

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Дослідження використання відновлювальних джерел енергії для систем опалення на базі теплового насоса

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Томаш Д. О.

(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕЕ-444 групи

Керівник доц. Подмазко О.С.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ЕТ та ПЕ Подмазко О.С.

доц. каф. ХУ і КП Піщанська Н.О.

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 09 червня 2023 р., протокол № 11.

Завідувач кафедри ЕТтаПЕ Юрій СЕМЕНЮК

(назва кафедри)

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Нафти, газу та екології
Кафедра Екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ю.В. Семенюк

«28» лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Томаши Данила Олександровича

1.Тема роботи Дослідження використання відновлювальних джерел енергії для систем опалення на базі теплового насоса

Затверджена наказом університету від 31.03.2023 р. наказ № 119-03

2.Термін здачі здобувачем закінченої роботи 08.06.2023 р.

3.Вихідні дані роботи: Джерела тепла- сонце, геотермальна енергія. Для двох поверхового будинку площею 220 кв.м. розробити систему опалення з використанням геотермальної енергії та енергії сонця.

4.Перелік питань, які потрібно розробити: вступ, теплові насоси, класифікація ТН за джерелом енергії, Розрахунок тепловитрат в опалювальний період, використання геотермальної та сонячної енергії на базі ТН, системи горячого постачання, охорона праці, цивільний захист

5.Перелік графічного матеріалу (з точним зазначення обов'язкових креслень): Теплові насоси(плакат), План першого поверху, План другого поверху, Схеми – тепловий насос з використанням геотермальної енергії, тепловий насос з використанням сонячної енергії, системи опалювання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Цивільний захист	Подмазко О.С., доц. каф. ЕТ та ПЕ	28.02.2023	28.02.2023
Охорона праці	Піщанська Н.О. доц.. каф. ХУ і КП	28.02.2023	28.02.2023

7. Дата видачі завдання 28.02.2023 р.

Керівник Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання Томаши Данило Олександрович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ; теплові насоси, класифікація ТН за джерелом енергії. Теплові насоси (плакат).	15.03.2023 р.	
2	Розрахунок тепловитрат в опалювальний період. План першого поверху, План другого поверху	01.04.2023 р.	
3	Використання геотермальної на базі ТН, Тепловий насос з використанням геотермальної енергії	31.04.2023 р.	
4	Використання сонячної енергії на базі ТН. Тепловий насос з використанням сонячної енергії	15.05.2023 р.	
7	Цивільний захист. Охорона праці	05.06.2023 р.	

Здобувач-дипломник Томаши Данило Олександрович

Керівник роботи Подмазко Олександр Степанович

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web- ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній робот відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник

Томаши Данило Олександрович

АНОТАЦІЯ

Виконавець: бакалавр, група ЕЕ-444 Томаши Д. О.

Керівник: доцент, кандидат технічних наук Подмазко О.С.

Тема дипломної роботи: Дослідження використання відновлювальних джерел енергії для систем опалення на базі теплового насоса

Дипломна робота: 78 с.; Рис.:27; Таб.:24; Літ. джерел:16.

Необхідність економії енергії характерна відмінність для нашого повсякденного життя, вдома, в офісі та на підприємстві. Прагнення раціонально використовувати енергію зближує народи. Це спостерігається на діяльності Міжнародного енергетичного агентства та Європейського економічного союзу, які фінансують спільні енергетичні проекти. Одним з пристроїв, здатних внести вагомий внесок в економію енергії, є тепловий насос. Підвищення потенціала (температури) низькопотенціального тепла дозволяє залучити «нові», джерела, такі як геліотермальна та геотермальна (грунт, вода) енергії. Тепловий насос вагомо розширює можливості використання цієї енергії. В дипломній роботі було проведено дослідження використання відновлювальних джерел енергії для систем опалення на базі теплового насоса. В якості об'єкта було обрано опалювальну систему для двоповерхового будинку, загальною площею 200 кв.м. Для цього були проведені наступні розрахунки: втрати тепла в опалювальний період; цикл теплового насоса; сонячного колектора; навантаження на систему опалення та гарячого водопостачання по місяцях; ступінь покриття теплового навантаження по місяцям з використанням номограми обрахунку ККД сонячного колектору. Розроблені схеми опалення будинку з використанням теплового насоса.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛОВИЙ НАСОС; СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР; ГЕЛІОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ; ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГІЯ; ЦИКЛ; ТЕПЛОВТРАТИ.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Performer: bachelor, group EE-444 Tomashy D. O.

Supervisor: associate professor, candidate of technical sciences Podmazko O.S.

Topic of the thesis: Research on the use of renewable energy sources for heat pump-based heating systems

Thesis: 78 p.; Fig.: 27; Tab.: 24; summer sources: 16.

The need to save energy is a characteristic difference for our everyday life, at home, in the office and at the enterprise. The desire to rationally use energy brings peoples together. This can be seen in the activities of the International Energy Agency and the European Economic Union, which finance joint energy projects. One of the devices capable of making a significant contribution to energy savings is a heat pump. Increasing the potential (temperature) of low-potential heat allows attracting "new" sources, such as heliothermal and geothermal (soil, water) energy. The heat pump significantly expands the possibilities of using this energy. The diploma work included a study of the use of renewable energy sources for heat pump-based heating systems. A heating system for a two-story house with a total area of 200 square meters was chosen as the object. For this, the following calculations were made: heat loss during the heating period; heat pump cycle; solar collector; load on the heating and hot water supply system by month; degree of heat load coverage by month using the solar collector efficiency calculation nomogram. Developed house heating schemes using a heat pump.

KEY WORDS: HEAT PUMP; SOLAR COLLECTOR; HELIOTHERMAL ENERGY; GEOTHERMAL ENERGY; CYCLE; HEAT LOSS.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	7
1. Теплові насоси.....	9
1.1. Стандартні об'єкти обігріву.....	10
1.2. Переваги теплового насоса.....	11
1.3. Особливості використання ТН.....	12
1.4. Типи теплових насосів.....	13
2. Класифікація ТН за джерелом енергії.....	15
2.1. Відбір енергії ґрунта.....	18
2.2. Джерело тепла-ґрунтові води.....	21
2.3. ТН типу ґрунт-вода.....	22
2.4. ТН типу вода-вода.....	23
2.5. Джерело тепла навколишнє середовище.....	24
3. Розрахунок тепловитрат в опалювальний період.....	24
4. Розрахунок ТН з використанням геотермальної енергії.....	38
5. Використання сонячної енергії на базі ТН.....	45
6. Системи горячого постачання.....	52
7. Охорона праці.....	60
8. Цивільний захист.....	68
9. Економічна частина.....	73
Список використаної літератури.....	78

					Дослідження використання відновлювальних джерел енергії для							
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>								
<i>Розроб.</i>		<i>Томаши Д.О.</i>			<i>Пояснювальна записка</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Подмазко О.С.</i>								6	78	
<i>Реценз.</i>								ОНТУ гр.ЕЕ -444				
<i>Н. Контр.</i>												
<i>Затверд.</i>												

ВСТУП

Тепловий насос - це прилад, що дозволяє отримувати теплову енергію від низькотемпературних джерел (повітря, води і землі) і використовувати її для обігріву будівель. Екологічний ефект від використання цієї технології полягає в тому, що вона дозволяє повністю уникнути місцевих викидів парникових газів, що утворюються при спалюванні палива. Тому заміна старих котлів, що використовують газ або рідке паливо, на системи, в основі дії яких лежить тепловий насос, стає пріоритетним завданням. Її рішення дозволить не тільки скоротити споживання викопного палива, але і значно знизити викид в атмосферу діоксиду вуглецю. Застосування теплових насосів різної теплової потужності є принципово новим рішенням проблеми теплопостачання і дозволяє залежно від сезону і умов роботи досягати максимальної ефективності. З ростом цін на енергію і великими вимогами до навколишнього середовища використання теплових насосів в якості опалювальної системи в будинках є найбільш актуальним рішенням проблеми теплопостачання. Теплові насоси мають великий термін служби до капітального ремонту (до 10 - 15 опалювальних сезонів) і працюють повністю в автоматичному режимі. Обслуговування установок полягає в сезонному технічному огляді та періодичному контролі режиму роботи. Термін окупності обладнання не перевищує 2 - 3 опалювальні сезони.

Тепловий насос складається з:

1. Теплообмінник передачі тепла землі по внутрішньому контуру
2. Компресор
3. Теплообмінник передачі тепла внутрішнього контуру системи опалення
4. Дросельний пристрій для зниження тиску
5. Розсольний контур і земляний зонд
6. Контур опалення і ГВП

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмеження застосовності теплових насосів

Основним недоліком теплового насоса є зворотна залежність його ефективності від різниці температур між джерелом теплоти і споживачем. Це накладає певні обмеження на використання систем типу «повітря - вода». Реальні значення ефективності сучасних теплових насосів становлять близько $COP = 2.0$ при температурі джерела $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, і порядку $COP = 4.0$ при температурі джерела $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це призводить до того, що для забезпечення заданого температурного режиму споживача при низьких температурах повітря необхідно використовувати обладнання зі значною надлишковою потужністю, що пов'язане з нераціональним використанням капіталовкладень (втім, це стосується і будь-яких інших джерел теплової енергії). Вирішенням цієї проблеми є застосування так званої бівалентної схеми опалення, при якій основну (базову) навантаження несе тепловий насос, а пікові навантаження покриваються допоміжним джерелом (газовий або електрокотел).

Оптимальна потужність теплонасосної установки становить 60 ... 70% від необхідної встановленої потужності. В цьому випадку тепловий насос забезпечує не менше 95% потреби споживача в тепловій енергії за весь опалювальний сезон. При такій схемі середнесезонний коефіцієнт перетворення енергії для кліматичних умов Центральної Європи дорівнює порядку $COP = 3$. Коефіцієнт використання первинного палива для такої системи легко визначити, виходячи з того, що ККД теплових електростанцій становить від 40% (теплові електростанції конденсаційного типу) до 55% (парогазові електростанції). Відповідно, для розглянутої теплонасосної установки коефіцієнт використання первинного палива лежить в межах 120% ... 165%, що в 2 ... 3 рази вище, ніж відповідні експлуатаційні характеристики газових котлів (65%) або систем центрального опалення (50 ... 60%). Зрозуміло, що системи, що використовують геотермальний джерело теплоти або теплоту ґрунтових вод, вільні від цього недоліку. Наслідком цієї ж нестачі є необхідність використання низькотемпературних систем опалення.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак це обмеження стосується тільки застарілих радіаторних систем опалення, які практично не знаходять застосування в сучасних технологіях будівництва.

1. Теплові насоси

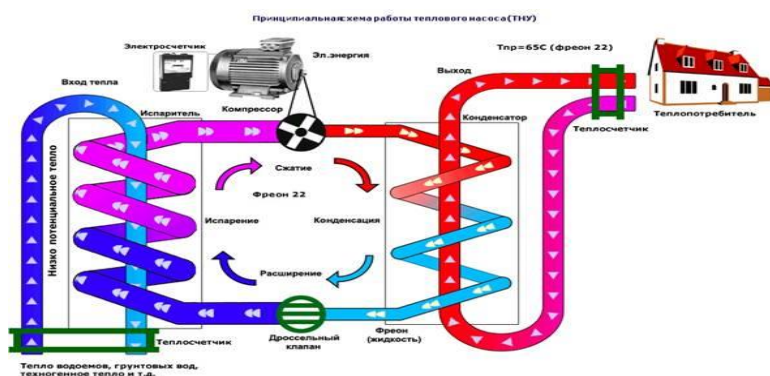
Теплові насоси - це компактні економічні та екологічно чисті системи опалення, що дозволяють отримувати тепло для гарячого водопостачання та опалення за рахунок використання тепла низькопотенційного джерела, шляхом перенесення його до теплоносія з більш високою температурою.

Як природне джерело низько потенційного тепла можуть бути використані:

- тепло землі (тепло ґрунту);
- підземні води (ґрунтові, артезіанські, термальні);
- зовнішнє повітря .

Як штучні джерел низько потенційного тепла можуть виступати:

- видаляєме вентиляційне повітря;
- каналізаційні стоки (стічні води);
- промислові скиди;
- тепло технологічних процесів;
- побутові тепловиділення.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8

Арк.

9

Рис.1 Схема: Принцип дії теплового насоса.

1.1 Стандартні об'єкти обігріву:

- Басейни
- Дачі, котеджі
- Квартири
- Готелі, ресторани
- Котеджні містечка
- Офісно-торговельні центри
- Виробничі приміщення.

Тепловий насос перекачує низькопотенційну теплову енергію ґрунту, води або навіть повітря у відносно високопотенційне тепло для опалення об'єкта. Приблизно 2/3 опалювальної енергії можна отримати безкоштовно з природного середовища і тільки 1/3 енергії необхідно затратити для роботи теплового насоса. Іншими словами, власник теплового насоса заощаджує 70% коштів, що витрачаються регулярно на дизпаливо або електроенергію для опалення традиційним способом. Витративши 1 кВт електроенергії в приводі насоса, можна отримати 3-4 кВт теплової енергії. Теплові насоси застосовують для опалення, охолодження або вентиляції приміщень, а також для гарячого водопостачання.

Існують різні варіанти класифікації теплових насосів. За їх оперативними функціями насоси діляться на дві основні категорії:

- теплові насоси тільки для опалення та / або гарячого водопостачання, що застосовуються для забезпечення комфортної температури в приміщенні і / або приготування гарячої санітарної води;

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- інтегровані системи на основі теплових насосів, що забезпечують опалення приміщень, охолодження, приготування гарячої санітарної води і іноді утилізацію відводиться повітря. Підігрів води може здійснюватися або відбором тепла перегріву газу, що подається з компресора, або комбінацією відбору тепла перегріву і використання регенерованого тепла конденсатора.

1.2 Переваги теплових насосів

Економічність. Тепловий насос використовує електричну енергію значно ефективніше електричних котлів. Коефіцієнт ефективності теплових насосів більший одиниці. Між собою теплові насоси порівнюють за коефіцієнтом перетворення тепла (КПТ). Він показує відношення одержуваного тепла до витраченої енергії. Приміром, $K_{ПТ} = 4,5$ означає, що номінальна (споживана) потужність теплового насоса становить 1 кВт, на виході ми одержимо 4,5 кВт теплової потужності, тобто 3,5 кВт тепла ми отримаємо із природи (сонце, геотермія).

Широкий спектр застосування. На нашій планеті існує безліч розсіяного тепла. Земля й повітря є скрізь, також більшість людей не мають проблем з водою. Саме вони містять в собі теплову енергію, отриману від сонця. Теплові насоси зберуть це тепло. Усе що потрібно для цього — електрична енергія. Деякі моделі теплових насосів можуть застосовувати паливо для своєї роботи.

Екологічність. Тепловий насос не тільки заощаджує гроші, але й береже здоров'я власникам будинку. Прилад не спалює паливо, не утворюються шкідливі окиси типу CO , CO_2 , NO_x , SO_2 , PbO_2 . Тому навколо будинку на ґрунті немає слідів сірчаної, азотистої, фосфорної кислот і бензолних з'єднань. Для нашої планети застосування теплових насосів корисне. Адже на ТЕЦ скорочується витрата газу або вугілля на виробництво електрики. Застосовувані у теплових насосах хладони не містять хлорвуглецю і ознобезпечні.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Універсальність. Теплові насоси, обладнані реверсним клапаном, працюють як на опалення, так і на охолодження. Теплонасос може відбирати тепло з повітря будинку, прохолоджуючи його. Влітку надлишкове тепло можна використати для підігріву побутової води або для басейну.

Безпека. Сучасні теплові насоси вибухово- і пожежобезпечні. В процесі нагріву води та опалення відсутні небезпечні гази, відкритий вогонь або шкідливі суміші. Деталі теплонасоса не нагріваються до високих температур, здатних стати причиною пожежі. Зупинка теплового насоса не приведе до його поломки, ним можна сміло користуватися після тривалого простою. Також виключене замерзання рідин у компресорі або інших складових частинах.

1.3 Особливості використання теплових насосів

1. Чим менша різниця між температурою джерела теплоти та температурою теплоносія в опалювальному контурі, тим більший коефіцієнт перетворення тепла (КПТ). Тому вигідніше опалювати приміщення низькотемпературними системами опалення: системою «тепла підлога» або повітряним опаленням, тому що в цих випадках теплоносій за медичними вимогами і будівельними нормами не повинен бути вище 35°C.

