МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

«ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В ЖИТЛОВІЙ ФОНД»

Виконав: студент **II** курсу,
групи НФ-62
Лихацький Володимир Олегович
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Керівник: к.т.н., доцент Казарова І.О.

Рецензент:

Харків - 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. авідувача кафедри

_____ **Ольга ЛІСІНА**

"____" _____2021року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Лихацькому Володимиру Олеговичу

1. Тема роботи: «дослідження принципів впровадження теплових насосів в житловий фонд»

керівник роботи__ Казарова Інна Олександрівна, к. т. н.,_ доц.___ __

затверджені наказом по університету від "30" вересня 2021 року №0210-05/1959

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити:
Аналіз факторів що обумовлюють огляд теплових насосів як ефективного джерела теплозабезпечення. Теплопостачання житлових будинків при використанні низькопотенційної енергії в випадку використання теплових насосів. Перспективи впровадження високотемпературних теплових насосів в багатоквартирних будинках разом з централізованою системою теплопостачання. Потенціал низькотемпературної теплової енергії. Огляд питань що обмежують впровадження теплових насосів.

4. План роботи

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

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Володимир ЛИХАЦЬКИЙ

Керівник роботи_____ Інна КАЗАРОВА

РЕФЕРАТ

Лихацький Володимир Олегович «Дослідження принципів впровадження теплових насосів в житловій фонд» (випускна робота магістра) – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021 – 71с.

Сама робота має 4 основні розділу, вступ, висновок, та 13 підрозділів. Також в роботі задіяно 22 зображення, та 5 таблиць, також має список посилань та використаних джерел з 33 найменувань.

В даній роботі було проведено аналіз факторів які впливають на вибір теплового насосу як енергоефективного теплопостачання, розібрано типи теплових насосів. Розглянуто потенціал низькотемпературної теплової енергії, високотемпературні теплові насоси, та види високотемпературних теплових насосів. Інтеграція теплових насосів в систему опалення будинку, розглянули проектну схему теплопостачання будівлі від теплових насосів. Провели аналіз та огляд питань що обмежують впровадження теплових насосів.

Ключові слова: тепловий насос, високотемпературний тепловий насос, джерело теплозабезпечення, низькотемпературна енергія, централізована система теплопостачання, водопостачання.

ABSTRACT

Lykhatsky Volodymyr Olehovych "Study of the principles of introduction of heat pumps in the housing stock" (master's thesis) - Kharkiv: KhNU named after VN Karazina, 2021 - 71p.

The work itself has 4 main sections, introduction, conclusion, and 13 sections. The work also involves 22 images and 5 tables, also has a list of references and sources used with 33 names.

In this work the analysis of the factors influencing the choice of the heat pump as energy-efficient heat supply was carried out, the types of heat pumps are analyzed. The potential of low-temperature heat energy, high-temperature heat pumps, and types of high-temperature heat pumps are considered. Integration of heat pumps into the heating system of the house, considered the design scheme of heat supply of the building from heat pumps. Conducted analysis and review of issues limiting the implementation of heat pumps.

Key words: heat pump, high-temperature heat pump, heat supply source, low-temperature energy, centralized heat supply system, water supply.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРИВІАТУР

ТН – тепловий насос

ГК – грунтовый колектор

ТРП – теплообмінник з рекуперацією повітря

ДНТ – джерело низькопотенційного тепла

ТО - теплообмінник

ЗМІСТ

ВСТУП……...……...9

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ЯК ЕФЕКТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ……..…12

1.1. Теплові насоси як ефективне джерело теплозабезпечення……..…...…...12

1.2. Структура, принцип роботи та типи теплових насосів…...……...……..15

1.3. Аналіз основних факторів для огляду ТН як ефективного джерела теплозабезпечення……..…….……37

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ НАСОСИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ В ВИПАДКУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ……...40

2.1 Потенціал низькотемпературної теплової енергії.…….……40

2.2 Високотемпературні теплові насоси……...…….……45

2.3 Види високотемпературних теплових насосів……48

РОЗДІЛ 3. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ РАЗОМ З ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ……...……54

3.1 Інтеграція теплових насосів в систему опалення будинку…...…..…….54

3.2 Проектна схема теплопостачання будівлі від теплових насосів…..……...64

РОЗДІЛ 4. ОГЛЯД ПИТАНЬ ЩО ОБМЕЖУЮТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ……...…..68

4.1 Залежність вибору теплового насосу від типу будівлі……68

4.2 Вибір типу роботи теплового насосу для дому……..……..71

4.3 Розробка теплопостачання від теплового насосу……72

4.4 Вибір теплового насосу з економічної точки зору……...76

4.5 Узагальнення питань що обмежують впровадження теплових насосів….77

ВИСНОВОК……...80

ВСТУП

З урахуванням тенденцій сучасного світу, альтернативна енергетика стрімко розвивається.

Теплові насоси наприклад завжди були представлені як агрегат для кондиціонування повітря, чи підтримки оптимальної температури. Але з часом напрям використання ТН змінився в майже іншу сторону. ТН почали використовувати в більшості для обігріву чим для охолодження. Така різка зміна напряму використання ТН зумовлена різними факторами, такими як:

- Забруднення повітря, зумовлене викликанням парникового ефекту від традиційних систем опалення;
- Пошуки альтернативного способу опалення замість традиційних які базуються на спалюванні викопного палива;
- Мінімально шкідливий вплив ТН на середовище завдяки розробки нових холодоагентів.

В цілому саме завдяки першим двом факторам почав стрімко зростати інтерес до альтернативної енергетики. Але по при всі переваги альтернативна енергетика сьогодні не може ще повністю замінити нам традиційну. Якщо брати до уваги саме ТН то потрібно розуміти що є багато факторів, які впливають на їх енергоефективність. Одним з таких факторів є розташування місця для ТН з урахуванням його типу.

Якщо розглянути основні джерела низькопотенційної енергії для ТН, то це вода, повітря, ґрунт та стічні води. І спираючись саме на джерело низькопотенційної енергії можливо визначити найбільш енергоефективний та фінансово вигідний тип теплового насосу.

Також важливу роль в підпорі теплового насосу грає сама будівля, дані її тепловтрати та розміри дому. Якщо у нас є дані про тепловтрати та характеристики дому, то підібрати найбільш енергоефективний та якісний тепловий насос буде набагато простіше та надійніше.

Є ще такий важливий пункт як вплив навколишнього середовища, тобто клімату регіону. Звісно якщо встановлювати ТН в біль холодних країнах ніж наприклад Україна. То будуть виникати труднощі що з установкою ТН, що с підбором типу теплового насосу що з його потужністю.

