1{,}3\,\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$$

2) Вікна

Вікна у корпусі виконані з подвійним склінням у металопластикових склопакетах.

Відстань між рамами $\delta_в = 0{,}06$ м

За проектними даними опір теплопередачі вікон $R_в = 0{,}55\,\frac{м^{2.0}С}{Вт}$

Тоді коефіцієнт теплопередачі вікна:

$$К_в = \frac{1}{R_в} = \frac{1}{0{,}55} = 1{,}8\,\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$$

3) Вхідні двері

Вхідні двері щитові з глухим полотном і мають розміри 1 х 2= 2м².

Термічний опір:

$$R_{д} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{д}}{\lambda_{д}} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3.3)$$

де $\delta_{д} = 0{,}04$ м - товщина дверей;

$\lambda_{д} = 0{,}29 \ \frac{Вт}{м^{2 \cdot 0}С}$- теплопровідність дерева.

Підставляємо значення в формулу :

$$R_{д} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}04}{0{,}29} + \frac{1}{23} = 0{,}296 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$$

Коефіцієнт теплопередачі дверей:

$$K_{д} = \frac{1}{R_{д}} = \frac{1}{0{,}296} = 3{,}38 \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$$

4) Підлога

Склад:

– бетон на щебні $\lambda_{б} = 1{,}74 \ \frac{Вт}{м^{2 \cdot 0}С}$ товщиною $\delta_{б} = 0{,}25$ м;

– керамзит з $\lambda_{к} = 0{,}2 \ \frac{Вт}{м^{2 \cdot 0}С}$ товщиною $\delta_{к} = 0{,}07$ м;

– цементна стяжка $\lambda_{с} = 0{,}7 \ \frac{Вт}{м^{2 \cdot 0}С}$ товщиною $\delta_{с} = 0{,}03$ м;

– лінолеум $\lambda_{л} = 0{,}33 \ \frac{Вт}{м^{2 \cdot 0}С}$ товщиною $\delta_{л} = 0{,}005$ м.

Опір теплопередачі:

$$R_{п} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{б}}{\lambda_{б}} + \frac{\delta_{к}}{\lambda_{к}} + \frac{\delta_{с}}{\lambda_{с}} + \frac{\delta_{л}}{\lambda_{л}} + \frac{1}{\alpha_2} = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}25}{1{,}74} + \frac{0{,}07}{0{,}2} + \frac{0{,}03}{0{,}7} + \frac{0{,}005}{0{,}33} + \frac{1}{23} = 0{,}71 \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги :

$$K_{п} = \frac{1}{R_{п}} = \frac{1}{0{,}71} = 1{,}41 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$$

Всі теплотехнічні розрахунки зведемо в таблицю 3.1

Таблиця 3.1

Теплотехнічні та геометричні показники будівлі

№	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1	Коеф. теплопередачі зв. стін	$К_{ст}$	Вт/(м^2·ºС)	1,3
2	Коеф. теплопередачі вікон	$К_{в}$	Вт/(м^2·ºС)	1,8
3	Коеф. теплопередачі зв. дверей	$К_{д}$	Вт/(м^2·ºС)	3,38
4	Коеф. теплопередачі підлоги	$К_{п}$	Вт/(м^2·ºС)	1,41
5	Площа зовнішніх стін	$F_{ст}$	м^2	104
6	Площа вікон	$F_{в}$	м^2	8.82
7	Площа дверей	$F_{ст}$	м^2	1.6
8	Площа підлоги	$F_{п}$	м^2	83
9	Опалювальна площа будівлі	$F_{опал}$	м^2	83
10	Опалювальний об'єм будівлі	$V_{опал}$	м^3	249
11	Висота будівлі	Н	м	3
12	Кількість людей	Р	чол.	5
13	Розрахункова температура опалювальних приміщень	$t_{вн}$	ºС	22
14	Температура зовнішнього повітря	$t_{зв}$	ºС	-15

Теплові втрати через огороджуючі конструкції визначаються за формулою, кВт:

$$Q = F \cdot k \cdot (t_в - t_з), \quad (3.4)$$

де F – площа огороджуючої конструкції, м^2;

R – термічний опір огороджуючої конструкції, Вт/(м^2·К);

$t_в$– нормативна температура в середині приміщення;

$t_з$– середня зовнішня температура навколишнього середовища;

Підставимо значення у формулу для кожної з огороджувальних конструкцій:

– зовнішні стіни:

$$Q_{ст} = 104 * 1{,}3 * (22 + 15) * 10^{-3} = 5 \text{ кВт};$$

– вікна:

$$Q_{вік} = 8{,}82 * 1{,}8 * (22 + 15) * 10^{-3} = 0.58 \text{ кВт};$$

– зовнішні двері:

$$Q_{дв} = 1{,}6 * 3{,}38 * (22 + 15) * 10^{-3} = 0.2 \text{ кВт};$$

– підлога:

$$Q_{під} = 83 * 1{,}41 * (22 + 15) * 10^{-3} = 4.3 \text{ кВт};$$

Враховуючи те що у будинку немає додаткових джерел тепла (електрообігрівачів і т.д) підрахуємо сумарне теплове навантаження, та занесемо дані у таблицю 3.3 :