2. Чим більший коефіцієнт завантаження теплового насоса, тим доцільніше його використання. Наприклад, системи нагріву води для басейнів працюють у постійному режимі, протягом усього року. Їхній коефіцієнт завантаження (використання потужності протягом року) може сягати 80%. В системах опалення будинків коефіцієнт завантаження обладнання становить близько 30...40%. Відповідно, в першому випадку річна економія від застосування теплового насоса рівної потужності буде в 2...3 рази більше, ніж в другому, а термін окупності обладнання — в 2...3 рази менше.

3. Чим більші потреби в теплі, тим доцільніше використання теплових насосів: по-перше, питома вартість для теплових насосів великої потужності

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(вартість встановленого кВт) в 3...5 разів нижче, ніж для ТН малої потужності; а по-друге, чим більші обсяги споживання теплоти, тим більша економія від застосування ТН в абсолютному вимірі.

4. Головне джерело тепла для роботи усіх теплових насосів — сонячна радіація, оскільки земна радіація в 5000 раз менша. Головний теплоносій — вода, яка й зумовлює теплопровідність повітря і ґрунту. Вода має більшу від повітря теплопровідність приблизно в 20 раз, а теплоємність — в 3100 раз.

1.4 Типи теплових насосів

Залежно від **принципу роботи** теплові насоси поділяють на компресійні та абсорбційні. Компресійні теплові насоси завжди діють за допомогою механічної або електричної енергії, в той час як абсорбційні теплові насоси можуть працювати на теплі як джерелі енергії (за допомогою електроенергії чи палива).

Залежно від джерела надходження тепла теплові насоси діляться на: водяні, ґрунтові, повітряні і комбіновані (інші).

Залежно від **джерела відбору тепла** теплові насоси поділяються:

- Геотермальні (використовують тепло землі, наземних або підземних ґрунтових вод)

Замкнутого типу

- Горизонтальні — колектор розміщується кільцями або хвилясто у горизонтальних траншеях нижче глибини промерзання ґрунту (зазвичай від 1,20 м і більше). Цей спосіб є найбільш економічно ефективним для жилих об'єктів за умови відсутності дефіциту земельної площі під контур.
- Вертикальні — колектор розміщується вертикально у свердловини глибиною до 200 м. Цей спосіб застосовується у випадках, коли площа

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

земельної ділянки не дозволяє розмістити контур горизонтально або є загроза пошкодження ландшафту.

- Водні — колектор розміщується хвилясто або кільцями у водойму (озеро, ставок, річку) нижче глибини промерзання. Це найдешевший варіант, але є вимоги до мінімальної глибини та об'єму води у водоймі для певного регіону.

Відкритого типу. Така система використовує як теплообмінну рідину воду, що циркулює безпосередньо через теплообмінник теплового насосу в рамках відкритого циклу, тобто вода після проходження теплообмінника повертається у землю. Цей варіант можливо реалізувати на практиці лише при наявності достатньої кількості відносно чистої води та за умови, що такий спосіб використання ґрунтових вод є дозволеним.

- Повітряні (джерелом відбору тепла є повітря) малоефективні через постійне обмерзання випарника.
- Такі, що використовують вторинне тепло (наприклад, тепло вентиляції, каналізації та інших відходів). Цей варіант є найдоцільнішим для промислових об'єктів, де є джерела паразитного тепла, яке потребує утилізації.
- Трасовий гідро-газодинамічний тепловий насос — пристрій з розподіленими параметрами, який переносить низькопотенційну теплову енергію з оточуючого середовища в цільовий трубопровідний контур. Цей насос містить дроселюючий елемент, що спричиняє до локального нагріву транспортованого продукту в одній зоні і охолодження в іншій і не містить спеціальних вторинних контурів теплопередачі. Роль вторинних контурів виконують окремі ділянки трубопроводу.
- Детандерний — насос, де замість дроселя (капілярної трубки) застосовується теплова машина — детандер. На відміну від звичайних

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплонасосів (кондиціонерів, холодильників), які працюють на базі застосування дроселя, детандерні теплові насоси мають більшу продуктивність і можуть працювати на водню і гелію в якості холодагенту. В фізиці ці гази відомі як такі, що не дроселюються, але за своїми властивостями найбільш наближені до, так званих, ідеальних газів.

2. Класифікація теплових насосів за джерелом енергії (тепла)

Умовою роботи теплового насосу є наявність джерела енергії, тепло з якого буде відбиратись для забезпечення процесу кипіння робочого тіла у випарнику.

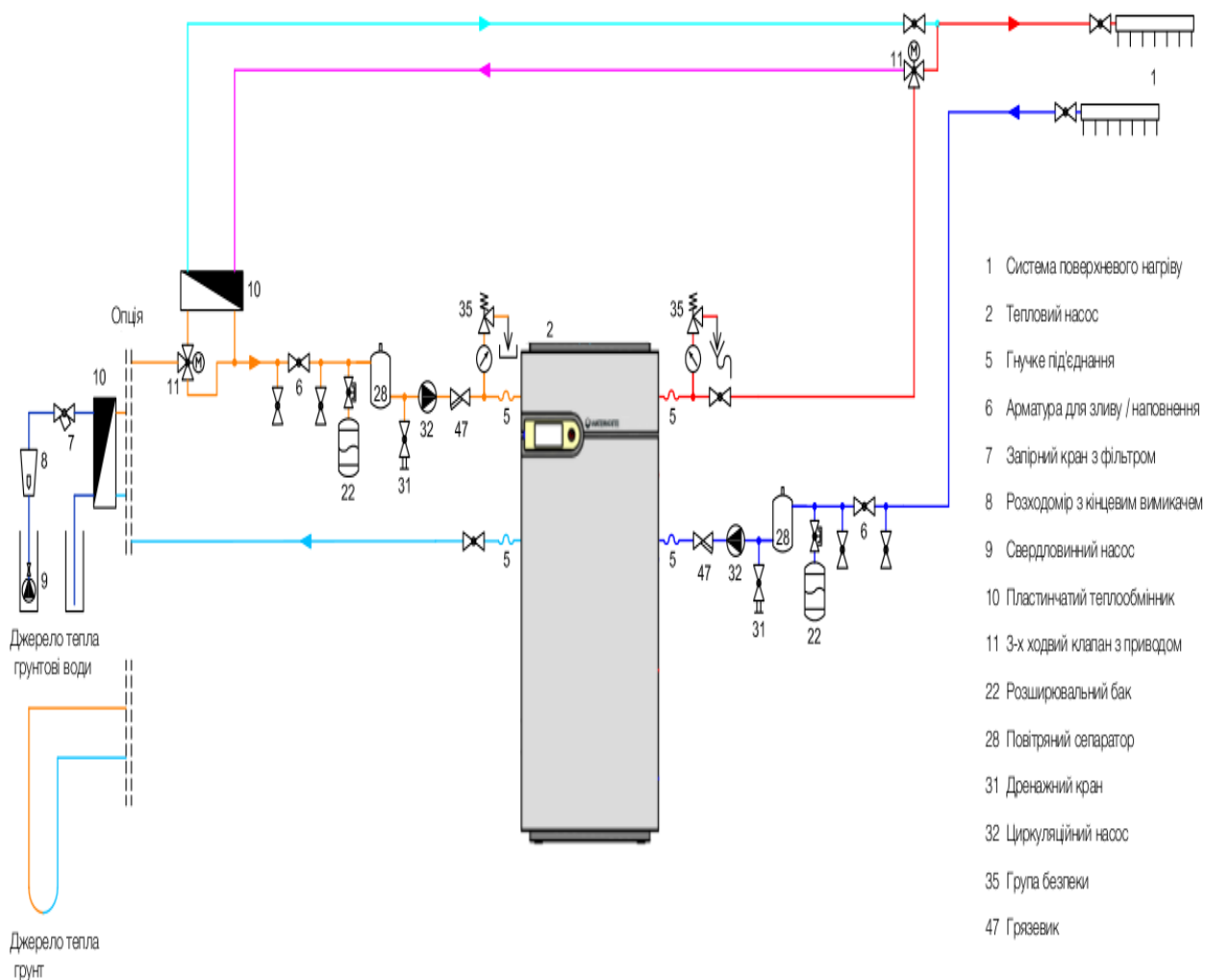
За типом джерела тепла насоси поділяються на наступні групи:

- геотермальні: використання тепла ґрунту або підземних вод
- повітряні: використання тепла навколишнього повітря
- окремо можна виділити теплові насоси, що використовують вторинне тепло іншого теплового процесу, яке потребує утилізації - наприклад, тепло технологічного процесу чи стічні води.

Температура джерела тепла має вирішальне значення для продуктивності та ефективності теплового насосу. Тому при виборі типу обладнання дуже важливе правильне проектування всієї системи тепlopостачання, для визначення необхідної потужності теплового насосу та температурного режиму роботи. Необхідно провести розрахунок тепловтрат будівлі, максимально використовувати низькотемпературні системи поверхневого нагріву (наприклад - підлогове опалення , теплі стіни), визначити потреби в гарячій воді . Детальне планування забезпечить надійну та ефективну роботу теплового насосу протягом тривалого часу. У випадку використання геотермальної енергії обов'язковим є обстеження земельної ділянки для визначення типу ґрунту, його теплоємності, геологічних особливостей та

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

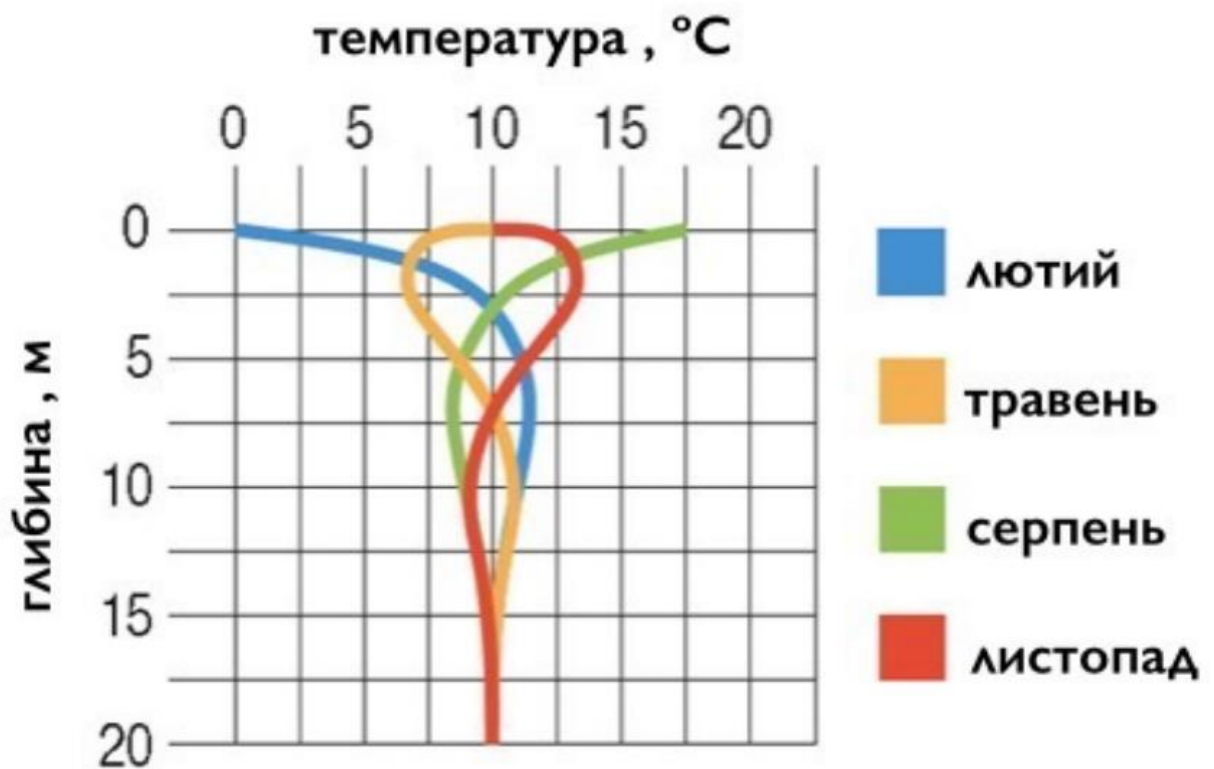
можливості розташування ґрунтових зондів чи колекторів. При використанні води в якості джерела тепла - обов'язково провести хімічний аналіз води. Всі ці фактори повинні бути враховані при проектуванні систем теплопостачання на основі теплових насосів



2.1 Джерело тепла - ґрунт

Ґрунт - найбільш оптимальне джерело розсіяного тепла. Він акумулює сонячне випромінювання, яка падає на його поверхню та постійно отримує тепло від земного ядра. Ґрунт характеризується стабільною температурою, яка мало залежить від погоди. Вже на глибині 5 -7 метрів температура ґрунту практично стала протягом всього року і складає 10 - 12°C.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Теплоємність ґрунту залежить від декількох факторів - типу ґрунту, геологічного складу, вологості. Чим вища вологість - тим більше тепла можна отримати. Вологий глиняний ґрунт буде мати найкращі теплові характеристики, а великий вміст піску значно зменшить кількість відібраного тепла.

Внутрішнє тепло Землі

Внутрішні джерела тепла Землі менш значні за потужністю, ніж зовнішні. Вважається, що основними джерелами є: розпад довгоживучих радіоактивних ізотопів (уран-235 і уран-238, торій-232, калій-40), гравітаційна диференціація речовини, припливне тертя, метаморфізм, фазові переходи. Середня густина теплового потоку по земній кулі становить 87 ± 2 мВт/м² або $(4,42 \pm 0,10) \times 10^{13}$ Вт в цілому по Землі, тобто приблизно в 5000 разів менше, ніж середня сонячна радіація. У океанських районах цей показник становить у середньому 101 ± 2 мВт/м², в континентальних - 65 ± 2 мВт/м². У глибоководних океанічних жолобах вона змінюється в межах 28-65 мВт/м², на континентальних щитах - 29-49 мВт/м², в областях геосинкліналей

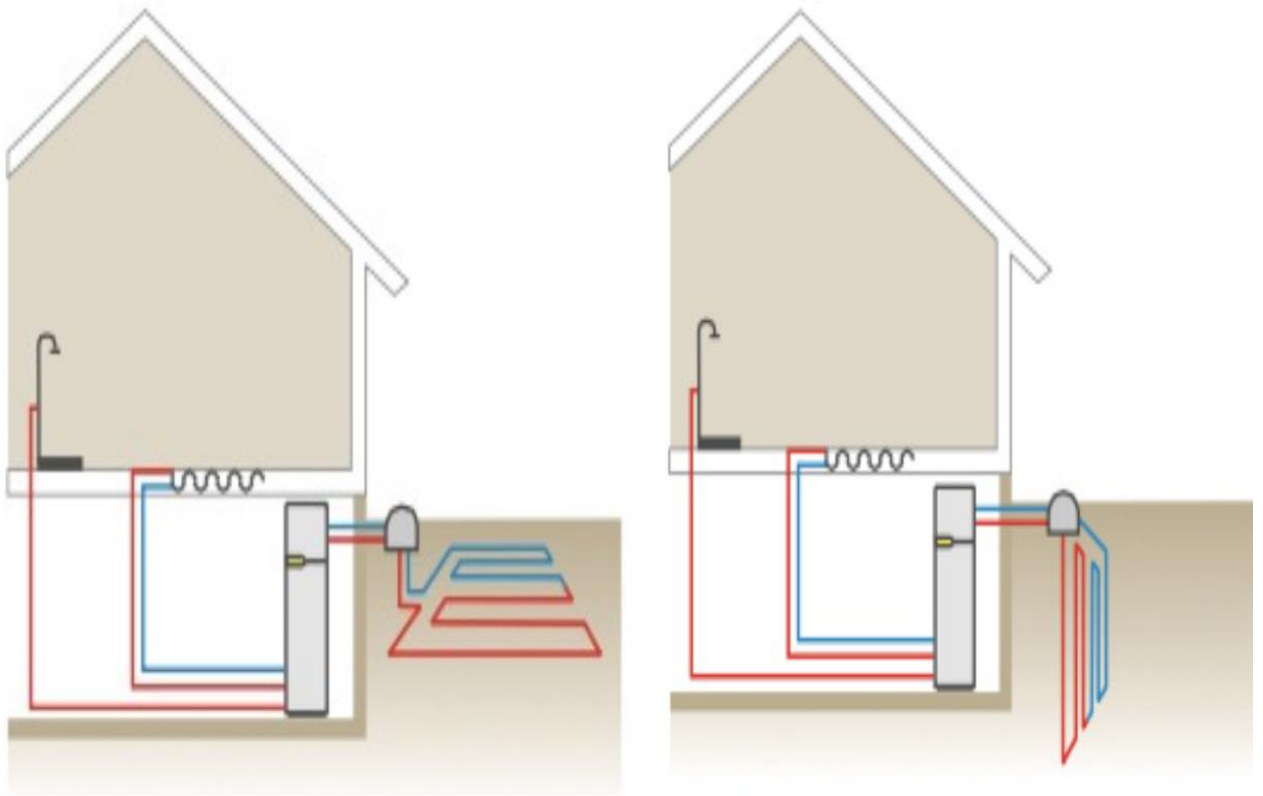
					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і серединно-океанічних хребтах може досягати $100-300 \text{ мВт/м}^2$ і більше. Близько 60% теплового потоку ($2,75 \times 10^{13} \text{ Вт}$) припадає на внутрішні джерела тепла, інші 40% зумовлені охолодженням планети. Відповідно до вимірів нейтринного потоку з надр Землі, на радіоактивний розпад припадає 24 ТВт ($2,4 \times 10^{13} \text{ Вт}$) внутрішнього тепла.