Актуальність роботи в час активного розвитку альтернативної енергетики та вичерпність викопних палив, зі зростом цін на нього не викликає жодних сумнівів. Якщо ми вивчаємо варіанти нагріву і охолодження для нового будинку або шукаємо способи зменшити наші рахунки за електроенергію в старому, ми можемо розглянути тепловий насос як повноцінне опалення, чи для інтеграції до уже готової центральної системи опалення. Що до впровадження теплових насосів в житловий фонд в цілому є декілька пунктів які ще не дозволяють повністю реалізувати впровадження ТН. Саме ці питання ми будемо розглядати в цій роботі, також ми будемо розглядати та знаходити способи рішення цих питань

В першому розділі ми розглянемо основні фактори що вказують на огляд теплових насосів як ефективного джерела теплозабезпечення. Приділемо увагу самим тепловим насосам, їх видам, класифікації та джерелам низькопотенційного тепла. Також проведемо повний аналіз факторів.

В другому розділі потрібно розібрати потенціал низькотемпературної теплової енергії, також ознайомитися з більш ефективними ТН, тобто високотемпературними ТН. І розглянути типи високотемпературних ТН.

В третьому розділі ми ознайомимося з інтеграцією теплових насосів в систему опалення будинку. Також на прикладі уже інтегрованого теплового насосу в будівлю, розглянемо схему опалення дому.

В четвертому розділі підводячи підсумки ми аналізуємо всі фактори та питання що обмежують впровадження теплових насосів в житловий фонд.

Об’єктом дослідження даної роботи є системи теплозабезпечення з використанням теплонасосних установок, та інтегровані теплові насоси в центральну систему теплозабезпечення.

Предметом дослідження являється впровадження теплових насосів та зокрема високотемпературних теплових насосів в системи теплопостачання будинків.

Наукова новизна. Проаналізовано питання впровадження теплових насосів (зокрема високотемпературних) в системи теплопостачання будинків житлового фонду.

Особистий внесок. Виконано узагальнення питань інтеграції теплових насосів, також високотемпературних, в систему теплозабезпечення будинків.

Практичне значення. Дані одержанні та проаналізовані в ході роботи можна використовувати при проектуванні системи опалення в житловому домі, та інтеграції високотемпературних теплових насосів в існуючі системи опалення.

.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ ОГЛЯД ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ЯК ЕФЕКТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1. Теплові насоси як ефективне джерело теплозабезпечення

В побуті, сільському господарстві, промислових галузях є доволі багато запасів невикористаної та розсіяної низькотемпературної теплової енергії, яку можна дуже ефективно використовувати. А для її збору та застосування використовують саме теплові насоси.

В зв'язку з ефективністю використання електричної енергії в теплових насосах для генерації тепла, виникає питання аналогічного використання електричної енергії в інших видах теплогенераторі для збільшення автономності і мобільності теплозабезпечення.

Однак сьогодні дискусія не буде доволі продуктивною. Таке обговорення недоцільно з наступних причин. У всіх сценаріях майбутнього енергопостачання розглядаються дуже тривалі періоди часу, в деяких випадках до 2050 року або навіть до кінця століття. Такий підхід необхідний для того, щоб вже зараз визначити правильний курс для майбутнього розвитку. Більшість з цих сценаріїв приходять до одного підсумку ,в результаті чого в кінці відповідного моменту в розглянутий період наші потреби в енергії будуть або задовольнятися виключно, або, в більшій мірі в явно переважної ступені в порівнянні з поновлюваними джерелами енергії. Але для кожного з видів відновлюваного джерела енергії буде збільшуватися не кардинально, а поступово(відцотково), і визначити переваги одного типу енергії над іншими для майбутнього доки немає можливості.

У всіх секторах енергоспоживання виникає питання про те, де знаходиться потенціал для економії енергії і які джерела енергії можуть бути використані найбільш розумно для задоволення попиту. Уже сьогодні потрібно зрозуміти,

який принцип використання енергії буде більш раціональним а значить і як саме повинна виглядати структура технологій. Щоб через 30 або 40 років, технічний прогрес не гальмувався, щоб ці технології не гальмували його а розвивали. Наприклад: біомаса може бути безпосередньо спалена, виробляючи теплову енергію, та завдяки їй генерувати електричну енергію. Тут також виникає питання як вся енергія буде поступати до кінцевого споживача. Чи буде вона накопичуватися в акумуляторах, чи відразу буде використовуватися. Хоча накопичення і перетворення завжди йдуть на шкоду ефективності, вони незамінні в реалістичному сценарії.

. Існують самі різні варіанти класифікації теплових насосів. Тут ми обмежимося розподілом систем по їхніх оперативних функціях на чотири основних категорії:

- Теплові насоси тільки для опалення, застосовувані для забезпечення комфортної температури в приміщенні й/або готування гарячої санітарної води. Існує велике поле діяльності по заміні котлів низькотемпературних опалювальних систем на основі тепловипромінюючих підлог або стінових панелей або вентиляційно-конвекторних, або тепловентиляційних установок. Перспективи заміни надзвичайно цікаві, оскільки існуючий адміністративно-житловий фонд, як правило, зазнає певні проблеми з димовідводами й димоходами й проблеми безпеки в цілому. Тепловий насос, що у принципі не має таких проблем, представляється в цих випадках ідеальним варіантом заміни.

- Теплові насоси опалювальні й холодильні, застосовувані для кондиціонування приміщень протягом усього року. Найпоширенішими є реверсивні апарати класу «повітря-повітря». Теплові насоси середньої й великої потужності для споруд сфери обслуговування використовують гідравлічні контури для розподілу тепла й холоду й при цьому можуть забезпечувати обидва робочих режиму одночасно.

- Інтегровані системи на основі теплових насосів, що забезпечують опалення приміщень, охолодження, готування гарячої санітарної води й іноді утилізацію повітря, що відводиться. Підігрів води може здійснюватися або відбором тепла перегріву подаваного газу з компресора, або комбінацією відбору тепла перегріву й використання регенерованого тепла конденсатора. Використання тільки відбору тепла перегріву доцільно, коли потрібно тільки опалення приміщень. Теплові насоси, призначені винятково для готування гарячої санітарної води, найчастіше як джерело тепла використовують повітря середовища, але так само можуть використовувати й повітря, що відходить.

Теплові насоси бувають як моновалентні, так і бівалентні. Різниця між двома видами полягає в тому, що моновалентні насоси розраховані таким чином, щоб повністю покривати річну потребу в опаленні й охолодженні. Навпроти, бівалентні теплові насоси розраховані, щоб повністю покрити потребу в охолодженні й тільки в обсязі від 20 до 60% теплове навантаження зимового періоду й від 50 до 95% сезонної опалювальної потреби.

Теплопостачання житлових будинків при використанні низькопотенційної енергії в випадку використання теплових насосів можна поділити на декілька основних напрямів, для підігріву чи охолодження.

Наприклад для підлоги, радіаторів, обігрів гарячої води, льодове покриття, обігрів стін, обігрів конвекторів, запобігання обльодіння, обігрів басейнів.