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{під}} = 10 \text{ кВт} \quad (3.5)$$

Таблиця 3.3

Розрахунки витрат тепла на опалення будівлі

№	Найменування	Умовні позначення	Одиниця виміру	Значення
Розрахунок				
1	Витрати тепла через стіни	$Q_{ст}$	кВт	5
2	Витрати тепла через вікна	$Q_{вік}$	кВт	0.58
3	Витрати тепла через зовнішні двері	$Q_{дв}$	кВт	0.2
4	Витрати тепла через підлогу	$Q_{під}$	кВт	4.3
5	Сумарне теплове навантаження	$Q_{сум}$	кВт	10

Для зручності зведемо результати розрахунків у порівняльну діаграму і зобразимо на Рис. 3.3.

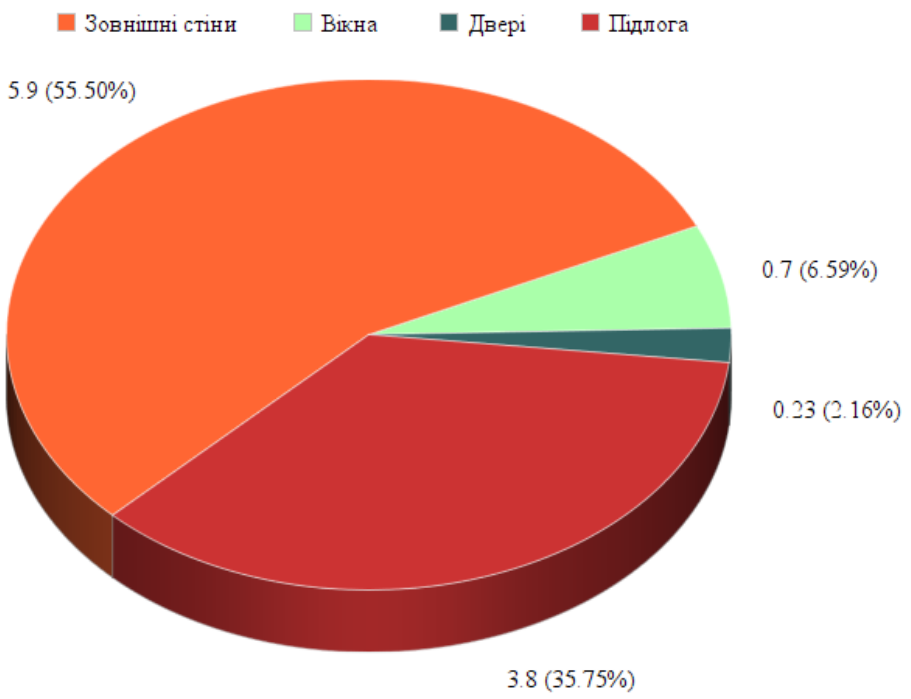


Рис. 3.3. Порівняльна діаграма витрат тепла на опалення будівлі

Знаючи усі граничні умови, виконаємо теплотехнічний розрахунок будівлі за допомогою моделювання у програмі SolidWorks Flow Simulation, яка використовує метод скінченних елементів.