2.1 Відбір енергії з ґрунту

Відбір енергії з ґрунту може здійснюватись декількома методами:

Ґрунтовий колектор



Первинний контур геотермального теплового насосу може бути виконаний у вигляді ґрунтового колектору, який розташовується на глибині 1,2 - 1,5 м. Така глибина забезпечує достатньо стабільну температуру протягом року. Тепловіддача залежить від типу ґрунту та коливається в межах $10 - 35 \text{ Вт/м}^2$. Влаштування ґрунтового колектору потребує досить значної площі земельної

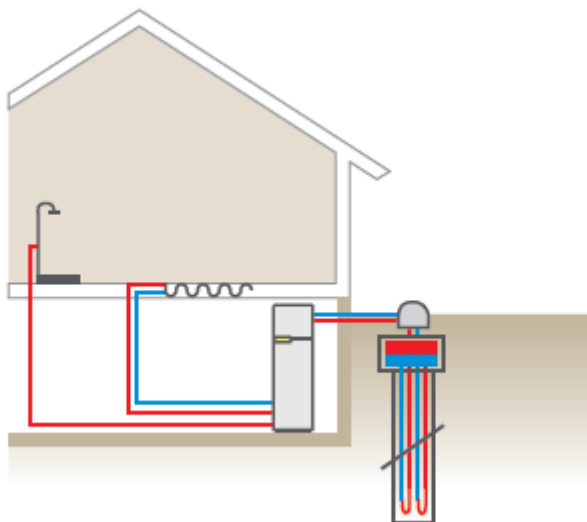
					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

ділянки. Крім горизонтального колектору може використовуватись також вертикальний колектор, який займає меншу площу, але вимагає більшого об'єму земляних робіт, що в свою чергу може привести до здорожчання геотермальної системи.

Земельна ділянка, на якій знаходиться ґрунтовий колектор, повинна мати мінімальну забудову та затінення, щоб повноцінно відновлюватись протягом теплого періоду року. Не можна висаджувати над колектором дерева з розвиненою системою коріння, втім числі і для запобігання пошкодженню самих колекторів. Сонячне випромінювання та опади забезпечують повну регенерацію ґрунту для ефективної віддачі накопиченого тепла в опалювальний сезон.

Виконуються ґрунтові колектори з поліетиленових труб різних діаметрів. Також на ринку присутні готові модулі у вигляді попередньо зібраних трубних секцій.

Вертикальний ґрунтовий зонд



В цьому випадку **тепловий насос** працює з стабільною продуктивністю та високою ефективністю протягом всього року. Зонди опускаються на глибину 40 - 120 м. З одного метра свердловини можна отримати 30 - 70 Вт тепла. Середній показник складає 50 Вт, який в основному і приймається для

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку загальної довжини системи геотермальних зондів. Правильний розрахунок кількості свердловин та їх глибина надзвичайно важливі при проектуванні системи теплопостачання з тепловими насосами. Недостатня довжина ґрунтових зондів призведе до зменшення продуктивності теплового насосу, обмерзання свердловин і як наслідок - недостатньої кількості тепла для обігріву об'єкту.

Відбір тепла відбувається за допомогою зондів, виготовлених з поліетиленових труб. Це можуть бути 2-х - або 4-х трубні зонди.

Застосовуються труби діаметром 25, 32 чи 40 мм з різною товщиною стінки.

При облаштуванні геотермальних свердловин слід особливу увагу приділяти якості та надійності самих ґрунтових зондів. Адже після монтажу неможливо буде їх витягнути та провести ремонт. Ґрунтові зонди повинні слугувати тривалий термін, який більший періоду експлуатації самого теплового насосу. Використовуйте заводські зонди, які мають чіткі гарантійні умови.

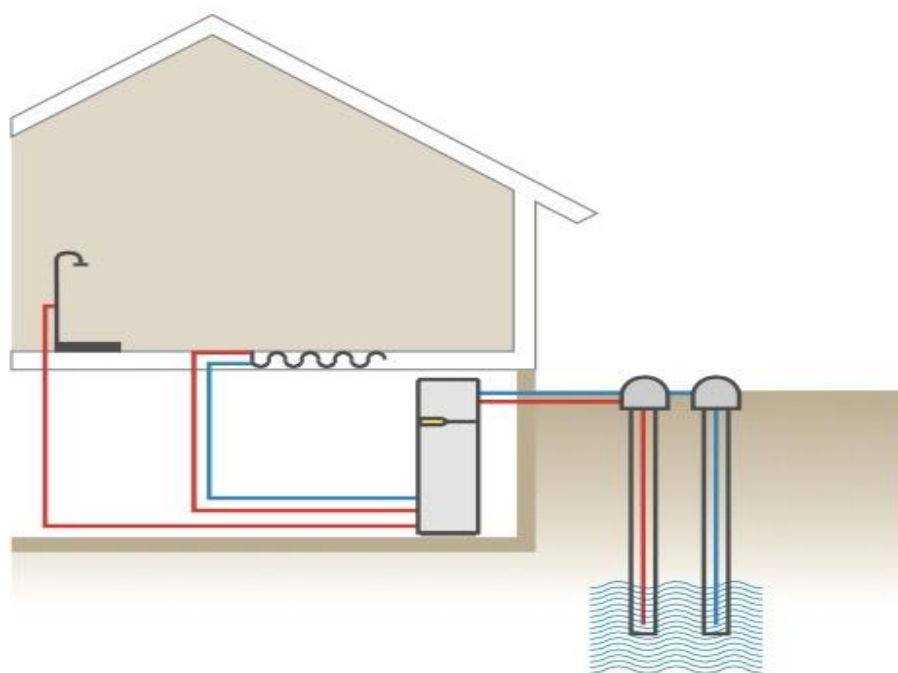
Свердловини з розміщеними в них ґрунтовими зондами повинні заповнюватись фіксуючим терморозчином, який має визначені параметри теплопровідності. Крім того розчин забезпечує захист зондів від механічного пошкодження.

При плануванні розташування земляних зондів необхідно дотримуватись мінімальних відстаней між свердловинами: 5-6 м. Також забороняється висаджувати дерева з глибокою корневою системою на місці розміщення геотермальних зондів.

В якості теплоносія для ґрунтових зондів застосовуються незамерзаючі розчини, наприклад, на основі етиленгліколю (температура замерзання - 15°C). Незамерзаючі розчини обов'язково повинні бути екологічно нейтральні, адже під час аварії та витоків відбудеться забруднення ґрунтових води та значної прилеглої території.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Джерело тепла - ґрунтові води



Підземні ґрунтові води є одним з найефективніших джерел первинного тепла для роботи теплових насосів. Протягом року температура ґрунтової води залишається стабільною та знаходиться в межах від 7°C до 12°C. Схема використання енергії води включає в себе дві свердловини:

- «верхня» забезпечує відбір води для подачі на теплообмінник вододляного теплового насосу, де відбувається передача тепла;
- «нижня» приймає охолоджену тепловим насосом воду.

В якості джерела тепла можуть також використовуватись поверхневі ґрунтові води. Але під час проектування такої схеми потрібно враховувати суттєві коливання температури води в залежності від пори року. Важливим елементом планування системи теплових насосів вода/вода є проведення хімічного аналізу води. В більшості випадків якість води не дозволяє працювати напряму з вискоефективними теплообмінниками теплових насосів. В такому випадку рекомендується встановлення проміжного теплообмінника, який відповідає конкретним умовам експлуатації та

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захищає тепловий насос. Наприклад, компанія Waterkotte пропонує повний асортмент теплообмінників з нержавіючої сталі з мідним або нікелевим припоєм для води різної якості.

При плануванні водо-водяної системи необхідно провести геологічне дослідження ділянки. Обидві свердловини повинні відповідати об'ємам перекачуваної води. Для отримання 1 кВт тепла потрібно викачати близько 0,25 м³/год.

2.3 ТН типу ґрунт-вода

Тепловий насос ґрунт-вода на нинішній момент є найефективнішим видом теплових насосів. На відміну від теплових насосів, які в якості джерела тепла використовують повітря або воду, ефективність ґрунтового насоса практично не залежить від пори року і температури. ККД деяких останніх моделей досягає 1000%. Це означає, що при витратах на електроенергію в 1 кВт, він видає 10 кВт тепла.

Ґрунтові насоси черпають тепло з землі або з допомогою свердловин пробурених на глибину 20-30 м, або за допомогою колекторів, прокладених на глибині 0,8-1,5 м. (В залежності від кліматичних умов регіону). Прокладка колектора дешевше, ніж буріння свердловини, але не завжди розміри ділянки дозволяють його облаштувати, так як на кожен 1 кв.м. опалювальної площі необхідно як мінімум 2.5 кв. м. ґрунтового колектора.

Принцип роботи ґрунтового теплового насоса простий. У колекторі під тиском циркулює теплоносій, який має дуже низьку точку кипіння (нижче - 40 градусів). Так як температура землі не опускається нижче +5 градусів, то теплоносій від неї нагрівається. Після цього він потрапляє в конденсатор і стискається під великим тиском, нагріваючись до температури вище +110 градусів. Основні переваги теплових насосів типу ґрунт-вода очевидні. Так як контур замкнений, не відбувається ніяких витоків і виділення теплоносія в атмосферу, забезпечуючи екологічно чисту роботу. Мінімальне значення

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ККД таких насосів становить 500%, за рахунок чого вони досить швидко окупаються. Також тепловий насос позбавлений деталей, які відчувають екстремальні навантаження, тому термін його служби обчислюється десятками років. У всьому світі багато власників приватних будинків по достоїнству оцінили позитивні сторони теплових насосів і експлуатують їх протягом десятків років.

2.4 ТН типу вода-вода

Теплові насоси типу «вода-вода» відрізняються високою ефективністю, так як співвідношення між енергією, яку ми безкоштовно отримуємо з навколишнього середовища, і використовуваної електричною енергією дуже сприятливе. Причиною даного сприятливого співвідношення вважається ґрунтова вода, у якій температура протягом року не змінюється. Так температура ґрунтових вод навіть в холодну пору року коливається в межах 7-12 градусів Цельсія. Виходячи з цього, теплонасос виду «вода-вода» можна використовувати в місцях з суворою зимою. Раз температура підземної води протягом року не перевищує позначку в 13 градусів Цельсія, то аналіз води, що стосується її корозійних властивостей, проводити не потрібно. Необхідно лише з'ясувати граничні значення вмісту марганцю і заліза, а також стежити, щоб вони не були перевищені. Такий контроль дозволить уникнути закупорювання системи джерела тепла, іменованого зарастанием окисними сполуками.

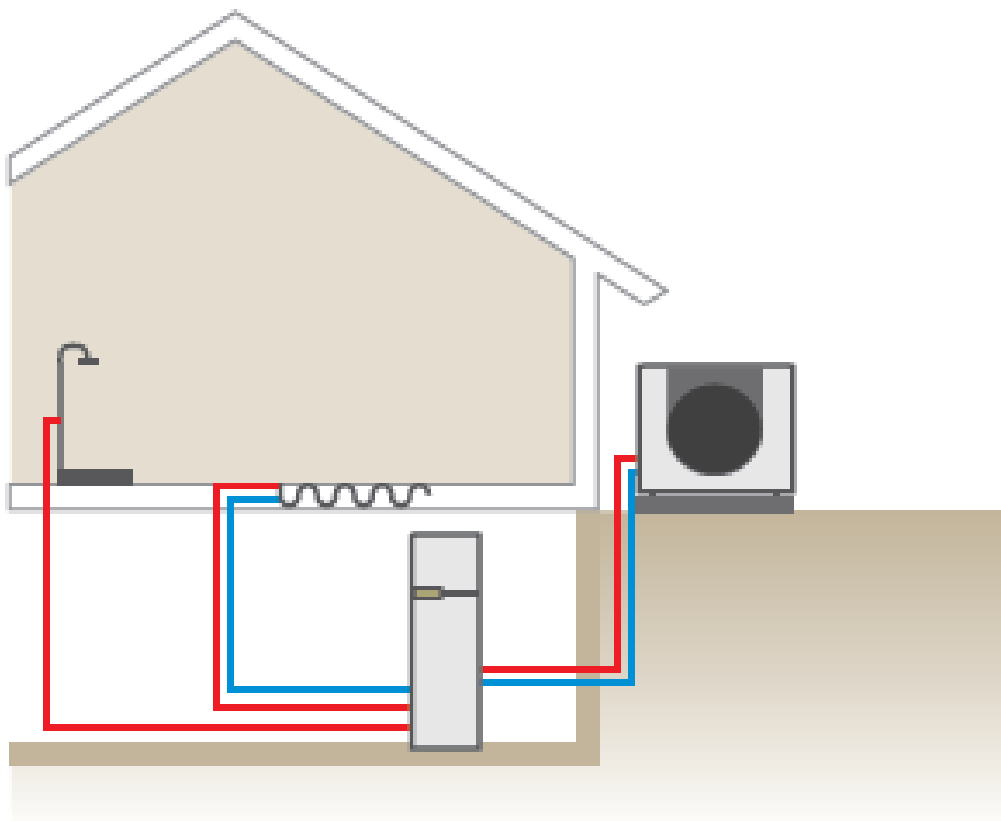
Теплоносієм в такому типі теплового насоса є ґрунтова вода. Температура ґрунтової води не опускається нижче значення 7 градусів Цельсія навіть у зимовий період. Через свердловину вода надходить в насос, де віддає тепло випарника і виливається назад в землю через іншу свердловину. У випарник холодоагент потрапляє через капілярний отвір завдяки тиску, де за рахунок різкого зниження тиску відбувається випаровування, при цьому холодоагент віднімає тепло у внутрішніх стінок випарника. З випарника холодоагент в газоподібному вигляді надходить в компресор, де він затискається і

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виштовхується в конденсатор. За рахунок стиснення температура підвищується. У конденсаторі холодоагент нагрівається. Потім отримане тепло він віддає в опалювану об'єкт. І остаточно переходить в рідкий стан.

Даний процес буде відновлюватися до тих пір, поки не буде досягнута потрібна температура в приміщенні або для гарячої води. Таким чином терморегулятор замикає електричний ланцюг, і компресор припиняє свою роботу. Коли температура в опалювальному об'єкті починає знижуватися, терморегулятор відновлює роботу компресора. Отже, теплонасос «вода-вода» перекачує низькопотенційну теплову енергію води в порівняно високопотенційне тепло для опалення приміщення. Приблизно 75% енергії можна отримувати безкоштовно з природи.

2.5 Джерело тепла - навколишнє повітря



					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Використання повітря в якості джерела тепла потребує найменших капітальних затрат. На вулиці встановлюється зовнішній блок, який містить теплообмінник та вентилятор. Повітря подається на випарник, де відбувається відбір тепла і після охолодження знову повертається в навколишнє середовище. Сучасні технології дозволяють експлуатувати повітряні теплові насоси до температури зовнішнього повітря - 25°C. Для роботи при низьких температурах насоси обладнуються додатковим електричним нагрівачем або працюють в системі з додатковим теплогенератором (наприклад, дров'яним каміном з водяним контуром). Застосовуючи даний тип обладнання для опалення пасивних та енергоефективних будинків можна повністю забезпечити нагрів лише завдяки повітряному тепловому насосу. Навіть при низьких зовнішніх температурах такі будинки потребують незначну кількість тепла.