Огляд недоліків та переваг теплових насосів:

- економія до четвертої частини від всіх витрат у порівнянні з звичайними технологіями опалення та кондиціонування;
- низькі експлуатаційні витрати
- повна відсутність викидів в атмосферу CO_2;
- немає потреби в поміщеннях для зберігання палива;

- розумні інвестиційні;
- відсутність витрат на паливо;
- немає необхідності в обслуговуванні газового котла та контролі якості палива;
- немає потреби в поміщеннях для палива (дерево, вугілля, палети) ;
- відсутні забруднення мікрочастинками відпрацьованого палива;
- відсутність неприємних запахів ;
- здоровий мікроклімат приміщення, який оцінять жителі, гості та колеги ;
- найнижчі, в порівнянні з іншими альтернативними джерелами тепла;
- можливість використання для охолодження повітря в теплий період року
- простота в експлуатації
- можливість встановлення в "звичайну" систему повітряного опалення
- спрощення у вимогах до систем вентиляції приміщень.

Серед недоліків теплових насосів, які використовуються для опалення приміщень, можна віднести їх велику вартість, однак вкладені в установку цього обладнання кошти окупляться протягом 4-6 років.

1.2. Структура, принцип роботи та види теплових насосів

Технологія теплових насосів майбутнього нагріває за рахунок тепла води, землі і повітря навколишнього середовища. Завдяки особливому режиму роботи тепловий насос є одним з найбільш екологічно чистих методів опалення і виробництва гарячої води. Це знижує шкідливі для клімату викиди CO_2 і споживання енергії. Крім того, він практично не вимагає технічного обслуговування і, при правильному плануванні і оптимальної експлуатації, генерує до в чотирьох раз більше використовуваної потужності електроприводу.

Теплові насоси працюють подібно холодильників - тільки принцип використовується прямо протилежний. У той час як контур холодоагенту холодильника витягує тепло з внутрішнього простору і віддає його в навколишнє

середовище, контур холодоагенту теплового насоса витягує тепло з навколишнього середовища. Це доводиться до вищого рівня температури в межах до більш високого рівня температури всередині пристрою і потім може бути використаний для опалення або для нагріву питної води. Таким чином, ефективний тепловий насос може виробляти 100% теплової енергії з до 75% безкоштовної енергії навколишнього середовища[3].

Основним джерелом енергії теплового насоса є тепло навколишнього середовища, тобто сонячна енергія, накопичена в повітрі, ґрунті або грунтових водах. Щоб підняти це навколишнє тепло з відносно низького рівня до температури, необхідної для опалення та гарячого водопостачання, насос використовує холодоагент який випаровується при порівняно холодному джерелі тепла через низьку температури кипіння. Через енергію у вигляді електрики або газу, пароподібний холодоагент стискується, температура піднімається до необхідного рівня. Потім холодоагент знову скраплюється в конденсаторі, при цьому він передає енергію приводу і поглинене тепло навколишнього середовища теплоносія при більш високому рівні температури.

Ефективність теплового насоса в якості джерела опалення визначається співвідношенням виробленої і використаної енергії. Для того щоб мати можливість порівнювати різні типи і моделі, визначається так зване значення КП (коефіцієнт продуктивності) при стандартних умовах в лабораторії. Це значення вказує на наскільки високий приріст енергії в порівнянні з витратами енергії. Згідно з даними Бундесвербанда[4], сучасні теплові насоси досягають значень COP від 4 до 5 в стандартних умовах випробувань. Простіше кажучи: у 4-5 разів використана енергія знову виробляється у вигляді тепла.

Теплові насоси також можуть використовуватися для охолодження. Оскільки температура в землі нижче кімнатної влітку, ґрунтові або підземні теплові насоси можуть використовувати прохолоду землі безпосередньо. При такому "пасивному охолодженні" для роботи насоса потрібно дуже мало енергії.

Оскільки всі інші компоненти системи залишаються вимкненими, цей тип охолодження дуже економічний. При підвищеному попиті на охолодження контур теплового насоса може бути реверсивний і використовуватися для активного охолодження.

Теплові насоси можуть бути будівельним матеріалом для енергетичних та екологічних проблем. Чим вище виробнича потужність системи теплового насоса, тим менше електроенергії витрачається на її роботу та вироблення необхідного тепла. Тепловий насос може повністю покрити потребу в теплі для опалення приміщення та гарячої води. Тепло, вироблене тепловим насосом, надходить з регіональних, відновлюваних джерел енергії та за відсутності викидів парникових газів.

Перш ніж розглянути як працює тепловий насос, потрібно зрозуміти з яких основних елементів він складається(Рис.1.1). Кожен насос незалежно від способу отримання тепла містить:

- випарник;
- компресор;
- конденсатор;
- Розширювальний клапан.

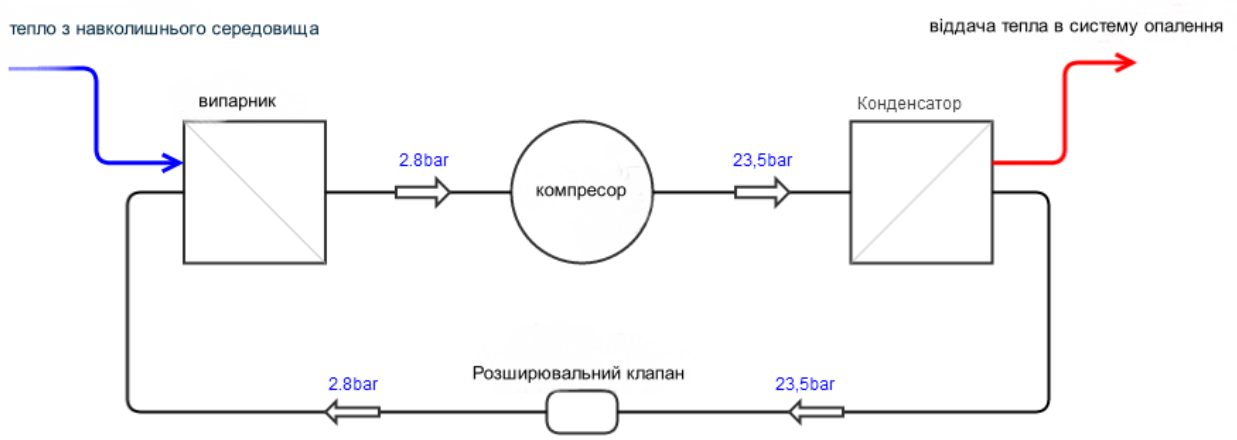


Рис. 1.1. Основні елементи ТН

Багато хто знає, як працює холодильник: тепло береться зсередини і відводиться назовні – через задню або бічну стінку. Принцип опалення тепловим насосом схожий. Насос відбирає тепло з навколишнього середовища і доставляє його в будинок. Крім того, особливість його роботи полягає в тому, що він отримує температуру 0 ... +7 ˚С з навколишнього середовища і перетворює її на 35-50˚С.