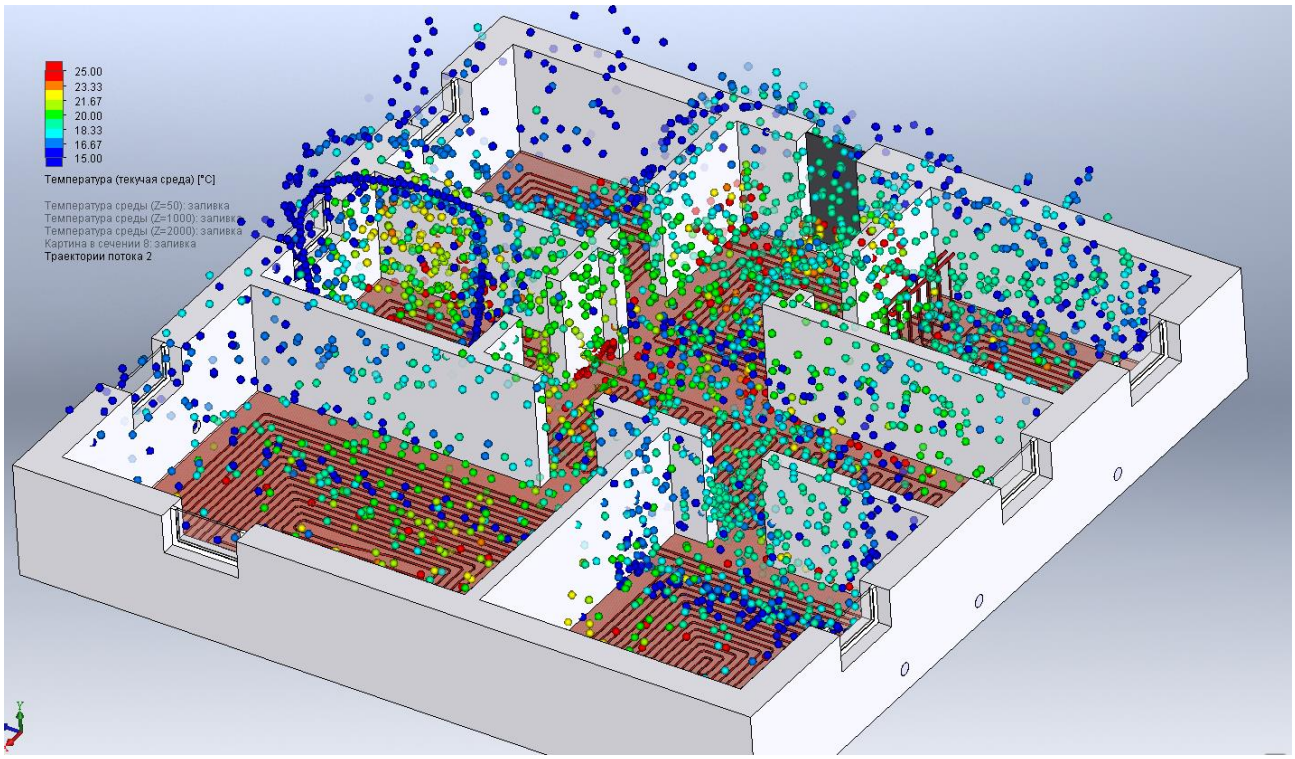


Рис. 3.4. Моделювання теплових потоків у будівлі.

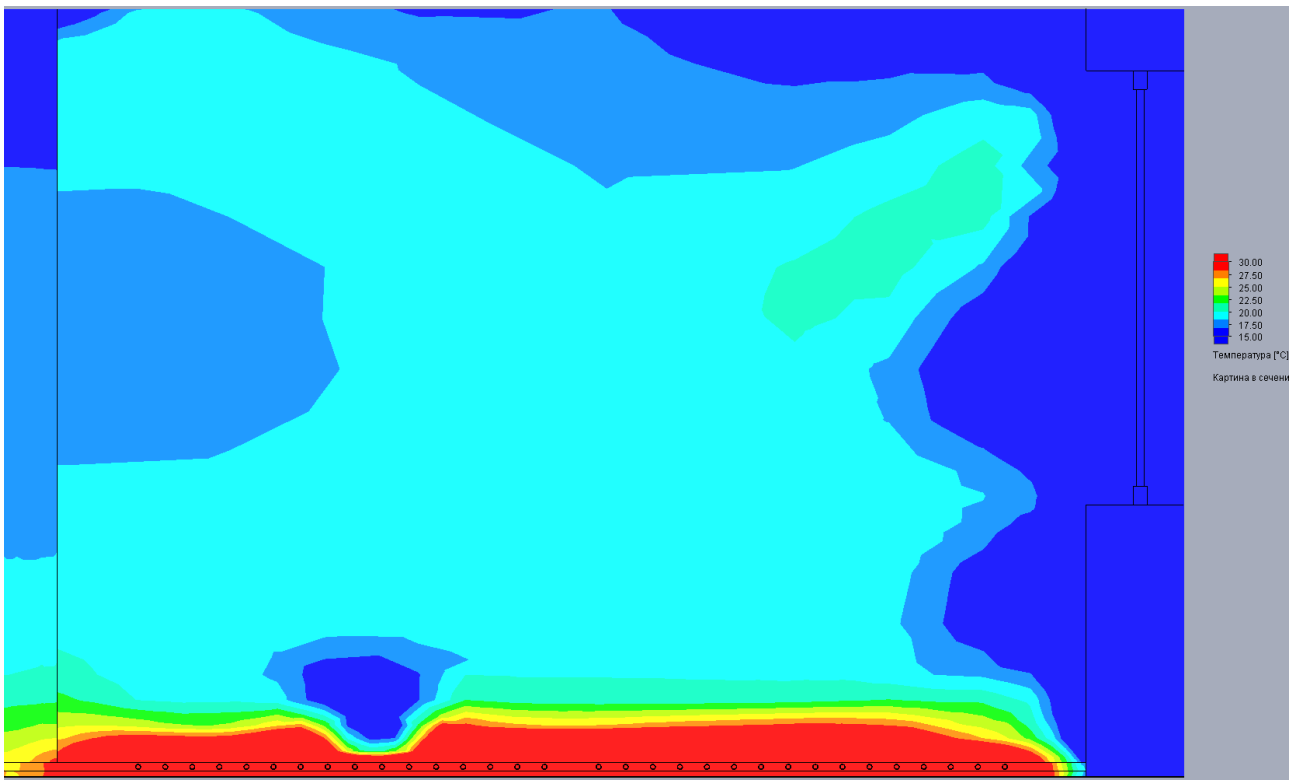


Рис. 3.5. Розподіл теплових мас на прикладі гостинної досліджуваного будинку

3.2 Розрахунок витрат тепла на гаряче водопостачання будинку.