Важливим фактором, який необхідно враховувати при плануванні повітряних теплових насосів, є звукові характеристики. Від шумових характеристик буде залежати комфорт проживання поруч з тепловими насосами повітря/вода.

Оптимальним рішенням для використання повітряних теплових насосів є бівалентний режим роботи - поєднання з іншим джерелом тепла (газовим чи пелетним котлом, дров'яним або пелетним каміном з водяним контуром). При такій схемі 70-90% теплового навантаження забезпечуватиметься тепловим насосом повітря/вода і лише при дуже низьких температурах вмикатиметься додатковий теплогенератор.

3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ В ДВОПОВЕРХОВИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК

Вихідними даними для проекту системи опалення будинку являються: район будівлі; план поверху, підвалу, даху; розрізи будівлі; теплотехнічні характеристики огорожуючих конструкцій (вікон, дверей, стін, підлога першого поверху, дахове або без дахове покриття).

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

План будинку, для якого планується проектувати систему опалення, показаний на рисунку 3.1.

Район будівництва - Закарпатська область, м. Ужгород.

Орієнтація головного фасаду – на південь.

Розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року $t_{\text{ext}} = -21^\circ\text{C}$. Розрахункова температура в житлових приміщеннях 20°C , у приміщеннях в непостійним знаходженням людини (хол, котельня, гардеробна) - 18°C . Загальна площа жилих приміщень будинку 200 м^2 . Стіни виконані з силікатної цегли з зовнішньою штукатуркою товщиною 0.5 м , Вікна з подвійним склінням, дерев'яні. Підлого першого поверху розташована на ґрунті з шаром утеплювача товщиною 10 см .

3.1 Розрахунок теплової потужності системи опалення

Розрахункові втрати теплоти опалюваного будинку $Q_{\text{зд}}$, Вт, визначаються сумою втрат теплоти опалюваних приміщень:

$$Q_{\text{зд}} = \sum Q_4,$$

де Q_4 – розрахункові сумарні втрати тепла опалюваного приміщення (теплова навантаження приміщення), Вт.



					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк. 25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.1 – План житлового будинку

Для розрахунку сумарних втрат тепла кожного опалюваного приміщення спочатку необхідно:

1) визначити значення опору теплопередачі для всіх зовнішніх огорож, а також для внутрішніх, що розділяють приміщення з різницею розрахункових температур між ними 3°C і більше;

2) накреслити плани поверху, підвалу, даху, розріз будівлі в масштабі 1:50;

3) пронумерувати опалювані приміщення. Як правило, нумерація виконується, починаючи з кутів кімнат по ходу годинникової стрілки (для першого поверху з №101, для другого - з №201 і т.д.). Сходові клітини позначаються буквами.

Приміщення, які не мають вертикальних зовнішніх огорож, можна не нумерувати, так як в таких приміщеннях не встановлюються опалювальні прилади. Тепловтрати таких приміщень (через підлогу або стелю) в цьому випадку потрібно додати до таких приміщень, опалювальні прилади яких опалюють ці приміщення.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення Q_4 для кожного опалювального приміщення визначається з теплового балансу окремо розраховуючи його складові

$$Q_4 = \Sigma Q + Q_i - Q_h(1 - \kappa_1),$$

де Q – головні і додаткові витрати тепла через окремі відгороджуючі конструкції приміщення, Вт;

Q_i – витрата теплоти на нагрівання інфільтруючого зовнішнього повітря через огороджуючі конструкції приміщення, Вт;

Q_h – сумарний тепловий потік, регулярно прибуваючий в приміщення будівлі від електричних приборів, освітлення, технологічного устаткування, комунікацій, матеріалів, людей та інших джерел, Вт;

κ_1 – коефіцієнт, приймаємо рівним 0.40 - для водяного опалювання з місцевою системою регулювання по температурі повітря в приміщенні.

3.1.1 Визначення головних і додаткових витрат теплоти приміщення крізь огороджуючі конструкції

Розрахункові і додаткові витрати тепла приміщення визначаються сумою витрат тепла через окремі огороджуючі конструкції Q , Вт, з округленням до 10 Вт для приміщень по формулі

$$Q = k \cdot A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \beta_B) \cdot n,$$

де $k = 1/R$ – коефіцієнт теплопередачі захисної конструкції, Вт/(м²·°C);

R – опір теплопередачі захисної конструкції, м²·°C/Вт;

A – розрахункова площа захисної конструкції, м²;

t_p – розрахункова температура повітря в приміщенні з розрахунком підвищення його в залежності від висоти для приміщення висотою більше 4 м, °C;

t_{ext} – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

періоду року, °С;

n – коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні захисної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря;

β – додаткові втрати тепла в долях від основних втрат.

Опір теплопередачі R_c , $m^2 \cdot ^\circ C / W$ огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot ^\circ C / W$, яке повинне визначатися по СНіПІІ-3-79** (окрім підлоги на ґрунті) з врахуванням встановлених нормативів мінімального термічного опору обгороджувальних.

Для не утепленої підлоги на ґрунті і стіні нижче рівня землі з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda = 1.2$, $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$ по зонам шириною 2 м, паралельним зовнішнім стінам приймають рівним 2.1 – для 1 зони; 4.3 для 2 зони; 8.6 – для 3 зони; 14.2 – для зони, що залишилася.

Опір теплопередачі R_h для утеплення підлоги на ґрунті і стін нижче рівня землі (з коефіцієнтом теплопровідності λ_h зігріваючого шару, товщиною δ , м, менше 1.2 $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$) рівне $R_h = R_c + \delta / \lambda_h$.

Розрахункова площа A захисних конструкцій розраховується по зовнішньому вимірі будівлі (зі сторони вторинного теплоносія – зовнішнього повітря або зі сторони більш холодного помешкання), при цьому вертикальні розміри зовнішніх стін розділяються по міжповерховими відмітками чистої підлоги, а горизонтальні – від середньої осі стін суміжних приміщень. Площа підлоги і стелі визначається по загальній площі будівлі, що розділяється між приміщеннями по середній осі стін між ними. Площі вікон, дверей і ліхтарів вимірюються по найменшому будівельному отвору. Лінійні розміри визначаються з округленням до 0.1 м.

Розрахункову температуру внутрішнього повітря t_p приймають мінімальною з допустимих температур, при цьому керуються наступними правилами:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для всіх відгороджень приміщення висотою $h < 4$ м, а також для частини вертикальних огорож висотою 4 м від підлоги в приміщенні висотою $h < 4$ м, розрахункову температуру приймаємо рівною нормованій температурі повітря в робочій або обслуговуючій зоні $t_{w,z}$;

- для даху і ліхтарів виробничих приміщень розрахункова температура приймається рівною $t_{p,h} = t_{w,z} + (h-2)\Delta t$, де $\Delta t = 0.3 \dots 0.7^\circ\text{C}/\text{м}$ для приміщень без значних тепловиділень, $\Delta t = 0.7 \dots 2.0^\circ\text{C}/\text{м}$ для приміщення із значними тепловиділеннями ;

- для частини вертикальних обгороджувань, розташованих вище 4 м від підлоги (у приміщенні заввишки $h = 4$ м) розрахункову температуру приймають рівній середній температурі між температурами повітря під стелею і в робочій (чи обслугованій) зоні $t'_{p,h} = (t_{w,z} + t_{p,h})/2$;

- для кімнат житлових будинків за наявності двох і більше зовнішніх вертикальних обгороджувань в кімнаті приймають t_p на 2°C більше.

Значення β приймають рівним:

а) - у приміщеннях будь-якого призначення для зовнішніх вертикальних і похилих (вертикальна проекція) стін, дверей і вікон, орієнтованих на північ, схід, північний схід і північний захід - у розмірі 0.1, на південний схід і захід - у розмірі 0.05;

- у громадських, адміністративних, побутових і виробничих приміщеннях через дві зовнішні стіни і більше – 0.15 (якщо одне з обгороджувань обернене на північ, схід, північний схід і північний захід), і 0.1 - в інших випадках;

- у кутових приміщеннях - додатково по 0.05 на кожен стіну, двері і вікно;

б) для зовнішніх дверей, не обладнаних повітряними або легко-тепловими завісами, при висоті H , м (від середньої планувальної відмітки

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

землі до верху карниза, центру витяжних отворів ліхтаря або гирла шахти) в розмірі: 0.2Н - для потрійних дверей з двома тамбурами між ними; 0.27Н - для подвійних дверей з тамбуром між ними; 0.34Н - для подвійних дверей без тамбура; 0.22Н - для одинарних дверей.

3.1.2 Визначення витрати теплоти на нагрівання інфільтруючого зовнішнього повітря через огорожуючі конструкції

Зовнішнє повітря поступає в приміщення під дією різниці тисків зовнішнього і внутрішнього повітря. Зовнішнє повітря без його попереднього нагрівання може безпосередньо поступати в приміщення через спеціальні припливні пристрої, і в цьому випадку інфільтрація є організованою. У разі його вступу через існуючу нещільність і щілини в стінах, вікнах, ліхтарях інфільтрація носить неорганізований характер.

При природній витяжній вентиляції в приміщеннях житлових і громадських будівель припливна нормована витрата повітря може поступати в приміщення або у вигляді сумарного потоку, що складається з припливного нагрітого в припливних установках, і інфільтраційного потоку(без попереднього нагрівання).В цьому випадку інфільтраційний потік є організованим параметром $L_{п}$, величина якого формується в результаті дисбалансу між вентиляційними, що задаються, витяжним і припливним повітрообміном, що задається в початкових умовах. Витрата теплоти Q_i , Вт, у вираженні на нагрівання цього організованого інфільтраційного потоку визначається по формулі:

$$Q_i=0,28L_{п}\rho\lambda(t_p-t_{ext}),$$

де $L_{п}$ - витрата припливного, попереднього що не підігрівається, що інфільтрується повітря, м³/ч;

ρ - щільність повітря в приміщенні, кг/м³;

λ - питома теплоємність повітря($\lambda=1$), кДж/(кг·°С).

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для житлових будівель припливний повітрообмін нормується питомою витратою 3 м³/ч на 1 м² площі житла, що відповідає приблизно одноразовому повітрообміну.

В цьому випадку вираження перетвориться у виді

$$Q_i = F \cdot (t_p - t_{ext}),$$

$$Q_i = 204 \cdot (20 - (-21)) = 8364 \text{ Вт}$$

3.1.3 Визначення сумарного теплового потоку, що регулярно поступає в приміщення будівлі від різних джерел

Теплопостачання в житлових будівлях враховують в тепловому балансі приміщення у вигляді загальних побутових тепловиділень, які приймають для житлової кімнати з розрахунку 21 Вт 1 м² її житлової площі.

$$Q_h = 21 \cdot F = 21 \cdot 204 = 4284 \text{ Вт}$$

3.2 Розрахунок теплоприпливів в будівлю

Визначимо розрахункові основні і додаткові втрати теплоти приміщеннями двоповерхового житлового будинку. План будинку наведено на рисунку 3.1.

Початкові дані: район будівництва - Закарпатська область; орієнтація головного фасаду - на схід(Сх). Розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року $t_{ext} = -21^\circ\text{C}$. Розрахункова температура в приміщенні 20°C . Визначаємо додаткові дані, необхідні для розрахунку. Дані приймаємо в відповідності з відомими конструкційними матеріалами приміщення. Потрійне скління (ПС) в дерев'яних окремо-спарених палітурках,

балконні двері (БД) – $R_{пс}=R_{бд}=0.55 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$ ($k_{пс}=k_{бд}=1/0.55=1.82 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$);

зовнішня стінка товщиною 0.5 м з силікатної цеглі з зовнішньою

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штукатуркою (ЗС) – $R_{зс}=2.3 (м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ ($k_{зс}=1/2.3=0.43 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$);

покриття горищне (ПГ) – $R_{пг}=3.2(м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ ($k_{пг}=1/3.2=0.31 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$);

одинарні вхідні двері (Вх.Д) – $R_{вх.д}=0.22 (м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ ($k_{вх.д}=1/0.22=4.55 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$);

тепла підлога на ґрунті – $R_{тп}=R_c+(\delta/\lambda_n)=8.74(м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ ($k_{тп}=1/8.74=0.11 Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$), де $\delta=0.1м$, $\lambda_n=0.7 Вт/(м \cdot K)$, $R_c=8.6 (м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ – для 2 кліматичної зони. В таблиці прийняти наступні найменування будівельних огорож: ПС – вікно, БД – балконні двері, ЗС – зовнішня стінка, ПГ – покриття горищне, ТП – тепла підлога.

Таблиця 3.1 – Результати основних і додаткових втрат теплоти приміщення, план якого наведено на рисунку 3.1

Номер, призначення приміщення	$t_p, ^\circ C$, площа приміщення	Найменування огороження	Орієнтація	Розміри, м	A, м ²	$k, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	$(t_p - t_{ext}), ^\circ C$	$1 + \Sigma \beta$	Q, Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Перший поверх									
101	20 14,2	ПС	Півд	1.80·1.2	2,16	1.82	41	1.1	177
		ЗС	Півд	(3,86·2,8)- 1.80·1.2	8,65	0.43	41	1.1	168
		ЗС	Захід	3.68·2,8	10,3	0.43	41	1.1	200
		ТП	-	3.86·3.68	14,2	0.11	41	1.1	70
		$\Sigma Q = 615 Вт$							

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
102	20	ЗС	Захід	2.2*2.8		0.43	41	1.05	114
		ТП	-	-	17.7	0.11	41	1.05	84
	17,7	$\Sigma Q = 198 \text{ Вт}$							
103	20	ПС	Півн іч	0.80·1.2	0,96	1.82	41	1.1	79
		ЗС	Півн іч	3,0·2,8- 0.80·1.2	7,44	0.43	41	1.1	144
		ЗС	Захід	2,8·2,8	7,84	0.43	41	1.1	152
		ТП	-		8,4	0.11	41	1.1	42
	8,4	$\Sigma Q = 417 \text{ Вт}$							
104	20	ПС	Північ	0.8·1.2	0,96	1.82	41	1,05	75
		ЗС	Північ	3.5·2.8- 0.8·1.2	8,84	0,43	41	1,05	164
		ТП	-		9,8	0.11	41	1,05	46
	9,8	$\Sigma Q = 285 \text{ Вт}$							
105	20	ПС	Північ	2.4·1.2	2,88	1.82	41	1,1	236
		ПС	Схід	1.8·1.2·2	4,32	1.82	41	1,1	354
		ПС	Півден ь	1.8·1.2	2,16	1.82	41	1,05	169
		ЗС	Північ	5,84·2,8-	13,47	0.43	41	1,1	261
	50								

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8

Арк.