Порядок роботи:

1. Тепловий насос витягує тепло з навколишнього середовища - землі, повітря або води. Достатня температура - 0 ... 7˚С.
2. Усередині насоса встановлений випарник з холодоагентом. Це особлива рідина, яка закипає при температурі близькій до 0 ˚.
3. За рахунок тепла отриманого з навколишнього середовища холодоагент закипає і приймає газоподібну форму.
4. У вигляді газу холодоагент надходить у компресор. Тут він стискається, в результаті чого збільшується його тиск і зростає температура.
5. Далі вже нагріте газ надходить в конденсатор, де віддає тепло системі опалення. Після чого він охолоджується і знову приймає рідкий стан.
6. Рідкий холодоагент надходить в розширювальний клапан, де його тиск знижується до початкового низького значення.
7. Після цього холодоагент повертається у випарник. Контур замикається. Процес повторюється безперервно.

Основним елементом принципової схеми теплового насоса є холодоагент – спеціальна рідина, яка кипить при низьких температурах. Саме завдяки їй 0… + 7˚С, отримані з землі або повітря, перетворюються на +40…+50˚С, необхідні для роботи системи опалення. Чим вище температура навколишнього середовища, тим стабільніше і вище продуктивність теплового насоса. Тому ґрунтові теплові насоси вважаються більш ефективними, ніж повітряні.

Розширювальний клапан. Роль розширювального клапана в контурі теплового насоса після передачі холодоагенту. Щоб запобігти потраплянню рідини в компресор, розширювальний клапан контролює кількість холодоагенту (масовий потік холодоагенту), щоб у випарник надходило лише стільки холодоагенту, щоб він міг там повністю випаруватися. Клапан забезпечує надходження в компресор тільки пари(Рис.1.2.). Коливання температури і потужності джерела вимагають використання регульованого розширювального клапана, оскільки необхідно підтримувати тиск в контурі охолодження, а також необхідну температуру перед компресором. Термостатичний розширювальний клапан є терморегулюючим клапаном. Він вимірює температуру у всмоктувальній лінії до компресора і відповідно регулює потік холодоагенту до випарника[3].

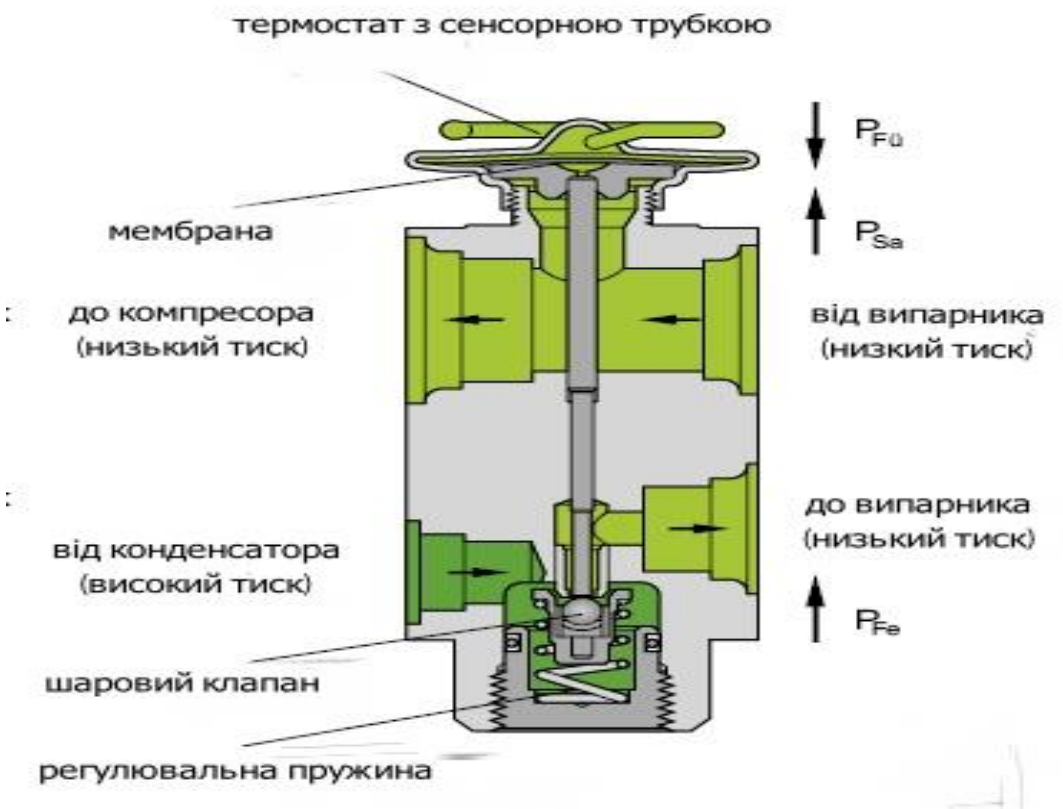


Рис.1.2 Термостатичний розширювальний клапан

Термостатичний розширювальний клапан функціонує під дією трьох сил:

1. Тиск в сенсорної трубці залежить від температури сильно нагрітого холодоагенту. Це тиск діє в якості сили відмикання (Pfu) на мембрану.

2. Тиск в випарнику (Psa) діє на мембрану в протилежному напрямку.
3. Тиск регулювальної пружини (Pfe) діє в тому ж напрямку, як і тиск у випарнику.

Компресор. Компресор є частиною теплового насоса, який саме і дає називу «насос» - він втягує газоподібний холодоагент і конденсує його. Усі типи компресорів призначені для стиснення газів, і компресор вийшов би з ладу, якщо краплі рідини всмоктались в пару. Тому пара трохи нагрівається, перш ніж досягти компресора. З розширювальним клапаном відбувається перегрів. Регульований, точний контроль цього компонента є важливою частиною продуктивності теплового насоса. Зарекомендували себе як компресори в теплових насосах «спіральні компресори»(Рис.1.3.). Спіральний компресор складається з двох замикаючих спіралей, які створюють тиск холодоагенту. Спіральні компресори тихі, мають низьку вібрацію, не потребують обслуговування та надзвичайно довговічні. Крім того, використовуються також роторно-поршневі, поршневі та гвинтові компресори[3].