1) Підрахуємо добові витрати води на будинок:

$$G_{\text{доб}} = q \cdot n = 105 \cdot 5 = 525 \ \frac{\text{л}}{\text{доба}} \tag{3.6}$$

$q = 105 \ \frac{\text{л}}{\text{доба}}$ - норма витрати гарячої води на 1 людину в добу

$n = 5$ – кількість людей у будинку

2) Підрахуємо добові витрати тепла на гаряче водопостачання будинку:

$$Q_{\text{доб}} = \text{C} \cdot G_{\text{доб}} \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) = \ 4187 \cdot 525 \cdot (55 - 5) = 110 \frac{\text{МДж}}{\text{доба}} \tag{3.7}$$

$\text{C} = 4187 \ \frac{\text{Дж}}{\text{кг·К}}$ - питома теплоємність води

3) Потужність для нагріву гарячої води:

$$Q = \frac{Q_{\text{доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{110 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600} = 1275 \text{ Вт} \tag{3.8}$$

Об’єм корпусу ємного водопідігрівника визначають згідно з графіком споживання гарячої води (по годинах доби) з урахуванням прийнятого режиму відпускання теплоти Рис. 3.6.

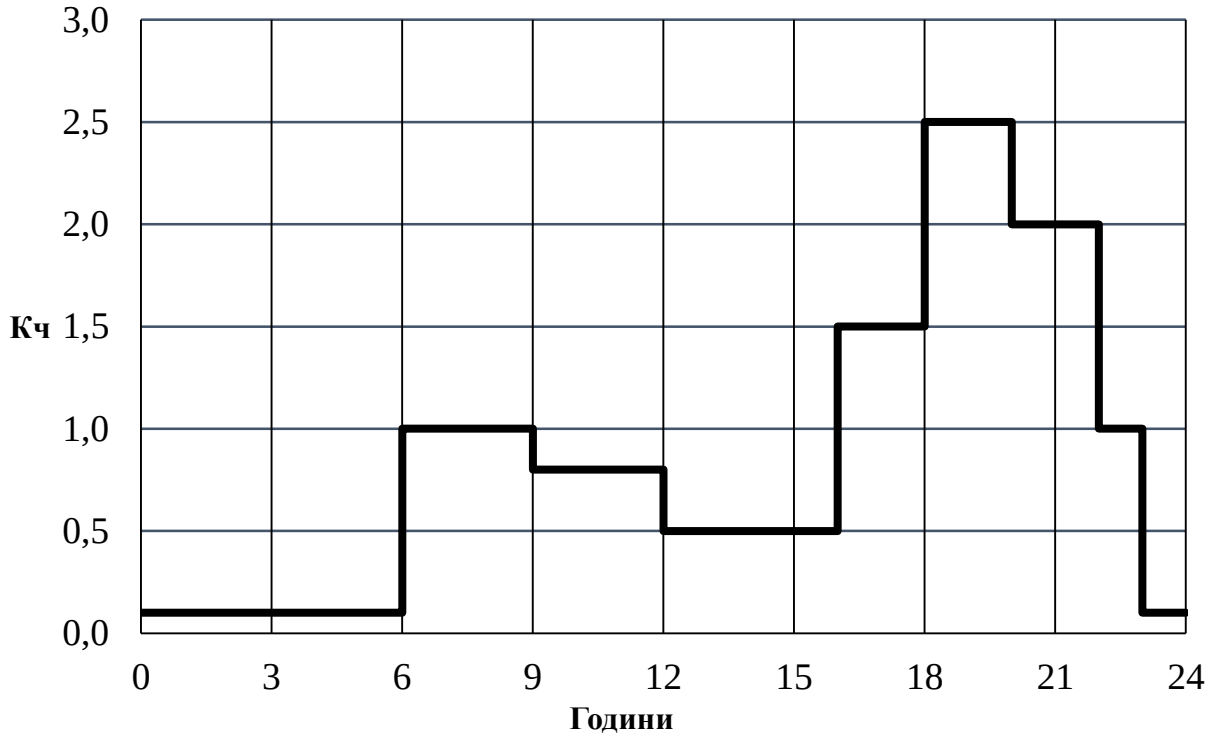


Рис.3.6. Безрозмірний графік витрат гарячої води за добу максимального споживання води