33

				2.4·1.2					
		ЗС	Схід	2,8·8,48- 1.8·1.2- 1.8·1.2	19,42	0.43	41	1,1	377
		ЗС	Півден ь	5,84·2,8- 1.8·1.2	14,19	0.43	41	1,05	263
		ТП	-		50	0.11	41	1,1	248
									ΣQ = 1908 Вт

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
106	20 4.2	Дв	Півден ь	1.8·2.2	3,96	0.7	41	1,0	114
		ЗС	Півден ь	2.6·2.8- 1.8·2.2	3,32	0.43	41	1.0	59
		ТП	-	-	4,2	0.11	41	1,0	19
Другий поверх									
201	20 22,1	ПС	Захід	0.8·1.2	0,96	1.82	41	1.1	79
		ПС	Півден ь	0.8·1.2	0,96	1.82	41	1.05	75
		ПС	Півден ь	1.8·1.2	2,16	1.82	41	1.05	169
		ЗС	Захід	3,68·2,8- 0.8·1.2	9,34	0.43	41	1,1	181

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					34

		ЗС	Півден ь	6·2,8- 0,8·1,2- 1,8·1,2	13,68	0,43	41	1,05	253
		ПГ	-		22,1	0,31	23	1,05	166
$\Sigma Q = 923 \text{ Вт}$									
202	20	ЗС	Захід	2·2,8	5,6	0,43	41	1,05	104
		ПГ	-		9,3	0,31	23	1,05	70
	9,3	$\Sigma Q = 174 \text{ Вт}$							

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
203	20 13,7	ПС	Північ	0,8·1,2	0,96	1,82	41	1,1	79
		ПС	Північ	0,8·1,2	0,96	1,82	41	1,1	79
		ПС	Захід	0,8·1,2	0,96	1,82	41	1,1	79
		ЗС	Північ	4,89·2,8- 0,8·1,2- 0,8·1,2	11,77	0,43	41	1,1	228
		ЗС	Захід	4,89·2,8- 0,8·1,2	12,73	0,43	41	1,1	247
		ПГ	-		13,7	0,31	23	1,1	107
$\Sigma Q = 819 \text{ Вт}$									
204	20	ЗС	Північ	1,7·2,8	4,76	0,43	41	1,1	92
	4,8	ПГ	-		4,8	0,31	23	1,1	38

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8					Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

		$\Sigma Q = 130 \text{ Вт}$							
205	20 24,7	ПС	Північ	2,4·1,2	2,88	1.82	41	1,1	236
		ПС	Схід	0,8·1,2	0,96	1.82	41	1.1	79
		ЗС	Північ	5,84·2,8- 2,4·1,2	13,47	0.43	41	1,1	261
		ЗС	Схід	4,23·2,8- 0,8·1,2	10,88	0.43	41	1,1	211
		ПГ	-		24,7	0.31	23	1,1	194
	$\Sigma Q = 981 \text{ Вт}$								
206	20 25,1	ПС	Схід	0,8·1,2	0,96	1.82	41	1.1	79
		ПС	Південь	1.8·1.2	2,16	1.82	41	1.05	169
		ЗС	Схід	4,3·2,8- 0,8·1,2	11,08	0.43	41	1,1	215
		ЗС	Південь	5,84·2,8- 1.8·1.2	14,19	0.43	41	1,05	263
		ПГ	-		25,1	0.31	23	1.05	188
	$\Sigma Q = 914 \text{ Вт}$								

Таким чином маємо сумарні тепловитрати з будівлі через будівельні обгороджування: $\Sigma Q = 7556 \text{ Вт}$

Для визначення витрати теплоти на нагрівання інфільтруючого зовнішнього повітря визначаємо загальну площу приміщень:

$$F_{\text{заг}} = 200 \text{ м}^2 \text{ (площа всіх приміщень по таблиці 3.1).}$$

З попередніх розрахунків $Q_i = 8364 \text{ Вт}$.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Внутрішні тепловиділення (люди, побутові прилади):

$$Q_h = 4284 \text{ Вт}$$

Теплова потужність системи опалення:

$$Q_d = 8364 + 7556 - 4284 \cdot (1 - 0.4) = 13350 \text{ Вт}$$

4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОГО НАСОСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

4.1 Вхідні данні

Приймаємо температуру «прямої» води в систему опалення та побутових потреб $45 \text{ }^\circ\text{C}$, а «зворотньої» $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Тоді температура конденсації холодоагента в конденсаторі $55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура артезіанської води на вході в випарник приймається рівною $10 \text{ }^\circ\text{C}$ на вході та $8 \text{ }^\circ\text{C}$ на виході.

Температура кипіння холодоагенту в випарнику приймаємо на $8 \text{ }^\circ\text{C}$ менше температури артезіанської води $0 \text{ }^\circ\text{C}$ не залежно від сезону.

Приймаємо перегрів після випарника $10 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приймаємо переохолодження після конденсатору $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Теплова продуктивність теплового насосу $Q_K = 13,35 \text{ кВт}$.

4.2 Розрахунок енергетичних характеристик теплового насосу

Зображення циклу одноступінчастого парокомпресійного теплового насосу у T-S діаграмі представлено на рис. 4.1.

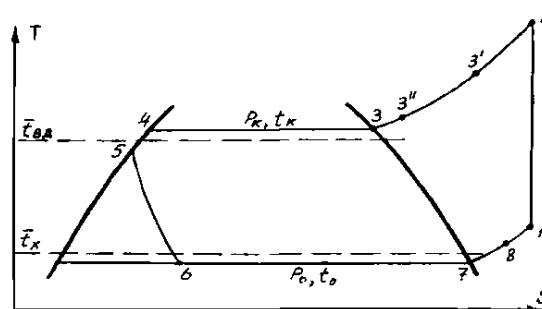


Рисунок 4.1 Цикл одноступінчастого парокомпресійного теплового насоса в Т-S діаграмі

На рис. 4.2 наведено зображення циклу в р-h діаграмі для R134a.

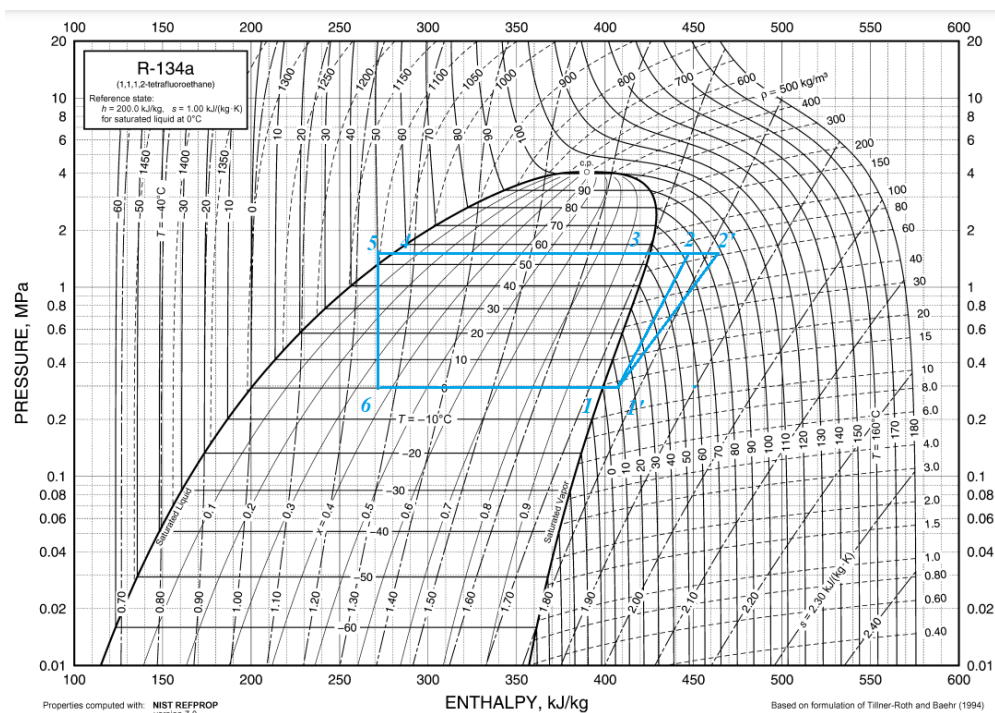


Рисунок 4.2 - Зображення циклу теплового насоса в р-h діаграмі для R134a

Параметри циклу в вузлових точках зводимо в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри холодильного циклу

Параметри	Од. вим.	Точки						
		1	1'	2	3	4	5	6
Тиск, p	МПа	0,29280	0,29280	1,4915	1,4915	1,4915	1,4915	0,29280
Температура, t	°C	0	10	69,791	55	55	50	0
Ентальпія, h	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	398,60	407,51	443,29	425,15	279,47	271,55	271,55
Об'єм, v	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		0,07283					

Питома масова теплопродуктивність:

$$q_0 = h_{1'} - h_5, \quad (4.1)$$

$$q_0 = 407,51 - 271,55 = 135,96 \text{ кДж}$$

Питома об'ємна теплопродуктивність:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1}, \quad (4.2)$$

$$q_v = \frac{135,96}{0,072835} = 18666,7 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Питома адіабатна робота стиснення:

$$l = h_2 - h_{1'}, \quad (4.3)$$

$$l = 443,29 - 407,51 = 35,78 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Питоме тепло, відведене в конденсаторі (питома теплопродуктивність теплового насосу):

$$q_k = h_3 - h_4, \quad (4.4)$$

$$q_k = h_3 - h_4 = 425,15 - 279,47 = 145,68 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Масова витрата холодоагента:

$$M_a = \frac{Q_k}{q_k}, \quad (4.5)$$

$$M_a = \frac{13,35}{145,68} = 0,0916 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_{1'}, \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right) \quad (4.6)$$

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0,0916 \times 0,072835 = 0,00667 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda = \lambda_c \times \lambda'_{w'}, \quad (4.7)$$

де:

$$\lambda_c = 1 - c \times \left[\left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (3.8) \quad \lambda'_{w'} = \frac{T_0 + \theta}{\alpha \times T_k + \beta \times \theta}, \quad (4.9)$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

λ_c – коефіцієнт подачі, який враховує вплив «мертвого простору»;

c – відносна величина «мертвого простору». В компресорі приймається $c = 0,03$;

m – показник політропи зворотного розширення з «мертвого простору»;

λ'_w – коефіцієнт, який враховує об'ємні втрати, обумовленні дроселюванням пари в клапанах, підігрів пари від стінок циліндра в процесі всмоктування, перетіканням з порожнини стискування в порожнину всмоктування в результаті внутрішніх нещільностей;

θ – загальний перегрів робочої речовини на всмоктуванні:

$$\theta = t_1 - t_0, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.10)$$

$$\theta = t_1 - t_0 = 10 - 0 = 10^\circ\text{C}$$

$$\lambda_c = 1 - 0,03 \times \left[\left(\frac{14,91}{2,928} \right)^1 - 1 \right] = 0,877$$

$$\lambda'_w = \frac{273 + 10}{1,12 \times 328 + 0,5 \times 10} = 0,76$$

$$\lambda = 0,877 \times 0,76 = 0,667$$

Теоретична об'ємна продуктивність:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda}, \quad (4.11)$$

$$V_h = \frac{0,00667}{0,667} = 0,010 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l, \quad (4.12)$$

$$N_a = 0,0916 \cdot 35,78 = 3,278 \text{ (кВт)}$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i}, \quad (4.13)$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де η_i – індикаторний ККД.

$$\eta_i = \lambda'_w + b \times t_0, \quad (4.14)$$

b – коефіцієнт: $b = 0,0025$

$$\eta_i = 0,76 + 0,0025 \times 0 = 0,76$$

$$N_i = \frac{3,278}{0,76} = 4,31(\text{кВт})$$

Потужність тертя:

$$N_{\text{тр}} = V_h \cdot P_{\text{ітр}}, \quad (4.15)$$

де $P_{\text{ітр}}$ – середній індикаторний тиск тертя, приймаємо $P_{\text{ітр}} = 50$ кПа

$$N_{\text{тр}} = 0,010 \cdot 50 = 0,5 (\text{кВт})$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_{\text{тр}} + N_i, \quad (4.16)$$

$$N_e = 0,5 + 4,31 = 4,81 (\text{кВт})$$

Електрична потужність компресора теплового насоса:

$$N_{\text{ел}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{ел}}}, (\text{кВт}) \quad (4.17)$$

$$N_{\text{ел}} = \frac{4,81}{0,85} = 5,66(\text{кВт})$$

Коефіцієнт перетворення теплового насосу:

$$COP = \frac{Q_k}{N_{\text{ел}}} \quad (4.18)$$

$$COP = \frac{13,35}{5,66} = 2,36$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення потужності системи опалення по місяцях

Орієнтовно потужність системи опалення за розрахунковий період (наприклад, за місяць) можна оцінити за рівнянням

$$P_{сер.міс} = Q_4 \frac{(t_{сер.міс} - t_{приміщ})}{(t_{мін} - t_{приміщ})}, \text{кВт} \quad (4.19)$$

де $t_{сер.міс}$ – середня температура розрахункового місяця, $t_{приміщ}$ – температура приміщення 20 С, $t_{мін}$ – розрахункова температура найхолоднішої п'ятиднівки -21 С.

Витрати теплоти за місяць на опалення

$$Q_{сер.міс} = P_{сер.міс} \cdot n \cdot 24, \quad (4.20)$$

де n – кількість опалювальних днів в місяці.

Витрати електроенергії компресором теплового насоса за місяць на опалення

$$G_{эл} = \frac{Q_{сер.міс}}{COP} \quad (3.21)$$

Результати розрахунку потужності системи опалення по місяцях наводимо у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Навантаження на систему опалення та гарячого водопостачання по місяцях

Місяць	Середня температура навколишнього повітря, °С	Кількість днів опалювання в місяці	Середньомісячне навантаження на систему опалення, кВт	Витрати теплоти на опалення за місяць, кВт·год	Витрати електроенергії на опалення за місяць, кВт·год
Січень	0.1	31	6,48	4821,12	2042,85
Лютий	0.7	28	6,28	4220,16	1788,2
Березень	5.3	31	4,79	3563,76	1498,63
Квітень	10.8	15	3	1080	457,63

Травень	17.2	-	-	-	-
Червень	21.8	-	-	-	-
Липень	24.1	-	-	-	-
Серпень	24.0	-	-	-	-
Вересень	18.4	-	-	-	-
Жовтень	11.8	15	2,67	961,2	407,29
Листопад	7.3	30	4,14	2980,8	1263,05
Грудень	2.1	31	5,83	4337,52	1837,93
Сумарні витрати енергії				21964,54	9295,58

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5. Використання сонячної енергії на базі ТН

Сонце – це найпотужніше джерело енергії для нашої планети. Без сонячної теплоти і світла будь-яке життя на Землі було б неможливе. Всі наші повсякденні справи включають використання енергії. Вона необхідна для пересування транспорту і приготування їжі, для роботи і відпочинку, для обігріву і охолодження приміщень.

Енергія Сонця може використовуватися для безлічі завдань. Одне з них – це перетворення сонячної енергії в електричну, в так звану сонячну електрику. Хоча сонячна енергія є порівняно новим джерелом енергії, що легко може стати найважливішим джерелом енергії в майбутньому.

Для використання сонячної енергії використовують наступні пристрої:

- плоский сонячний колектор;
- вакуумний трубчастий колектор;
- концентричний (параболічний) сонячний колектор.

Плоскі сонячні колектори (рис. 5.1) через простоту своєї конструкції випускаються багатьма виробниками. Через відносно невисоку вартість вони користуються високою популярністю.

Складається сонячний колектор з теплоізолюваного коробу, поверхні з високим поглинанням сонячної енергії і мідних труб. Зверху вся конструкція накривається спеціальним високоміцним склом. Рідина, протікаючи по трубках колектора, відбирає тепло у абсорбера нагріваючись таким чином.

Плоскі колектори відрізняються між собою абсорбером, теплоносієм, різними розмірами, форматом сторін, вагою та естетичними властивостями.

Враховуючи те, що втрати теплоти попереджені в колекторі тільки з одного боку, а з лицьового боку теплоізоляція відсутня, плоскі колектори підходять тільки для сезонного використання і теплих кліматичних зон та призначені нагрівати воду для основного побутового використання.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



Рисунок 5.1 – Плоский сонячний колектор.

Вакуумний колектор складається з ряду скляних трубок, в яких міститься абсорбер і теплова трубка. Абсорбер, поглинаючи сонячні промені і нагріваючись, передає зібрану теплоту мідній трубці. Далі нагріта мідна труба передає тепло теплоносію.

Враховуючи те, що всі поверхні, які нагріваються сонячними променями, відокремлені від зовнішнього повітря вакуумом, а відповідно тепловтрати зведені до нуля, використання вакуумних сонячних колекторів (рис. 5.2) можливо навіть взимку при морозах. Таким чином вакуумний колектор може використовуватися не тільки для підігріву води для побутових потреб, але також і для підігріву води в системі опалення взимку.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.2 – Вакуумний колектор.

Враховуючи можливість використання не тільки влітку, а й взимку вакуумні колектора користуються досить-широким попитом, як для котеджів, так і для басейнів, виробництв та багатоквартирних житлових будинків.

Концентричний (параболічний) сонячний колектор (рис.5.3) використовують тоді, коли потрібен нагрів води до температур вище 100 °С. Наприклад, для парових систем опалення або у виробництві (стерилізація).

Такий сонячний колектор концентрує за допомогою дзеркала сферичної форми сонячні промені на нагрівачі. Нагрівач розташований у фокусі цього відбивача і сприймає на себе всі сонячні промені, які падають на поверхню дзеркала. Для максимальної продуктивності параболічний колектор повинен обертатися в двох площинах, підлаштовуючись під рух сонця. За специфічного призначення і великої вартості концентричні

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коллектори використовуються для потужних систем для виробництва сонячної електроенергії.