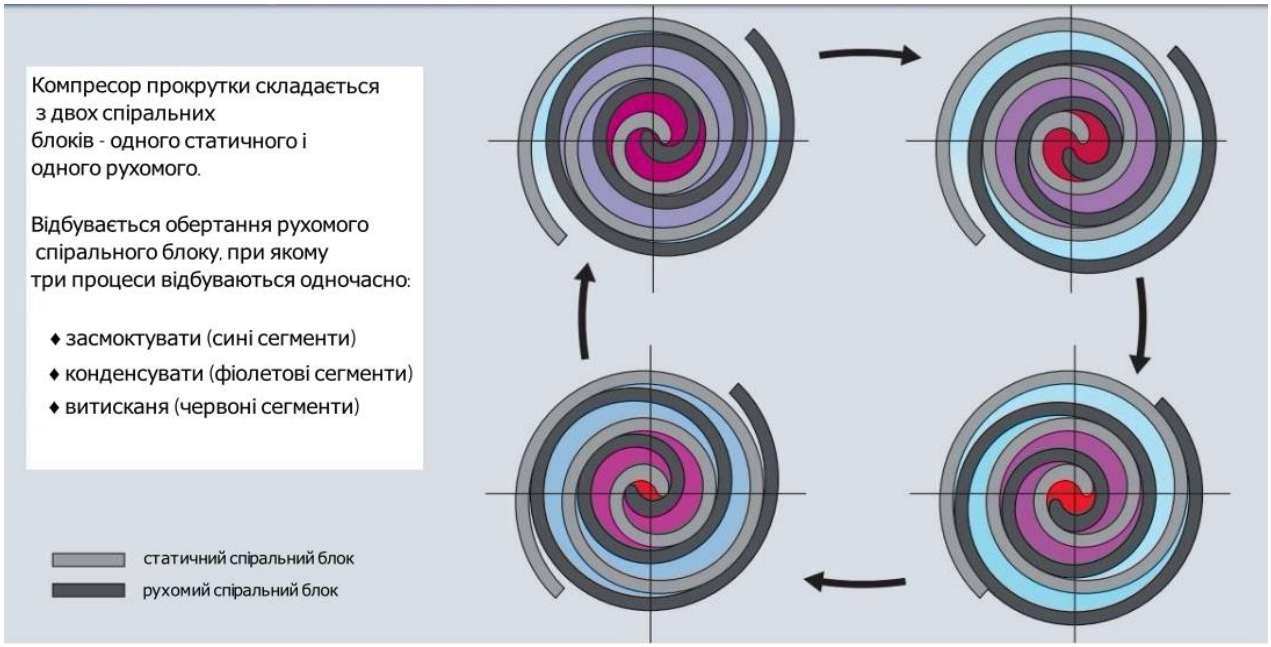


Рис.1.3. Принцип роботи компресора прокрутки

Випарник. Випарник (теплообмінник) приймає холодоагент в рідкому стані при низькому тиску. Як ми вже знаємо, холодоагент може кипіти і

випаровуватися при низьких температурах. Процес випаровування необхідний для того, щоб речовина поглинала тепло.

Відповідно до другого закону термодинаміки теплота передається від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою. Саме на цьому етапі роботи теплового насоса низькотемпературне середовище, проходячи через теплообмінник, відбирає тепло від холодоагенту (розсолу), який раніше піднімався зі свердловини, де вибрав низькопотенційне тепло землі (в випадку з тепловими насосами підземних вод (грунт-вода). У водяних теплових насосах в якості випарників зазвичай використовуються пластинчасті теплообмінники. Перевагами такого випарника буде відносно компактна конструкція, висока тепловіддача.

У виняткових випадках коаксіальні теплообмінники використовуються в теплових насосах вода / вода Спеціальні конструкції використовуються для утилізації відпрацьованого тепла, наприклад, від стічної води. Що стосується пластинчастих теплообмінників, ефективність може бути досягнута за допомогою пристрою розподілу холодоагенту Очищені теплообмінники використовуються в теплових насосах повітря / вода. Вони мають дуже велику площу поверхні збоку оскільки теплоємність повітря значно нижча, ніж теплоємність води або водно-глікольних сумішей.

Конденсатор. Після стиснення в компресорі високотемпературний холодоагент потрапляє в конденсатор. У цьому випадку конденсатор також є теплообмінником, в якому під час конденсації тепло передається від холодоагенту до робочого середовища системи опалення (наприклад, води в системі теплої підлоги або радіаторів).

У конденсаторі холодоагент у газовій фазі знову перетворюється в рідину. Цей процес супроводжується виділенням тепла, яке використовується для опалення будинку та гарячого водопостачання.

Регулювання розширювального клапана забезпечує перегрів холодоагенту на вході компресора, тобто повне випаровування. Особливо у випадку сумішей холодоагентів, компоненти яких можуть мати різні температури кипіння. Безпека роботи підвищується завдяки теплообміннику всмоктуваного газу. Це запобігає тому, щоб рідкі компоненти залишалися в парах холодоагенту.

Типи теплових насосів для опалення приміщення. Теплові насоси для початку можна поділити на два підтипи які використовують природні ДНТ, та штучні. Як природні ДНТ можна використати:

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

А виступати в якості штучних можуть наприклад такі ДНТ як:

- каналізаційні води;
- вентиляційне повітря;
- стічні води з житлових споруд.

Успіх роботи теплового насоса залежить від того, яка система використовується в нашому випадку і яке опалення є в будівлі; вода або повітря. Теплові насоси необхідно встановлювати залежно від системи опалення будинку.

За такими критеріями самі теплові наноси для опалення приміщення поділять на 6 типів:

1. повітря-повітря;
2. повітря-вода;
3. вода-повітря;
4. вода-вода;
5. ґрунт-вода;

6. ґрунт-повітря;

Теплові насоси тупу повітря-повітря та повітря-вода. Зовнішнє повітря є джерелом тепла, яке є у вільному доступі всюди. Повітря подається вентилятором через оребрений теплообмінник, який розташований зовні (спліт-система рис. 1.4 (а)) або може бути встановлений всередині будівлі (компактна система рис. 1.4 (б)). У разі опалювальної потужності для монтажу повітропроводів слід використовувати об'ємний витрата повітря близько 350 м³/ год на кВт.