Таблиця 3.4

Дані для побудови інтегрального графіка споживання теплоти

Період роботи при незмінних витратах теплоти, годин			Нерівномірність витрат теплоти, $К_ч \cdot Q$	Витрати теплоти, Вт		
				Годинні, $К_ч \cdot Q$	Сумарні	
Початок	Кінець	Всього			За період	Загальні
0	**6**	**6**	**0,1**	**127,5**	**765**	**765**
6	**9**	**3**	**1,0**	**1275**	**3825**	**4590**
9	**12**	**3**	**0,8**	**1020**	**3060**	**7650**
12	**16**	**4**	**0,5**	**637,5**	**2550**	**10200**
16	**18**	**2**	**1,5**	**1912,5**	**3825**	**14025**
18	**20**	**2**	**2,5**	**3187,5**	**6375**	**20400**
20	**22**	**2**	**2,0**	**2550**	**5100**	**25500**
22	**23**	**1**	**1,0**	**1275**	**1275**	**26775**
23	**24**	**1**	**0,1**	**127,5**	**127,5**	**26902,5**

На основі добового графіка, будуємо інтегральний графік витрат теплоти Рис.3.7. у вигляді ламаної лінії, ординати якої характеризують кількість витраченої теплоти з початку відліку (від нуля годин) до моменту часу, що розглядається. Таким чином, кінцева ордината (момент часу 24 години) показує витрачену за добу кількість теплоти. З'єднуючи вершини ординат ламаною лінією, одержимо графік витрати теплоти (Q_1). При рівномірному цілодобовому споживанні гарячої води лінія витрат теплоти (Q_2) може бути знайдена з'єднанням початку координат з вершиною ординати 24 години.

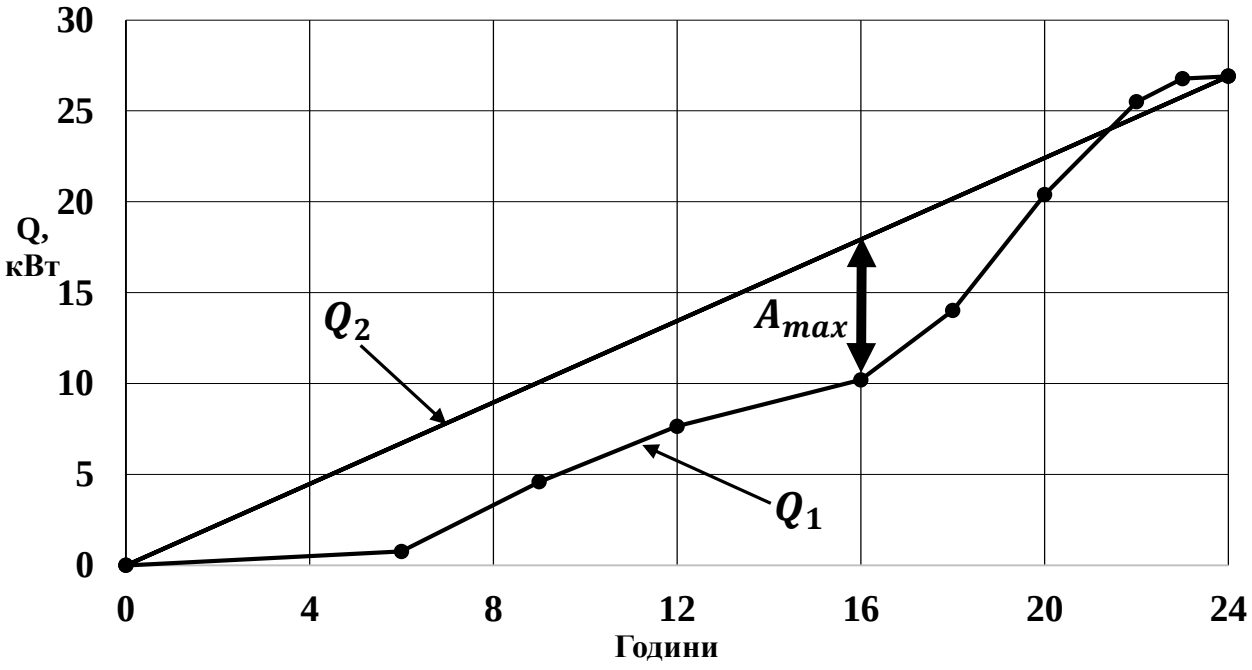


Рис. 3.7 Інтеграл графік споживання теплоти гарячого водопостачання

4) Знаходимо на інтегральному графіку (Рисунок 3.5) найбільшу різницю ординат виробленої і спожитої теплоти. Ця величина вказує продуктивність акумулятора гарячої води і відповідає моменту часу $\tau = 16$ годин $A_{max} = 7{,}73 \cdot 10^3$Вт.