Рисунок 5.3 – Параболічний сонячний колектор

В табл. 5.1 наведені характеристики основних типів колекторів, а саме ККД, робочі температури, та можливість встановлення систем слідування за сонцем.

Таблиця 5.1 – Характеристика основних видів колекторів

Тип сонячного колектора	Робоча температура, °С	ККД колектора, %	Відносна потребуєча площа, %	Слідування за сонцем
Плоский	30-100	30-50	100	Не потребується
Сонячний ставок	40-100	15-25	130	Не потребується
Центральний приймач із полем геліостатів	до 1000	60-75	20-40	Обертання навколо двох

				осей
Параболо-циліндричний концентратор	до 500	50-70	30-50	Обертання навколо однієї осі
Вакуумний трубчатий колектор	90-300	40-60	50-75	Не потребується

ККД сонячного колектора визначається за формулою:

$$\eta_k = Q_k / (E_k \cdot A) \quad (5.1)$$

де η_k – ККД колектора;

Q_k – кількість теплоти яку виробляє колектор, Вт · год;

E_k – кількість енергії сонця, яка потрапила на абсорбер, Вт · год/м²;

A – площа абсорбера, м².

На рис. 5.4 зображено покрокове визначення приблизного значення ККД колектора.

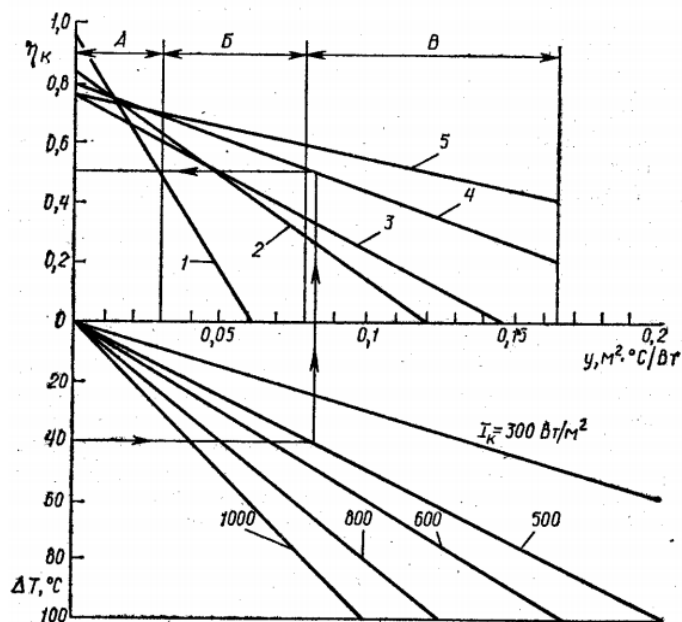


Рисунок 5.4 – Номограма обрахунку ККД колектора:

- 1 - без скління; 2 - одношарове скління; 3 - двошарове скління;
 4 - селективний плоский колектор з одношаровим склінням;
 5 - селективний трубчатий вакуумний колектор.

Важливою складовою в обчисленні ефективності сонячного колектора є врахування тепловтрат в самому колекторі. Це можна розрахувати за наступною формулою:

$$\eta_k = \eta_o - K_k u, \quad (5.2)$$

де η_o – оптичний ККД колектора;

K_k – коефіцієнт тепловтрат колектора;

u – продуктивність колектора, $m^2 \cdot C / Bt$.

Значення тепловтрат (табл. 5.2) найменшим є у вакуумних колекторах, так як це зумовлено конструкцією, а саме наявністю вакуумного прошарку між абсорбером і навколишнім середовищем.

Таблиця 5.2 – Тепловтрати в колекторі

Вид колектора	Оптичний ККД, %	Тепловтрати, $Bt / (m^2 \cdot C)$
Неселективний плоский колектор без скління	0.95	15
Те ж саме з одношаровим склінням	0.85	7
Те ж саме із двошаровим склінням	0.75	5
Селективний плоский колектор із одношаровим склінням	0.8	3.5
Вакуумний скляний трубчатий колектор	0.75	2

5.1 РОЗРАХУНОК СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ

Вхідні дані: вихід сонячної енергії

Листопад -19%; грудень – 13%; січень – 18%; лютий – 32%; березень – 47%

В середньому – 26 %

$$Q_{\text{корисне}} = 13350 \times 0.26 = 3471 \text{ Вт}$$

$J = 300$ - інтенсивність сонячної радіації $\text{Вт}/\text{м}^2$ (зимовий режим роботи теплового насоса);

$F_{\text{ск}}$ – площа системи сонячних колекторів, м^2 ;

$\eta_{\text{ск}}$ – ККД сонячного колектору.

$$\eta_{\text{ск}} = \eta_0 - \frac{k_{\text{пр}} \cdot (\bar{t} - t_{\text{о.с}})}{J}$$

де $k_{\text{пр}}$ - приведений коефіцієнт тепловтрат, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

На основі експериментальних даних:

$k_{\text{пр}} = 4,0 \dots 5,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, для колекторів з двошаровим склінням;

приймаємо $k_{\text{пр}} = 4,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

η_0 – оптичний ККД колектору, приймаємо $\eta_0 = 0,8$ (двошарове скління);

Зима: \bar{t} – середня температура поверхні сонячного колектору, $^\circ\text{C}$; для систем з безпосереднім кипінням агенту 20°C ;

$t_{\text{о.с}}$ – температура довкілля, $^\circ\text{C}$; в даному випадку -10°C ;

J - інтенсивність сумарної сонячної радіації $\text{Вт}/\text{м}^2$.

$$\eta_{\text{ск}} = 0,8 - \frac{4,5 * (20 - (-10))}{300} = 0,35$$

По формулі маємо:

$$F_{\text{ск}} = \frac{Q_{\text{полезн.}}}{J \cdot \eta_{\text{ск}}}$$

Оскільки сприйнята теплота $Q_{\text{полезн.}} = Q_{\text{г}}$ то маємо:

$$F_{\text{ск}} = \frac{3471}{300 * 0,35} = 34 \text{ м}^2$$

Сконструйований елемент плоского сонячного колектора має площу променепоглиняльної поверхні:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$f_{\text{ск}} = 0,8 \cdot 1,3 = 1,04 \text{ м}^2$$

Кількість необхідних секцій :

$$n = \frac{F_{\text{ск}}}{f_{\text{ск}}} = \frac{34}{1,04} = 32,6$$

Округлюючи до більшого парного числа, прийmemo: $n = 34$

6. Системи гарячого водопостачання

На відміну від опалення гаряча вода для побутових потреб потрібна завжди. Це спричинено як і особистою потребою людей, так і слiдуванням деяким нормам та регулюючим правилам. Якщо порiвнювати теплове навантаження на опалення та ГВП, можна виявити, що пiк опалення припадає на найхолоднiшi днi, здебiльшого кiнець сiчня - початок лютого. Лiтом же потреба в опаленнi вiдсутня, як така. Щодо ГВП ми маємо практично незмiнну величину навантаження. Висновком з цього впливає те, що сонце може бути одним iз найкращих претендентiв на джерело вiдновлювальної енергiї. Сонце може постачати енергiї практично цiлий рiк, якщо ми вiдкинемо харнi днi. Величина енергiї яка може бути отримана вiд цього джерела звичайно буде коливатись в залежностi вiд сезону. Це зумовлено змiною положення сонця, а саме його потокiв (променiв) вiдносно адсорбуючої поверхнi (та поверхня яка буде перехiдною ланкою в передачi енергiї вiд джерела до споживача). Пiд змiною положення йдеться змiна кута.

Одним iз найпоширенiших способiв використання сонячної енергiї є використання сонячних колекторiв. Використання саме цих установок допомагає досягнути понад 50% попиту на гарячу воду протягом року. Це означає що деякi днi в лiтку будуть повнiстю покривати теплове навантаження. Зимом ж частка покриття є доволi малою але за сприятливих погодних умов вона може сягати 15%. Цi показники також залежать вiд вибору та компiляцiї системи, що включає не тiльки вибiр най ефективнiших колекторiв, а також правильнo пiдбрана схема, налагодження автоматики, ну i врештi решт монтаж. Пiдбiр матерiалу трубопроводiв, кабелiв, запiрної арматури та насосiв також вiдiграють важливу роль. Врештi решт слiдування

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Пiдпис	Дата		

цих всіх правил не дасть повної енергетичної незалежності, так як завжди будуть присутні тепловтрати, які зумовлені законами термодинаміки. Загально відомо що дані установки повинні мати в своєму озброєнні дублююче джерело теплоти.

Зазвичай дублюючим джерелом є електроенергія, яка застосовується у вигляді електричних догрівачів (тенів), або котел. Так як пік інсоляції протягом дня припадає на середину дня, а це зазвичай не пікові часи споживання, тому широко розповсюджено застосування буферних баків. Ці баки працюють за принципом теплових акумуляторів але на короткий термін. Зазвичай бак розраховується на 1-2 доби. Також існують системи які мають 2 або й і більше баків накопичувачів, які ще називають зони. Перша зона – це зона сонячна (solar), інша – дублююча. Якщо ці дві зони поєднані в одному баку, тобто внизу вмонтований теплообмінник сонячного колектора, а зверху теплообмінник котла, або електричний тен, то такі баки називають бівалентні.

На рис. 6.1 зображена схема геліоустановки на базі сонячного колектора (solarcollector) , бака накопичувача (watertank), котла (boiler). Із схеми видно що у ролі дублюючого джерела представлено котел, отже бак бівалентний.

Способів обв'язки та розташування елементів системи існує безліч типів. Тому дані системи бажано проектувати під конкретні умови індивідуально.

Основними параметрами для проектування є такі параметри:

- Добова витрата гарячої води;
- Кліматична зона;
- Дублююча система;
- Вид існуючої системи ГВП;
- Вид покрівлі даху (області де будуть встановлюватись колектори);

Широкого попиту геліоустановки набули в курортних закладах на півдні України, які розташовані поблизу берегової лінії.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В таблиці 6.1 зображено кількість енергії, яка генерується установкою та яка частка покриття енергопотребі в тепловій енергії протягом року помісячно.

Місяць	Отримана сон. енер. [kWh]	Сонячне випром. [kWh]	Тепло-генер. [kWh]	Частка покриття [%]	ККД [%]
Січень	72	185	327	18	39
Лютий	118	282	263	32	42
Березень	190	426	218	47	45
Квітень	238	507	164	60	47
Травень	307	651	111	74	47
Червень	292	612	112	73	48
Липень	321	656	100	77	49
Серпень	305	619	115	73	49
Вересень	214	435	182	54	49
Жовтень	158	328	247	39	48
Листопад	75	175	316	19	43
Грудень	50	127	334	13	39
Загалом	2340	5003	2489	49	47

Питомий річний вихід енергії

480 kWh/m² (загальна поверхня)

6.1 Розрахунок енергетичних характеристик теплового насосу

Зображення циклу одноступінчастого парокомпресійного теплового насосу у T-S діаграмі представлено на рис. 6.3

Вхідні данні: Загальна кількість $Q_0=13350$ кВт. На енергію сонця 3471 кВт. На тепловий насос $13350 - 3471 = 9879$ кВт

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

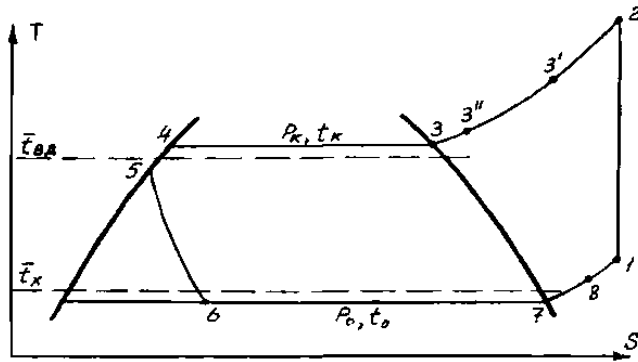


Рисунок 6.3 Цикл одноступінчастого парокompресійного теплового насоса в T-S діаграмі

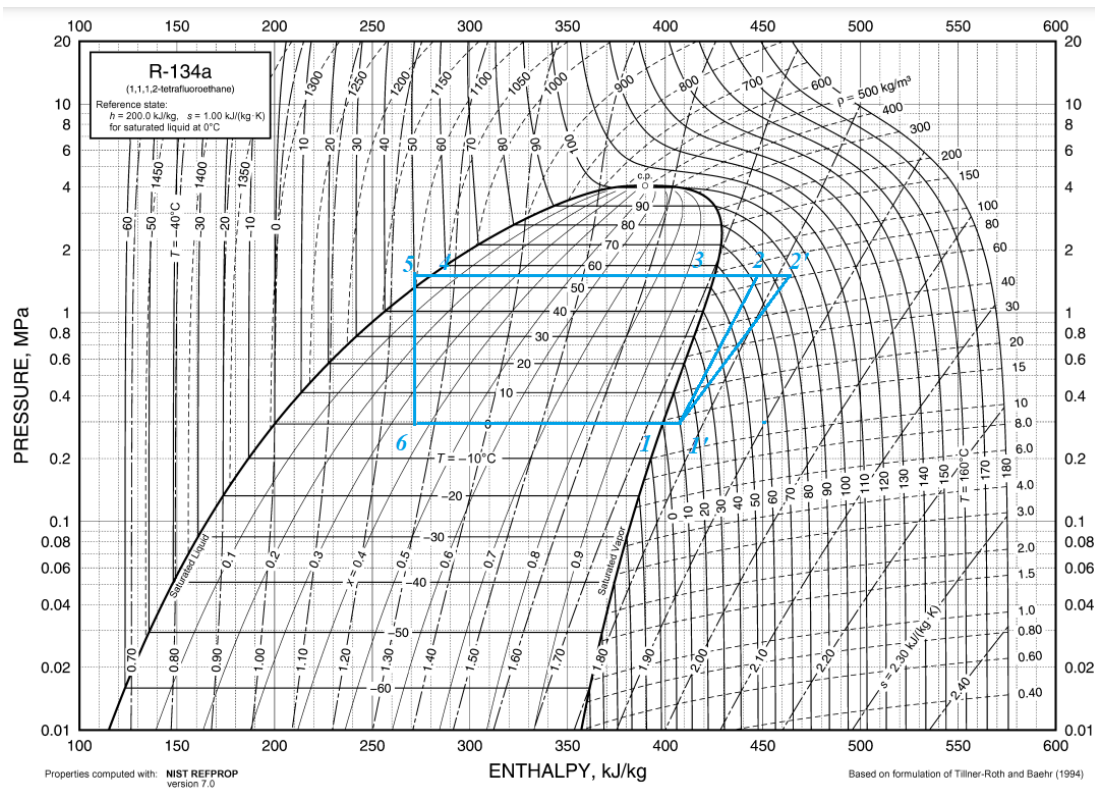


Рисунок 6.4 Зображення циклу теплового насоса в p-h діаграмі для R134a
 Параметри циклу в вузлових точках в табл. 6.2

Таблиця 6.2 Параметри холодильного циклу

Параметри	Од. вим.	Точки						
		1	1'	2	3	4	5	6
Тиск, p	МПа	0,29280	0,29280	1,4915	1,4915	1,4915	1,4915	0,29280

Температура, t	°C	0	10	69,791	55	55	50	0
Ентальпія, h	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	398,60	407,51	443,29	425,15	279,47	271,55	271,55
Об'єм, v	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$		0,07283					

Питомі характеристики циклу теплового насосу.