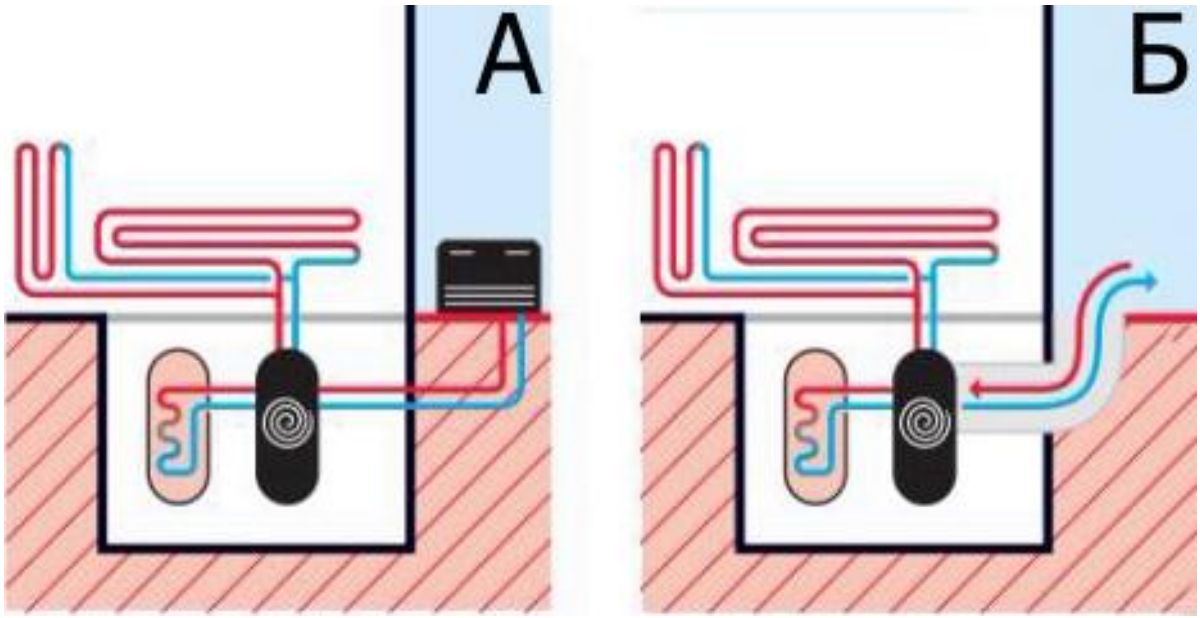


Рис.1.4. Системи установки теплового насосу повітряного типу

Корисний простір в будівлі можна заощадити завдяки зовнішньому монтажу. При монтажі на вулиці слід враховувати деякі особливості. Щоб уникнути надмірних тепловтрат, теплі труби до будівлі повинні бути належним чином утеплені. Крім того, необхідно подбати про те, щоб утворюється конденсат і шум від теплового насоса не заважали ні власнику, ні його сусідам. Для внутрішнього монтажу всі компоненти теплового насоса повітря-вода містяться в одному корпусі. Зовнішнє повітря надходить по трубах. Тепловий насос повітряного джерела може бути встановлений у всіх сухих і теплих приміщеннях. Слід зазначити, що зі зниженням зовнішньої температури збільшується опалювальне

навантаження будівлі, а водночас зменшується тепловіддача та ККД теплового насоса. З цієї причини теплові насоси повітря-вода зазвичай розраховані на роботу разом з іншою системою теплопостачання.

Від 1 кВ електроенергії отримуємо до 5 кВ теплової енергії. Однак продуктивність теплового насоса повітря-вода залежить від зовнішньої температури: чим нижча зовнішня температура, тим більше енергії використовується для вироблення необхідної кількості тепла. Він буде працювати при -27 ° С, але з меншою енергоефективністю. Тому при виборі даного типу теплового насоса слід враховувати кліматичні умови регіону, середньорічну температуру і кількість прохолодних днів у році.

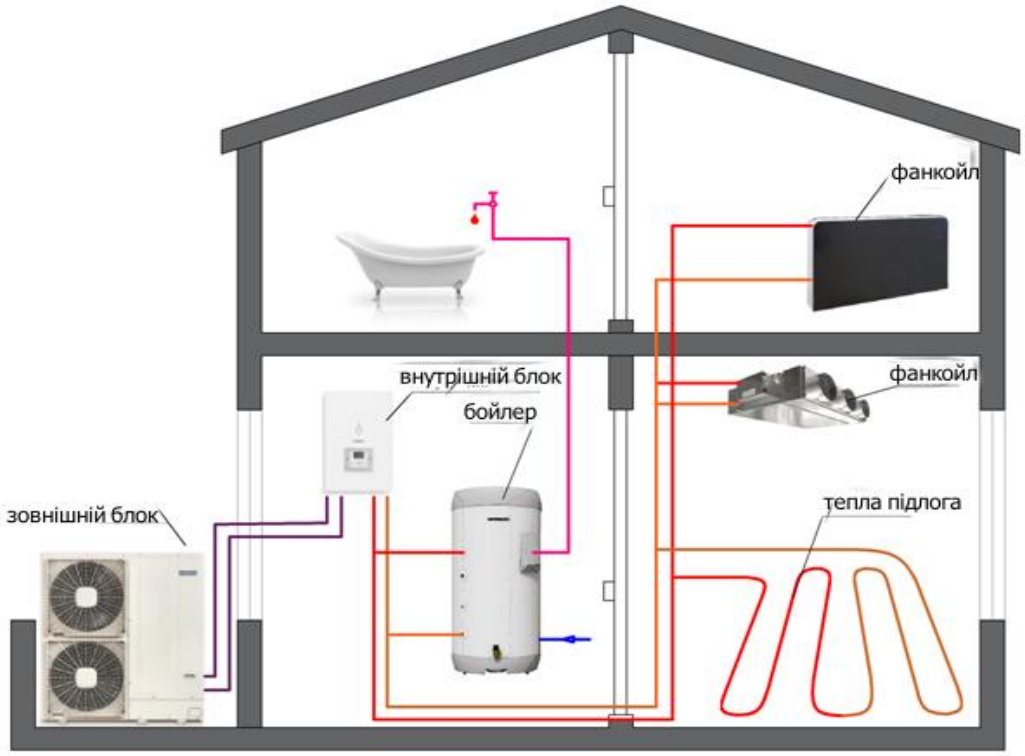


Рис.1.5. Тепловий насос типу повітря-вода

Найбільш ефективне і раціональне використання подібних пристроїв відбудеться при переході на альтернативну систему – наприклад, електричний обігрівач, газовий котел або твердопаливну.

При установці теплового насоса повітряного джерела максимальна економія енергії досягається за рахунок синхронізації системи з газовою системою опалення, оскільки тоді котел включається лише на кілька днів у році. Тепловий насос повітряного джерела може працювати як основне джерело тепла, якщо вбудований електронагрівач увімкнено в холодну погоду. Варіацій може бути багато.

Тому важливо, щоб теплові насоси, як і інші типи, вибирали низькотемпературні опалювальні контури, такі як тепла підлога або вентилятори(Рис.1.5.). Тут немає неконтрольованих конвекційних потоків, а максимально комфортні температурні умови створюються в приміщенні, де живуть люди, а не під стелею.[3]

До плюсів такого типу теплових насосів можна віднести:

- найнижчу вартість на ринку теплових насосів;
- швидкий та простий монтаж;
- їх можна інтегрувати в інші, вже існуючі, системи опалення;
- на займають багато міста при монтажі;
- швидка окупність та найменша сума витрат при монтажі.

А якщо говорити про мінуси теплових насосів даного типу:

- такі насоси занадто залежні від температури клімату;
- чим нижча температура повітря, тим менша енергоефективність;
- при дуже холодних умовах потрібна установка альтернативного опалення.