5) Кількість теплоти, що може бути закумульована за 1 годину:

$Q = A_{max} \cdot 1\text{год.} = 7.73 \cdot 10^3\text{Вт} \cdot 3600\ \text{с} = 27{,}9 \cdot 10^6$ Дж

6) Знайдемо об’єм бака-акумулятора:

$$V = \frac{Q}{\text{С}(t_\text{г} - t_\text{х})} = \frac{27{,}9 \cdot 10^6}{4187 \cdot (60 - 5)} = 121\ \text{л} = 0{,}121\ \text{м}^3 \qquad (3.9)$$

3.3 Система опалення на основі теплового насосу. Підбір опалювальних приладів.

Обираємо модель теплового насосу який найбільш задовольняє описаним вище потребам.

Один з найкращих виробників опалювання опалення, компанія ООО «ЦЕТУС» виготовляє вітчизняне обладнання для опалення та гарячого водопостачання приватних будинків. Геотермальний тепловий насос, виготовлений цим виробником – Altal 10 UA Рис. 3.10., найважливіші характеристики якого, такі як теплова потужність, задовільнять необхідні вимоги для опалення досліджуваного будинку.



Рис. 3.10. Геотермальний тепловий насос Altal 10 UA

Таблиця 3.5

Характеристики теплового насосу Altal 10 UA

Характеристика ТН	Одиниця виміру	GWHP10H
Теплова потужність відповідно до норми EN 255 (температура подаваного розсолу / теплоносія B0W35)		
Теплова потужність (Q)	кВт	9,65
Електрична потужність споживання	кВт	2,17
Коефіцієнт теплової продуктивності	COP	4,45
Контур холодоагенту		
Компресор	Тип	Спіральний, герметичний
Кількість компресорів	Шт	1
Тип холодоагенту	Марка	R407C
Контур джерела тепла		
Теплообмінник	Тип	Пластинчастий міднопаянний,V4A, AISI 316
Об’єм випарника	$дм^3$	1,60
Різниця температур між входом і виходом	K	3
Макс. / Мін. темп. розсолу або води на вході	°C	-5/15 або 8/18
Макс. / Мін. темп. розсолу або води на виході	°C	-8/12 або 4/15
Контур споживача		
Теплообмінник	Тип	Пластинчастий міднопаянний високоефективний, V4A, AISI 316
Об’єм конденсатора	$дм^3$	1,30
Різниця температур між входом і виходом	K	7
Макс. тиск розсолу в системі	МПа	0,4 (4 бар)
Номінальний потік	$м^3/ч$	1,19
Гідравлічний опір	кПа	7,6
Макс. / Мін. темп. розсолу або води на вході	°C	25/58
Макс. / Мін. темп. розсолу або води на виході	°C	15/48

Для гарячого водопостачання будинку необхідно дообладнати теплову установку Рис. 3.11. баком-акумулятором з робочим об’ємом більше 120 л. Під дані вимоги ідеально підходять буферні ємності с змійовим типом теплообмінника.