Питома масова теплопродуктивність:

$$q_0 = h_{1'} - h_5, \quad (6.1)$$

$$q_0 = 407,51 - 271,55 = 135,96 \text{ кДж}$$

Питома об'ємна теплопродуктивність:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1}, \quad (6.2)$$

$$q_v = \frac{135,96}{0,072835} = 18666,7 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Питома адіабатна робота стиснення:

$$l = h_2 - h_{1'}, \quad (6.3)$$

$$l = 443,29 - 407,51 = 35,78 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Питоме тепло, відведене в конденсаторі (питома теплопродуктивність теплового насосу):

$$q_k = h_3 - h_4, \quad (6.4)$$

$$q_k = h_3 - h_4 = 425,15 - 279,47 = 145,68 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right)$$

Масова витрата холодоагента:

$$M_a = \frac{q_0}{q_k}, \quad (6.5)$$

$$M_a = \frac{9,879}{145,68} = 0,0678 \left(\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1, \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right) \quad (6.6)$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0,0678 \times 0,072835 = 0,00494 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda = \lambda_c \times \lambda'_w, \quad (6.7)$$

де:

$$\lambda_c = 1 - c \times \left[\left(\frac{p_k}{p_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (3.8) \quad \lambda'_w = \frac{T_0 + \theta}{\alpha \times T_k + \beta \times \theta}, \quad (6.9)$$

λ_c – коефіцієнт подачі, який враховує вплив «мертвого простору»;

c – відносна величина «мертвого простору». В компресорі приймається $c = 0,03$;

m – показник політропи зворотного розширення з «мертвого простору»;

λ'_w – коефіцієнт, який враховує об'ємні втрати, обумовленні дроселюванням пари в клапанах, підігрів пари від стінок циліндра в процесі всмоктування, перетіканням з порожнини стискування в порожнину всмоктування в результаті внутрішніх нещільностей;

θ – загальний перегрів робочої речовини на всмоктуванні:

$$\theta = t_1 - t_0, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6.10)$$

$$\theta = t_1 - t_0 = 10 - 0 = 10^\circ\text{C}$$

$$\lambda_c = 1 - 0,03 \times \left[\left(\frac{14,91}{2,928} \right)^1 - 1 \right] = 0,877$$

$$\lambda'_w = \frac{273 + 10}{1,12 \times 328 + 0,5 \times 10} = 0,76$$

$$\lambda = 0,877 \times 0,76 = 0,667$$

Теоретична об'ємна продуктивність:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda}, \quad (6.11)$$

$$V_h = \frac{0,00494}{0,667} = 0,0074 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right)$$

Адіабатна потужність компресора:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_a = M_a \cdot l, \quad (6.12)$$

$$N_a = 0,0678 \cdot 35,78 = 2,43 \text{ (кВт)}$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i}, \quad (6.13)$$

де η_i – індикаторний ККД.

$$\eta_i = \lambda'_w + b \times t_0, \quad (6.14)$$

b – коефіцієнт: $b = 0,0025$

$$\eta_i = 0,76 + 0,0025 \times 0 = 0,76$$

$$N_i = \frac{2,43}{0,76} = 3,19 \text{ (кВт)}$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{ітр}, \quad (6.15)$$

де $P_{ітр}$ – середній індикаторний тиск тертя, приймаємо $P_{ітр} = 50$ кПа

$$N_{тр} = 0,0074 \cdot 50 = 0,37 \text{ (кВт)}$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_{тр} + N_i, \quad (6.16)$$

$$N_e = 0,37 + 3,19 = 3,56 \text{ (кВт)}$$

Електрична потужність компресора теплового насоса:

$$N_{ел} = \frac{N_e}{\eta_{ел}}, \text{ (кВт)} \quad (6.17)$$

$$N_{ел} = \frac{3,56}{0,85} = 4,19 \text{ (кВт)}$$

Коефіцієнт перетворення теплового насосу:

$$COP = \frac{Q_k}{N_{ел}} \quad (6.18)$$

$$COP = \frac{9,879}{4,19} = 2,4$$

					КРБ.ЕТгаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розміщене устаткування забезпечує:

- зручність монтажу, обслуговування і ремонт його елементів;
- компактність розташування устаткування, що дозволяє скоротити площу для її установки і протяжність трубопроводів;
- можливість реконструкції і розширення без тривалої зупинки устаткування;
- дотримання вимог техніки безпеки і протипожежного захисту.
- Допускається установка апаратів біля перегородок без наявності проходів у випадку, якщо немає необхідності обслуговування апаратів з боку перегородки. Між ізольованими апаратами і перегородкою слід залишати відстань, необхідну для установки теплової ізоляції.

Всі посудини, що працюють під тиском, до їх пуску в роботу мають бути зареєстровані в органах Держтехнагляду і відповідати розробленим Правилам пристрою і безпечної експлуатації посудин, працюючих – технічному огляду (внутрішній огляд і гідравлічне випробування) до пуску в роботу, періодично і достроково.

Посудини, на які поширюються дії Правил, повинні піддаватися технічним оглядам: внутрішньому огляду і гідравлічним випробуванням (дня знов встановлених судин перед пуском в роботу), внутрішньому огляду в процесі експлуатації – не рідше за один раз в 2 роки, гідравлічним випробуванням один раз в 8 років.

На посудини, що знаходяться в експлуатації, наносять фарбою (або прикріплюють табличку) наступні дані: реєстраційний номер, дозволений тиск, дата (місяць і рік) наступного внутрішнього огляду і гідравлічного випробування.

Роботи по проведенню огляду відносять до особливо небезпечних, оскільки при розтині апарату перед внутрішнім оглядом може статися витік холодоагента, а при пневматичному випробуванні – розрив апарату. Перед проведенням огляду начальник цеху оформляє наряд-допуск, в якому вказує заходи безпеки, особу, відповідальну за виконання роботи, час і місце проведення робіт, особливі умови і термін дії наряду-допуску.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При пневматичних випробуваннях приймають наступні заходи безпеки:

- припиняють роботу холодильної установки;
- місце випробування захищають і вивішують попереджувальні написи;
- персонал віддаляється в безпечні місця;
- не допускають знаходження сторонніх осіб при випробуванні;
- двері і вікна в приміщенні, де випробовують апарат, відчиняють, приміщення перед випробуванням вентилують;
- не допускають різкого підвищення або зниження тиску в апараті;
- КІП, клапани і замкову арматуру виводять за межі приміщення і розміщують за захисним екраном.

Розрахунок і підбір запобіжного клапана.

Запобіжні клапани установок, що містять фреони, повинні мати відвідні труби для випуску холодоагента назовні. Установка замкових органів на відвідних трубах не допускається.

Пропускна спроможність запобіжного клапана вибирається так, щоб в посудині не міг створитися тиск, що перевищує робочий тиск на 15% (максимальний тиск в системі — тиск конденсації, $p_k = 1,95$ МПа).

Справність клапанів перевіряють не рідше за 1 раз в 6 міс. Після перевірки і регулювання клапани пломбують із складанням акту. Несправні запобіжні клапани негайно замінюють справними.

Мінімальна площа перетину запобіжного клапана:

$$F = \frac{G_g}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot p_{сер} \cdot (P_1 - P_2)}} \text{ м}^2 \quad (6.1)$$

де G_g – масова витрата пари холодильного агента, кг/с; $G_g = 2,15$ кг/с;

$\mu = 0,75$ – коефіцієнт витрати пари для даної конструкції клапана (визначений виготівником клапана експериментально і записаний в паспорт

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клапана);

$\rho_{сер}$ – щільність середовища при тиску P_1 ; $\rho_{сер}=105 \text{ кг/м}^3$;

P_1, P_2 – відповідно максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за клапаном, $P_1 = 1,95 \text{ МПа}$; $P_2 = 0,1013 \text{ МПа}$;

B – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості речовини при робочих параметрах:

$$B = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}} = 1,59 \cdot \sqrt{\frac{1,15}{1,15+1} \cdot \left(\frac{2}{1,15+1}\right)^{\frac{1}{1,15-1}}} = 9,09 \quad (6.2)$$

k – показник адіабати, $k = 1,15$;

$$F = \frac{2,15}{0,75 \cdot 0,909 \sqrt{2 \cdot 105(19,5 - 1,013) \cdot 10^5}} = 16,01 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Визначимо мінімальний діаметр прохідного перетину сідла клапана:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16,01 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 1,43 \cdot 10^{-2} \text{ м.} \quad (10.3)$$

Електробезпека в приміщенні у.

Найважливішим аспектом електробезпеки є хороше заземлення.

Заземлення в даному проекті штучні. Уземлюваний пристрій в установках розраховую так, щоб система заземлення мала опір менше 4 Ом. У цехових установках перевірка заземлення проводиться не рідше, ніж 1 раз на рік. Для розрахунку приймаємо контурне заземлення.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту:

$$\rho_{зр} = \rho_p \cdot \psi \quad \text{Ом/м} \quad (6.4)$$

де ρ_p – питомий опір, Ом/м; $\rho_p = 30 \text{ Ом/м}$;

ψ – кліматичний коефіцієнт, $\psi = 1,3 \text{ Ом/м}$;

$$\rho_{зр} = 30 \cdot 1,3 = 39.$$

Приймаємо у якості електродів сталеві вертикальні труби: діаметр стрижня $d = 0,04 \text{ м}$, довжина стрижня $l = 3 \text{ м}$, відстань між стрижнями $l' = 9 \text{ м}$.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань від середини стрижня до рівня землі:

$$t = \frac{l}{2} + t_0 \text{ м (6.5)}$$

де t_0 – відстань від вершини стрижня до рівня землі, м; приймаємо $t_0 = 0,6$ м;

$$t = \frac{3}{2} + 0,6 = 2,1 \text{ м.}$$

Розраховуємо опір одного вертикального uzемлювача:

$$R_0 = \frac{P_{zp}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) + \frac{l}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l}\right) \right] \text{ Ом. (6.6)}$$

$$R_0 = \frac{39}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln\left(\frac{2 \cdot 3}{0,04}\right) + \frac{3}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3}\right) \right] = 12,69 \text{ Ом.}$$

Мінімальна кількість uzемлювачів:

$$n = \frac{R_0}{R_{необ}} \text{ (6.7)}$$

де $R_{необ}$ – необхідний опір, Ом; $R_{необ} = 4,0$ Ом;

$$n = \frac{12,69}{4} = 3,17$$

Приймаємо $n = 4$.

Відношення відстані між стрижнями до довжини стрижня:

$$\frac{l'}{l} = \frac{9}{3} = 3 \text{ (6.8)}$$

Опір системи вертикальних стрижневих uzемлювачів:

$$R_{cy} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_e} \text{ (6.9)}$$

де $\eta_e = 0,85$ – коефіцієнт використання вертикальних стрижневих uzемлювачів;

$$R_{cy} = \frac{12,69}{4 \cdot 0,85} = 3,73 \text{ Ом.}$$

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна довжина сполучної смуги (контурне заземлення):

$$l_{см} = l \cdot n = 9 \cdot 4 = 36 \text{ м. (6.10)}$$

Визначимо опір розтікання струму сполучної смуги:

$$R_{см} = \frac{\rho_{сп}}{2 \cdot \pi \cdot \eta_e} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{b \cdot t_0} \text{ Ом (6.11)}$$

де b – ширина сполучної смуги, м; $b = 0,025$ м;

$$R_{см} = \frac{39}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,92} \cdot \ln \frac{2 \cdot 36^2}{0,025 \cdot 0,6} = 81,41 \text{ Ом.}$$

Загальний опір системи заземлення дорівнює:

$$R_c = \frac{R_{см} \cdot R_{cy}}{R_{см} + R_{cy}} \text{ Ом. (6.12)}$$

$$R_c = \frac{81,41 \cdot 3,73}{81,41 + 3,73} = 3,57 \text{ Ом.}$$

Противопожежні вимоги до конструкції будівлі і міра його вогнестійкості.

Основні конструкції будівлі, в якій розміщуватиметься проектувана ТНУ, відповідно до СНіП 2.01.02-85 мають бути II міри вогнестійкості з неспалимих матеріалів (міра вогнестійкості несних стін, сходових кліток, колон – не менше 2 годин; сходових майданчиків і так далі – не менше 1 години; перегородок зовнішніх стін з навісних панелей і покриттів – не менше 0,25 години).

Для захисту будівель і споруд від поширення пожежі на весь об'єкт (при його виникненні на якій-небудь ділянці) передбачають протипожежні перешкоди. До таких перешкод відносяться протипожежні стіни, перегородки, перекриття та ін. Поширення вогню допускається лише по конструкціях перегородок на величину не більше 40 см.

Також в приміщенні є засоби пожежної сигналізації. Надійний пожежний зв'язок і сигналізація грають важливу роль в своєчасному виявленні пожежі і виклику пожежних підрозділів до місця пожежі.

За призначенням пожежі зв'язок розділяється на три види:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зв'язок сповіщення, призначений для виклику пожежних частин (команд) на пожежу;
- диспетчерська, призначена для повсякденного керівництва и керування пожежною охороною;
- зв'язок на пожежі, призначений для керівництва пожежними підрозділами при гасінні пожеж.

Електричну пожежну сигналізацію складають встановлені на ділянках і цехах підприємства сповісники, за допомогою яких сигнал передається на пункт зв'язку, пожежній частині. Пожежні сповісники можуть бути ручної дії і автоматичними. Вони діляться на теплові, димові, світлові, комбіновані і ультразвукові.

У якості засобів пожежогасіння на даній ТНУ можна рекомендувати вогнегасники, вживані для гасіння спалаху на автотранспортних засобах. Малі габарити, доступність і достатня підйомність дозволять в разі спалаху установки за короткі терміни усунути вогнище пожежі.

Приймаємо у якості основного вуглекислотнийброметиловий вогнегасник типу ОУ-5. У якості заряду в ньому використовується зріджений діоксид вуглецю. Подібним вогнегасником можна гасити різні речовини, що горять, і устаткування, що знаходиться під напругою.

Слід розташовувати декілька вогнегасників біля вірогідних вогнищ спалаху пожежі:

- один вогнегасник біля щита автоматики і управління;
- два вогнегасника біля самої установки в досяжному місці.

Так само слід обладнати щит для пожежогасіння:

- ящик з піском (1 шт.);
- щільне полотно (войлок, асбест);
- лом (2 шт.);
- багор (2 шт.);
- сокира (2 шт.).

Щит слід розташовувати так, щоб в разі виникнення вогню, він був досяжний і не піддався займанню.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робимо розрахунок ємності пожежного резервуару для гасіння пожежі на виробничому підприємстві.

Долікарська допомога потерпілому.

У всіх випадках отруєння вдихати кисень (протягом 30 – 45 хвилин) і зігрівати хворого грілками. У разі потреби давати вдихати з ватки нашатирний спирт.

При роздратуванні слизистої оболонки рекомендується полоскати горло і промивати ніс 2%–м розчином соди або водою. Незалежно від стану потерпілого, він має бути відправлений до лікаря. При ядусі і кашлі хворого слід транспортувати лежачи.

Долікарська допомога потерпілому від електричного струму складається з двох послідовних етапів. Перш за все, необхідно швидко потерпілого звільнити від дії струму, потім негайно приступити до надання йому медичної допомоги; одночасно викликають лікаря.

Звільнення потерпілого від дії струму. Звільнити потерпілого від дії струму можна декількома способами. Найбільш простий спосіб – відключення відповідної частини електроустановки.

Аби відірвати потерпілого від струмопровідних частин, можна взятися за його одяг, якщо він сухий. При необхідності, щоб доторкнутися до тіла потерпілого, необхідно спочатку надіти на руки діелектричні рукавички або обмотати їх сухим одягом.

Відкинути дрiт, якого торкається потерпілий, можна за допомогою сухої дерев'яної палиці, дошки і інших подібних предметів.

Заходи першої медичної допомоги потерпілому залежать від його стану. Якщо потерпілий в свідомості, але до цього був в непритомності або нетривалий час знаходився під дією струму, йому необхідно створити повний спокій до прибуття лікаря і забезпечити подальше спостереження протягом 2 – 3 г; при неможливості швидко викликати лікаря треба терміново доставити потерпілого до лікувальної установи. За відсутності свідомості, але збереженому диханні, слід укласти потерпілого на м'яку підстилку, розстебнути пояс і одяг, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт, оббризкувати обличчя водою, розтирати і зігрівати тіло. Якщо потерпілий дихає насилу – дуже рідко і судорожно, необхідно робити штучне дихання і масаж серця. За відсутності ознак життя, тобто за відсутності дихання, серцебиття, пульсу, не можна вважати

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потерпілого мертвим, оскільки смерть часто буває такою, що лише здається. В цьому випадку також треба робити штучне дихання і масаж серця, які виконують до відновлення діяльності серця і дихання, в усякому разі, продовжують їх до прибуття медичної допомоги. Лише лікар має право констатувати смерть.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

8.1 Захист приладів, апаратури і системи енергоживлення централізованої ТНУ від дії електромагнітного імпульсу ядерного вибуху

Електромагнітний імпульс – один з чинників ядерного вибуху за своєю природою є електромагнітним випромінюванням у вигляді могутнього короткого імпульсу, що вражає електричну і електронну апаратуру.