У теплових насосах повітря-повітря енергія навколишнього середовища береться із зовнішнього повітря і в результаті перетворення та обміну нагріває повітря в приміщенні. Прикладом використання теплового насоса є проста система розподілу – домашній кондиціонер. Сьогодні більшість моделей на ринку побутової техніки оснащені режимом теплового насоса. Для використання

цієї функції, крім основних компонентів холодильної установки (компресор, конденсатор, випарник, терморозширювальний клапан), в потоці кондиціонера встановлюється чотириходовий клапан(Рис1.6.). Це дозволяє відхилити напрямок холодоагенту так, що конденсатор «стає» випарником і навпаки. Тому повітря в приміщенні охолоджується в режимі кондиціонування і нагрівається при переході в режим теплового насоса.

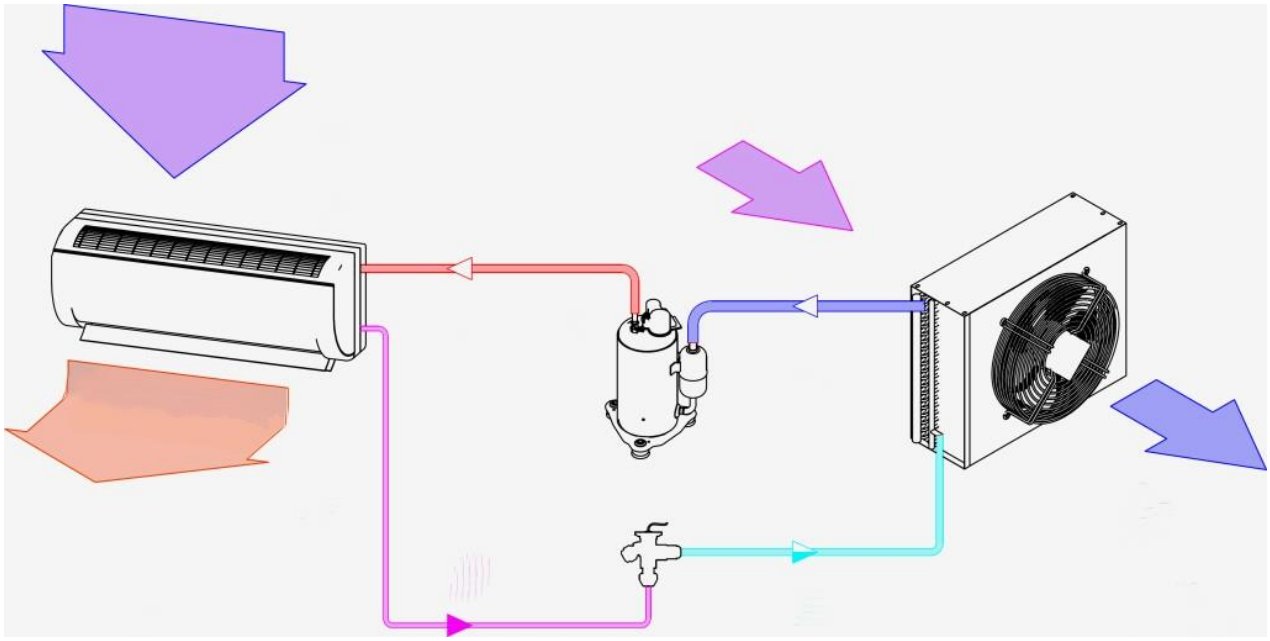


Рис.1.6. Тепловий насос повітря – повітря

До плюсів теплого насоса типу повітря - повітря можна віднести:

- завдяки вентиляції швидко прогрівають приміщення;
- швидка окупність коштів;
- можливість охолодження приміщення влітку;
- низька ціна монтажу та установка.

До мінусів даного типу відноситься:

- для підігріву води потрібні додаткові модулі;
- великі енергозатрати;
- шум від роботи;
- не інтегруєтеся з іншими системами опалення;
- в залежності від приміщення повітря може прогрівати його нерівномірно.

Теплові насоси типу вода – вода та вода – повітря. Вода також є хорошим джерелом тепла для теплового насоса. Навіть у холодні зимові дні підземні води підтримують постійну температуру від 7°C до 12°C. Для використання підземних вод для теплового насоса вони видаляються через експлуатаційну свердловину і транспортуються до випарника теплового насоса вода-вода. При ковтанні вводять охолоджену воду. Поверхневу воду також можна використовувати як джерело тепла, але пам’ятайте, що температура коливається більше в залежності від пори року

. Щоб уникнути пошкодження, зазвичай рекомендується використовувати теплообмінник проміжного контуру. Гвинтові теплообмінники з нержавіючої сталі зарекомендували себе як непрямі теплообмінники - вони передають тепло з навколишнього середовища в контур розсолу. Це захищає тепловий насос.

Технічні вимоги до використання підземних вод – це, з одного боку, достатня доступність (близько 200 л/год на тепловіддачу кВт), а з іншого – відповідність граничним значенням розчиненої речовини, наприклад. Залізо, марганець, хлориди, нітрати. Недотримання цих обмежень негативно позначиться на терміні служби теплообмінника, причому добре.

На Рис.1.7. показана система джерела, яка відкачує підземні води зі свердловини (виробничої свердловини) заглибним насосом, охолодженим тепловим насосом при температурі приблизно 3-4 Кельвіна (К). Використання підземних або поверхневих вод також має бути схвалено компетентним органом, зазвичай Управлінням з водних ресурсів[3].