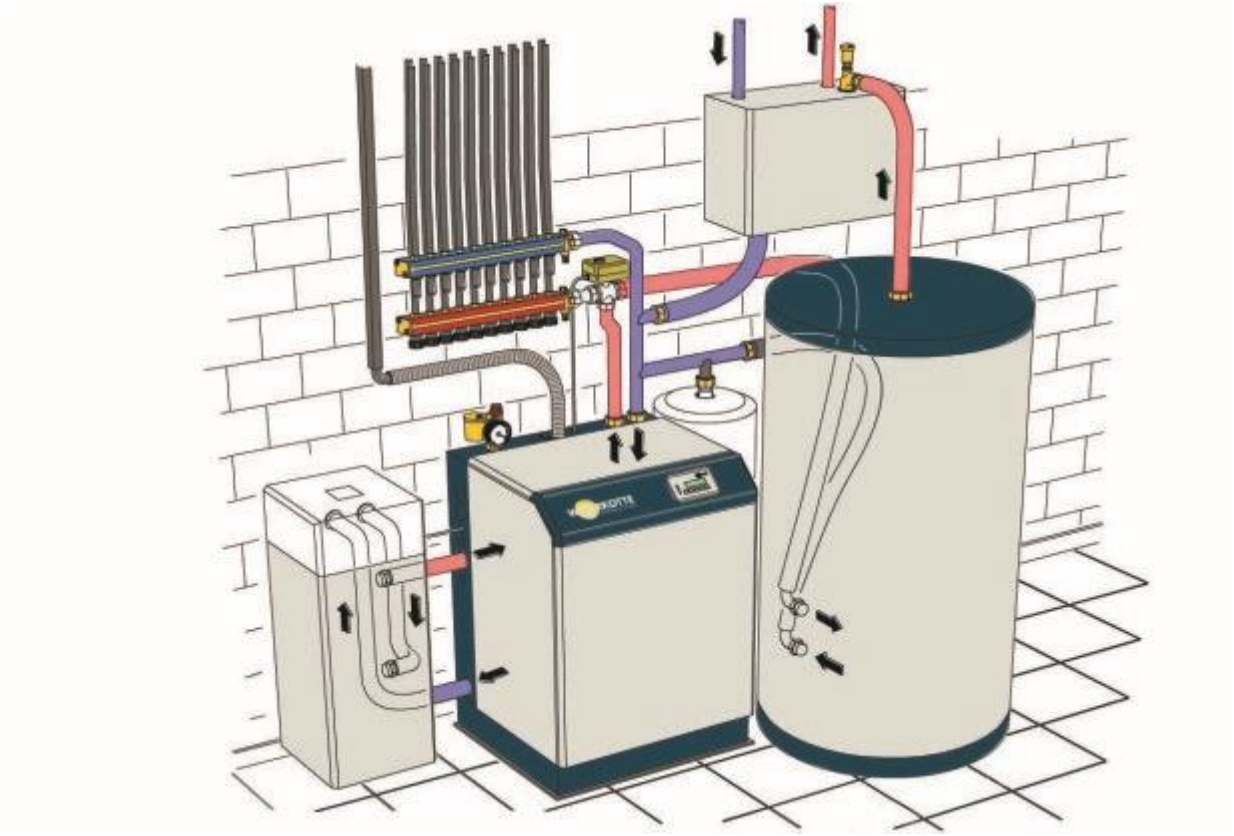


Рис. 3.11. Теплова установа з буферною ємністю

Наприклад для даної задачі, як варіант може бути бак-акумулятор Progress-XXI об'ємом 200 л з одним мідним змійовиком-теплообмінником перетином 19 мм та корпусом з нержавіючої сталі.

Переваги використання:

1) Швидкий нагрів води в баку-акумуляторі за рахунок збільшеної площі теплообмінника відносно інших виробників водонагрівачів;

2) Товстий шар пінополіуретанової термоізоляції, що запобігає швидке охолодження підігрітої води в баку-акумуляторі;

3) Призначений для підігріву води в баку-акумуляторі з використанням котла будь-якого типу, теплового насоса і сонячного колектору;

4) Вбудований електричний нагрівач в бак-акумулятор потужністю 2 кВт.