Виникає ЕМІ в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання, що утворюється під час вибуху, з атомами навколишнього середовища.

При взаємодії гамма-квантів з атомами середовища останнім повідомляється імпульс енергії, невелика частка якої витрачається на іонізацію атомів, а основна – на повідомлення поступальної ходи електронам і іонам, що утворилися в результаті іонізації. При цьому в просторі на деякий час відбувається розділення позитивних і негативних зарядів.

Унаслідок того, що щільність повітря в атмосфері зменшується з висотою, в області, що оточує місце вибуху, виходить асиметрія в розподілі електричного заряду (поток електронів). Асиметрія потоку електронів може виникнути також із-за несиметричності самого потоку гамма-квантів зважаючи на різну товщину оболонки бомби і інших чинників.

Несиметричність електричного заряду (поток електронів) в місці вибуху в повітрі викликає імпульс струму. Він випромінює електромагнітну енергію так само, як і проходження його у випромінюючій антені.

Основними параметрами ЕМІ, що визначають що вражає дію, є характер зміни напруженості електричного і магнітного полів в часі – форма імпульсу і максимальна напруженість поля – амплітуда імпульсу.

Основна частина енергії ЕМІ доводиться на частоти до 30 кГц.

8.2 Характер дії ЕМІ на електричну частину ТНУ

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЕМІ здатний викликати могутні імпульси струмів і напруги в проводах і кабелях повітряних і підземних ліній електропередачі, сигналізації, управління і т.п.

Дія ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з відкритими проводами, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, звично без необоротних змін. Отже, вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електричних і електронних систем. Особливістю ЕМІ як вражаючого чинника є його здатність розповсюджуватися на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціям (мережам електро- і водопостачання, дротяному зв'язку і т. п.). Тому ЕМІ може надати дію там, де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають своє значення як що вражають чинники.

При наземних і низьких повітряних вибухах в зоні радіусом в декілька кілометрів від місця вибуху, в лініях зв'язку і електропостачання виникає напруга, яка може викликати пробій ізоляції проводів і кабелів щодо землі, а також пробій ізоляції елементів апаратури і пристроїв, підключеної до повітряних і підземних ліній.

Ступінь пошкодження залежить в основному від амплітуди наведеного імпульсу напруги або струму і електричної міцності устаткування. Найбільш схильні до дії ЕМІ системи сигналізації, управління і зв'язки. Вживані в цих системах кабелі і апаратура мають граничну електричну міцність не більше 10 кВ імпульсної напруги, тоді як імпульси напруги від ЕМІ ядерного вибуху, що наводяться, можуть перевищувати ці значення.

Людина наражається на небезпеку в районі дії ЕМІ тільки у разі безпосереднього контакту із струмопровідними предметами.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

8.3 Методи захисту від дії ЕМІ

Головне завдання захисних пристроїв від ЕМІ – виключити доступ наведених струмів до чутливих вузлів і елементів устаткування, що захищається.

Проблема захисту від ЕМІ ускладнюється тим, що імпульс протікає приблизно в 50 разів швидше, ніж, наприклад, розряд блискавки, і тому прості газові розрядники в даному випадку малоефективні.

У кожному конкретному випадку повинні бути знайдені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електричних і електронних елементів.

Серед цих методів найбільш поширені:

- екранування;
- оптимальне просторове розміщення і заземлення окремих частин системи;
- застосування пристроїв, що перешкоджають перенапруженню в найбільш критичних місцях.

8.4 Оцінка стійкості роботи холодильного логістично-складського комплексу до дії ЕМІ

Будівля розташована на відстані 6 км. від вірогідної точки прицілювання $R_r = 6$ км.; очікувана потужність боєприпасів $q = 1000$ кт; вибух наземний, вірогідне максимальне відхилення боєприпасів від крапки прицілювання $r_{отк} = 0,6$ км.; у приміщенні лабораторії встановлена електронна контрольно-вимірювальна апаратура і прилади автоматики для проведення необхідних досліджень.

Елементи, схильні дії ЕМІ: система програмного управління лабораторним стендом даного дипломного проекту, що складається з пульта управління і розводящій мережі. Пульт управління виконаний на мікросхемах, які мають струмопровідні елементи заввишки 0,05 м. Робоча напруга мікросхем $U_1 = 12$ В. Живлення від загальної мережі напругою 220В через

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трансформатор. Допустимі коливання напруги $\pm 15\%$. Розводяща мережу має горизонтальну лінію $l_1 = 50$ м і вертикальні відгалуження висотою $l_2 = 2$ м до різних споживачів. Робоча напруга $U_2 = 220$ В. Допустиме коливання напруги $\pm 15\%$. Коефіцієнт екранування системи $\eta = 2$.

1. Визначаємо можливу мінімальну відстань від центру вибуху до механічного цеху:

$$R_x = R_r - r_{\text{отк}} = 6,0 - 0,6 = 5,4 \text{ км.} \quad (8.1)$$

2. Розраховуємо очікувані на об'єкті максимальні значення вертикальної E_v і горизонтальної E_r складових напруженості електричного поля:

$$E_v = 5 \cdot 10^3 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot R_x)}{R_x^3} \lg 14,5 \cdot q = 5 \cdot 10^3 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot 5,4)}{5,4^3} \lg 14,5 \cdot 1000 = 1580 \text{ В/м} \quad (8.2)$$

$$E_r = 10 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot R_x)}{R_x^3} \lg 14,5 \cdot q = 10 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot 5,4)}{5,4^3} \lg 14,5 \cdot 1000 = 3,2 \text{ В/м} \quad (8.3)$$

3. Визначаємо максимальну очікувану напругу наведень в системі програмного управління стендом:

– в розвідній електромережі

$$U_r = \frac{E_r \cdot l}{\eta} = \frac{3,2 \cdot 50}{2} = 76 \text{ В} \quad (8.4)$$

$$U_{v1} = \frac{E_v \cdot l_1}{\eta} = \frac{1580 \cdot 2,0}{2} = 1580 \text{ В} \quad (8.5)$$

– в пульті управління

$$U_{v2} = \frac{E_v \cdot l_2}{\eta} = \frac{1580 \cdot 0,05}{2} = 40 \text{ В} \quad (8.6)$$

4. Визначаємо допустиму напругу наведень:

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– в пульті управління

$$U_{д1} = 1,15 \cdot U_1 = 1,15 \cdot 12 = 13,8 \text{ В} \quad (8.7)$$

– в розвідній електромережі

$$U_{д2} = 1,15 \cdot U_2 = 1,15 \cdot 220 = 253 \text{ В} \quad (8.8)$$

5. Одержані дані записуємо в таблицю і аналізуємо результати оцінки.

Таблиця 8.1 Результати оцінки стійкості будівлі до дії ЕМІ наземного ядерного вибуху

Елементи	Допустима напруга наведень $U_{д} \text{ У}$	Напруженість електричних полів, В/м		Напруга, що наводиться, в струмопровідних елементах, В		Результати дії
		$E_{в}$	$E_{г}$	$U_{в}$	$U_{г}$	
Система програмного управління експериментальним стендом						
Пульт управління	13,8	1580	3,2	40	–	Може вийти з ладу
Розвідна електромере жа	253	1580	3,2	1580	76	Може вийти з ладу вертикальної складової електричного поля

9. Економічна частина

В інтернеті була знайдена інформація по об'єкту, який дуже близьки до нашого будинку. Це офіс площею 212 кв.м, який потребує 13800 кВт для системи опалення. Сучасні системи теплозабезпечення набувають все більшої популярності. Серед них найефективнішими є теплові насоси - актуальні джерела тепла, які за останні десятиріччя закріпили за собою статус досконалих енергоефективних та екологічних систем, працюючих на опалення, кондиціонування повітря та навіть на нагрів води. Споживач буде менше платити за опалення, використовуючи саме тепловий насос, адже він здатен економити приблизно 15-30 тисячах гривень за опалювальний сезон. І це не просто слова, давайте розглянемо застосування ТН на прикладі двох об'єктів: перший — нежитловий (офіс), другий - житловий будинок



Рис. 9.1 Використання центрального опалення та теплового насоса



Рис. 9.2 Використання для опалення електричного та газового котлів

Опис об'єкта: Характеристики приміщення — площа 212 кв.м, знаходиться на першому поверсі 25 поверхового будинку в місті Києві, другий поверх опалюється, підвал не опалюється. Встановлене джерело опалення — тепловий насос DAIKIN Altherma потужністю 14 кВт, в офісі передбачена радіаторна система опалення. Температура теплоносія в радіаторах не перевищує 55°C. Система працює три роки. Тепловтрати по приміщенню складають близько 52 Вт на м2. Розрахункова температура в приміщенні — не більше 21°C. Для, прикладу цей офіс можна було опалювати наступними методами: Електричний котел — розрахункова потужність не менше 14 кВт/год. Газовий котел — розрахункова потужність не менше 14 кВт/год. Це теоретичний варіант, оскільки в нашому випадку до будинку газ не підведений. Центральне опалення — ідеальний варіант при встановленні лічильника тепла. Децентралізоване електричне опалення (тобто електричні конвектори або керамічні панелі). Тож чому було обрано найдорожчий варіант? Відповідь проста — це єдине джерело опалення, яке буде кожного року економити грошові кошти. І тепловий насос, незважаючи на його теплову потужність, в своєму піці споживає електроенергії не більше 4 кВт/год. До, прикладу електричний котел буде споживати в піці 14 кВт/год. Те ж саме стосується і децентралізованого електричного опалення. Слід зазначити, що тепловий насос оснащено резервним електричним нагрівачем, який підключається тільки в разі, коли на вулиці критичні мінусові температури нижче ніж мінус 25°C. В нашому випадку резервний нагрівальний елемент не підключено, оскільки потужності теплового насоса вистачає, а температури нижче ніж -25°C в м.Києві бувають не часто а навідь

рідко.

Таблиця 9.1 – Навантаження на систему опалення та гарячого водопостачання по місяцях з використанням теплового насоса (геотермальна енерія)

Місяць	Середні температур и навколишнього повітря, °С	Кількість днів опалювання в місяці	Середньодобове навантаження на систему опалення , кВт	Витрати теплоти на опалення за місяць, кВт·год	Витрати електроенергії на опалення за місяць, кВт·год
Січень	-2.8	31	7,61	236	98
Лютий	-1.6	28	7,21	202	84
Березень	1.6	31	6,14	190	79
Квітень	5.8	15	4.74	71	30
Травень	9.7	-	-	-	-
Червень	14.2	-	-	-	-
Липень	25.1	-	-	-	-
Серпень	25.6	-	-	-	-
Вересень	19.4	-	-	-	-
Жовтень	10.8	15	3,07	46	19
Листопад	5.3	30	4,9	147	61
Грудень	0.5	31	6,51	202	84
Сумарні витрати енергії				947	395

Таблиця 9.2 – Навантаження на систему опалення та гарячого водопостачання по місяцях з використанням теплового насоса та енергія сонця

Місяць	Середні температури навколишнього повітря, °С/ Отримана сонячна енергія, кВт	Кількість днів опалювання в місяці	Середньодобове навантаження на систему опалення -отримана сонячна енергія, кВт	Витрати теплоти на опалення за місяць, кВт·год	Витрати електроенергії на опалення за місяць, кВт·год
Січень	-2.8/72	31	7,61- 0.33	226	94
Лютий	-1.6/118	28	7,21- 0.52	187	78
Березень	1.6/190	31	6,14- 0.87	163	68
Квітень	5.8/238	15	4,74- 2.2	3	1
Травень	9.7/307	-	-	-	-
Червень	14.2/292	-	-	-	-
Липень	25.1/321	-	-	-	-
Серпень	25.6/305	-	-	-	-
Вересень	19.4/214	-	-	-	-
Жовтень	10.8/158	15	3,07- 1.5	24	10
Листопад	5.3/75	30	4,9- 0.4	135	56
Грудень	0.5/50	31	6,51-0.3	193	80
Сумарні витрати енергії				931	380

Максимальне навантаження складає 13350 кВт при температурі повітря - 21 град С. В таблицях представлені табульовані значення відповідно температур повітря з урахуванням коефіцієнт перетворення теплового насосу COP =2.7; градиенту температур : $Q_i = F \cdot (t_p - t_{ext})$, та вихід сонячної енергії, представлений в таблиці 9.3. Площа сонячного колектора складає 34 кв.м.

Для розрахунку потужності насоса для сонячного колектора були використані наступні формули:

$$\text{Витрата води через колектор: } G_w = \frac{Q_k}{c_w \cdot \Delta t_w}$$

$$c_w = 4,19; \quad \Delta t_w = 4 \text{ гр. С}$$

Корисна потужність насоса
 $N = \rho g H_n Q$, кВт.

Потужність насоса
 $N_{номр} = \frac{N}{\eta_n}$ кВт.

Потужність двигуна насоса
 $N_{агр} = K \frac{N_{номр}}{\eta_{\varepsilon} \cdot \eta_n}$ кВт.

Таблиця 9.3. Порівняння різних систем опалення

Системи опалення Показники	Центральне опалення	Тепловий насос	Газовий котел	Електричний котел
Економічність, грн.	32668	Економія 15000 – 30000 грн. за опалювальний сезон	35259	38964
Початкові витрати, долари	2000 -3000 На обладнання з монтажем	5000 - 8000 На обладнання з монтажем	3000 -3500 На обладнання з монтажем	2000 -3000 На обладнання з монтажем
Екологічність	Викиди в атмосферу від згорання різних видів палива	Найекологічна система опалення на сьогоднішній день	Сучасні газові котли мають більш високу екологічну безпеку	Електричний котел використовує приблизно втричі більше електроенергії в порівнянні з тепловим насосом
Простота використання	Не потребує налаштувань при зміні температури за вікном	Зручний в використанні завдяки Wi-Fi управлінню	Комфортна температура в приміщені завдяки терморегулятора	Налаштування температури за допомогою терморегулятора

Список використаної літератури

1. Арсеньев В.М., Мелейчук С.С. Теплові насоси: Основи теорії і розрахунку – Суми.: Сумський державний університет, 2018. – 364 с.
2. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : Підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський. - 3-тє вид. – К.: Каравела, 2006. – 392 с.
3. Драганов Б. Х. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем: Підручник / Б.Х. Драганова; В.В. Іщенко, О.В. Шеліманова. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 230 с.
4. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Зацарний / – К.: Каравела, 2005. – 344 с.
5. Оптимізація й прогнозування ефективності рідинних сонячних колекторів у складі систем гарячого водопостачання / О. В. Дорошенко, В. Ф. Халак, Ю. І. Дем'яненко // Холодильна техніка та технологія. — 2020. — Т. 56, № 1-2. — С. 37-43 : рис., табл. — Бібліогр. : 13 назв.
6. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання: монографія / С. Й. Ткаченко, О. П. Остапенко. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 176 с.
7. Подмазко О.С. Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184 с.
8. Подмазко О.С. Автоматизація систем нетрадиційної енергетики. Прибори автоматики, електронні контролери та схеми автоматизації [Електронний ресурс] : метод. вказівки / О. С. Подмазко ; Каф. екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 34 с.
9. Подмазко О.С. Процеси та елементна база систем нетрадиційної енергетики [Електронний ресурс] : метод. вказівки використання теплового насоса в системах нетрадиційної енергетики / О. С. Подмазко ; Каф. термодинаміки та відновлюваної енергетики. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 46 с.
10. Подмазко О.С. Процеси та елементна база систем нетрадиційної енергетики [Електронний ресурс] : метод. вказівки до курсового проектування / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. термодинаміки та відновлюваної енергетики. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 14 с.
11. Подмазко О.С. Процеси та елементна база систем нетрадиційної енергетики [Електронний ресурс] : метод. вказівки по розрахунку тепло припливів / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. термодинаміки та відновлюваної енергетики. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 28 с.
12. Семенюк Д.П., Петренко О.В. Холодильне обладнання: / - Київ, 2021. + 633 с.
13. Колесов Л. В. Основи автоматики / Л. В. Колесов. – 2-е вид. – К.: Каравела, 1984. – 168 с.
14. Шваб Л. І. Економіка підприємства : Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Л. І. Шваб. - 2-е вид. – К.: Каравела, 2005. – 568 с.
15. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

					КРБ.ЕТтаПЕ.1.119-03.1.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78