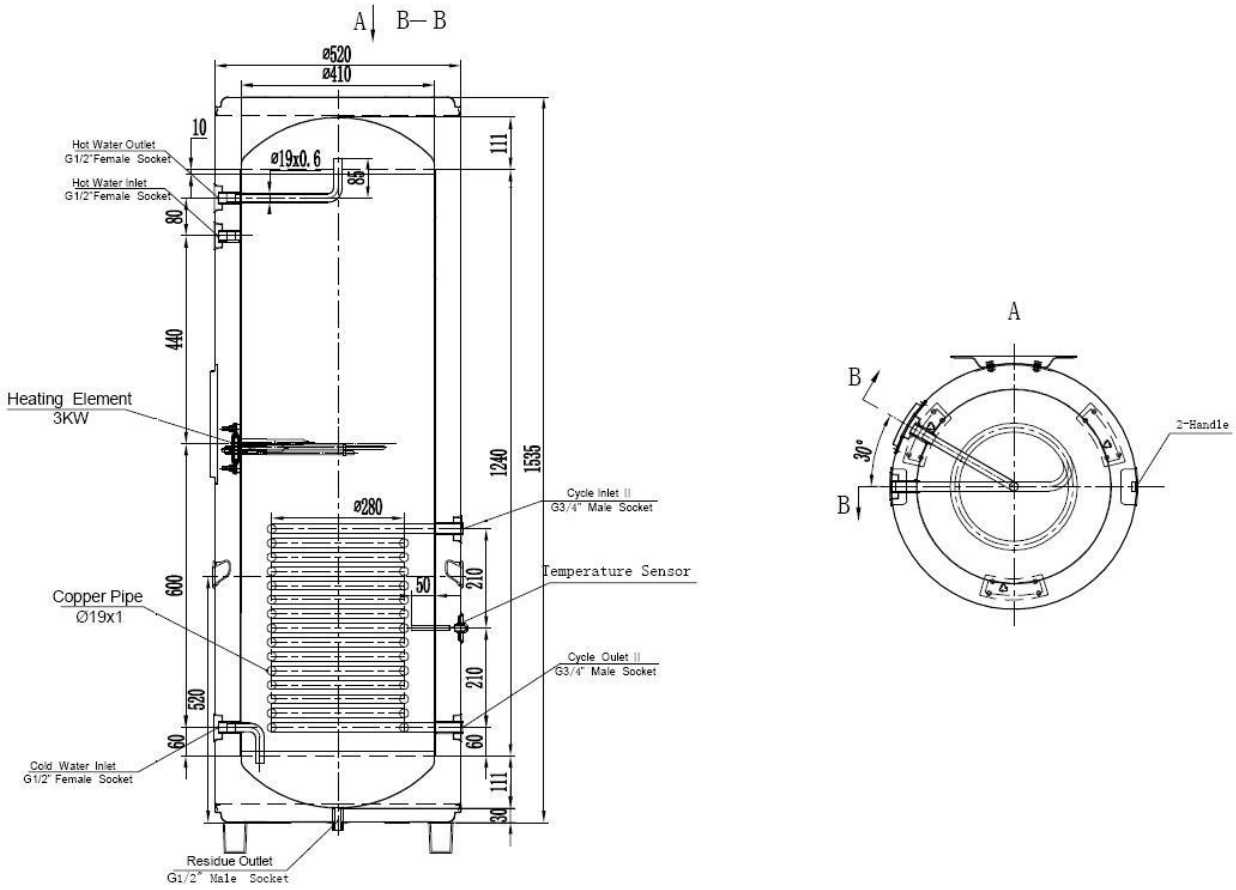


Рис. 3.12. Схема баку-акумулятора Progress-XXI

Таблиця 3.6

Технічні характеристики баку-акумулятора Progress-XXI

Робочий тиск, МПа	0,8
Площа мідного теплообмінника до теплового насоса, м2	0,8
Потужність теплообмінника до теплового насоса чи котла (70/10/45°C), кВт	19
Продуктивність, л / год	460
Діаметр, мм	520
Довжина, мм	1535

ВИСНОВКИ

1) Оцінено витрати на щомісячне використання геотермального ТН як основного джерела теплової енергії на опалення та гаряче водопостачання приватного будинку в місті Кам’янське, Дніпровської області.

2) Проведено аналіз можливостей геотермальних джерел.

3) Визначено технічну сторону та тепловий баланс будинку.

4) Розраховано теплові втрати будинку через огороджувальні конструкції та витрати на гаряче водопостачання будівлі.

5) Обрано та обґрунтовано вибір типу геотермального теплового насосу та баку-акумулятора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тепловые насосы. Рей Д.А., Макмайкл Д. 1982

2. Принцип роботи теплового насоса-Прогрес - XXI нові енергетичні системи- http://progress21.com.ua/ua/heat-pumps/operating-principle.

3. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию /Под ред. Н.К.Громова, Е.П.Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.

4. Лобачов П. В. Насоси та насосні станції: Підручник для технікумів. - 2-е вид., перероб. та доп. - М: Стройиздат., 2013. - 191 с.

5. Васильев Г. П. Опыт применения теплонасосных технологий в децентрализованых системах теплоснабжения / Г. П. Васильев, Л. С. Богданович, А. С. Клепанда, Н. Б. Чиркин // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2008. – № 1. – С. 8–15.

6. Бутузов В. А. Перспективы применения тепловых насосов / В. А. Бутузов // Промышленная энергетика. – 2005. – № 10. – С. 5–7

7. Свердловини : ДБН Д.2.2-4-99 .—[Чинний від 2000-01-01].—К.: Держбуд України,2000.- 37 с.—(Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи).

8. Опалення, вентиляція та кондиціонування ДБН В.2.5-67:2013 К.: Мінрегіонбуд України,2011. – 60 с. – (Державні будівельні норми).

9. Изменение №1 СниП 2.04.05 – 91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» Госстрой Украины. – К., 1998.

10.Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. –[Чинний від 2006–0909]. – К.: Міністерство будівництва України, 2006. – 71 с. – (Державні

будівельні норми України

11.Технічні характеристики змішувальних насосів [Електронний ресурс]: змішувальний насос . Режим доступу до ресурсу: http://teplomirspb.ru/wilo1

12.Опалення – внутрішнє облаштування : ДБН Д.2.2-18-99 .—[Чинний від 2000-01-01].—К.: Держбуд України,2000.-28 с.-(Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи)

13.Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений. Уч. пособие /Под ред. проф. В.А.Маляренко. - Х.: Рубикон, 2001.- 280 с.

14.Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарськопобутові потреби в Україні. КТМ 204 України 244-94. Керівний технічний матеріал – норми та вказівки. – К., 1995.-636 с.

15.Мацевитый Ю. М. О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины / Ю. М. Мацевитый, Н. Б. Чиркин, Л. С. Богданович, А. С. Клепанда // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2007. – № 3. – С. 20–31.

16.Савенко В. В., Счастний Є. Є., Програма дисципліни ―Експлуатація інженерних мереж і комунікацій‖ методичні вказівки до виконання контрольної (розрахунково-графічної) роботи до студентів спеціальностей ПЦБ та Тес.Х.: УкрДУЗТ, 2002-55с/

17.Карпов В. В. Прочность и устойчивость подкрепленных оболочек

вращения. / В. В. Карпов. – М. :Физматлит, 2010.4.1 – 288 с.

18.Рикадс Р. Б. Метод конечных элементов в теории оболочек и пластин / Р. Б. Рикадс. − Рига: Зннатне. − 1988. − 284 с.

19. Н.И. Пешехонов Проэтирование теплоснабженияН. Киев «Вища школа»1982

20.Є.Є.Счастний О.О. Алексахін О.В.Панчук Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектування та розрахунково графічної роботи. Харків 2016