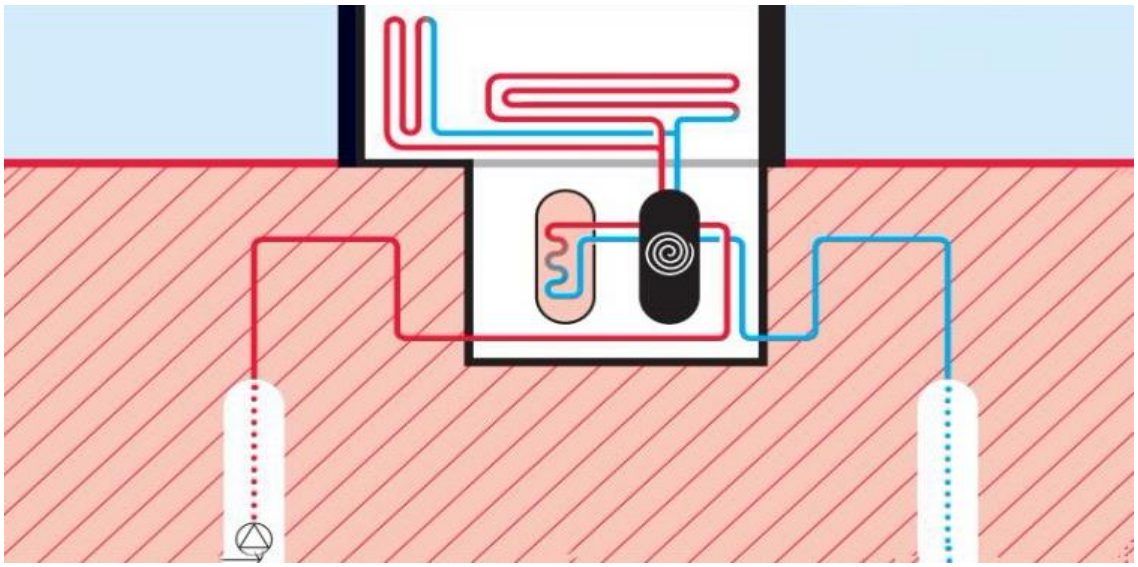


Рис. 1.7. Схема теплових насосів водяного типу

Якщо говорити про тепловий насос типу вода повітря, то такі насосі не є добре рентабельними. Працю все по тій же схемі що і зазвичай. Вода поступає в тепловий насос де віддає своє тепло випарнику, та повертається назад після передачі тепла. Тільки тепло відходить в повітря по вентиляції відразу від конденсатора. Для підігріву води потрібно встановлювати ще додатково резервуар з підігрівом води(бойлер) (Рис.1.8).

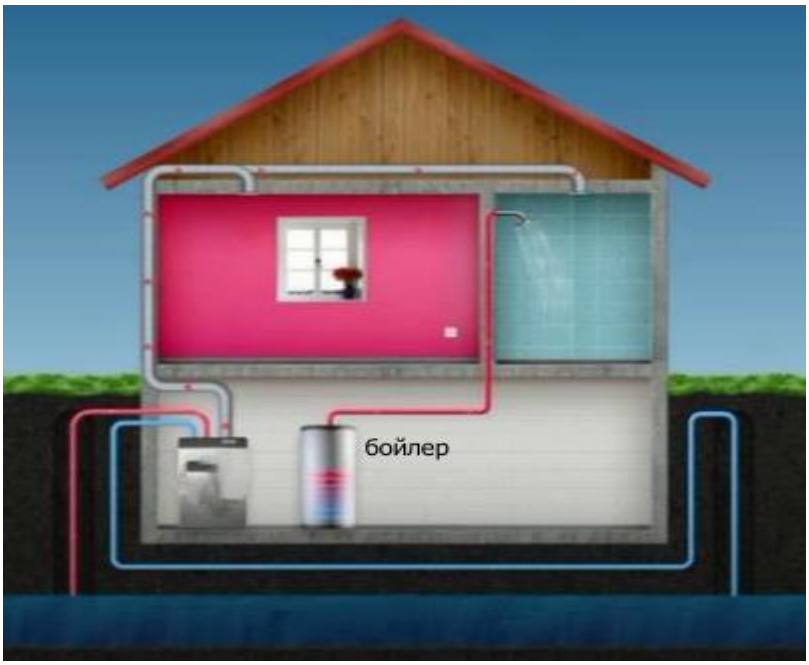


Рис. 1.8. Тепловий насос типу вода повітря

Тепловий насос вода/вода(Рис.1.9.). За принципом роботи використовується тепло водойми або підземних вод, в яких температура завжди плюсова. Хорошим рішенням для такої системи є невеликі водотоки, мілководдя або великі без промерзання, річки та моря. Вода зі свердловини закачується в контур високого тиску і її тепло передається в будинок, після чого охолоджена вода зливається через інший колодязь. Інший варіант - видалити воду з ставка і повернути її в озеро в іншому місці. Тому нам потрібні досить потужні насосні агрегати, необхідно очищати воду, а головне – її достатньо. Кількість свердловин, що забезпечують необхідну теплоємність, визначає точний розрахунок тепла.

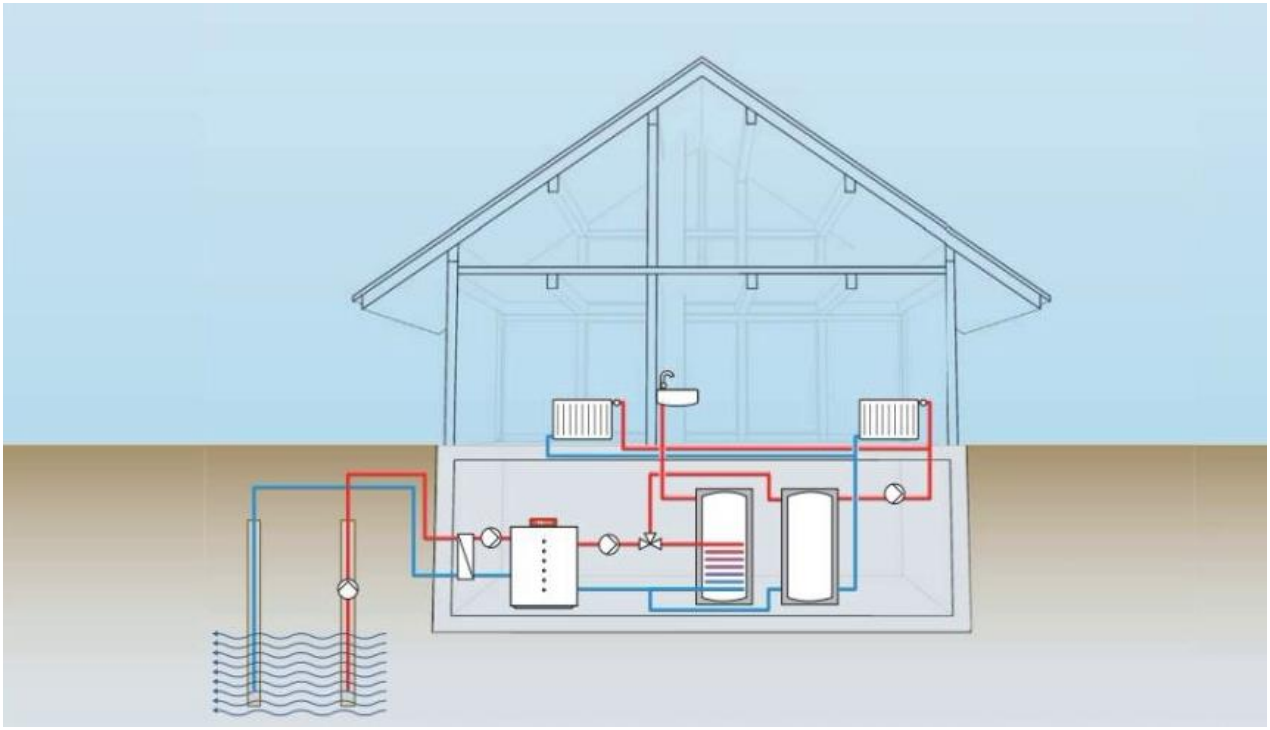


Рис.1.9. Тепловий насос типу вода – вода

Плюси теплових насосів типу вода - вода:

- менша вартість монтажу ніж у ґрунтових теплових насосів;
- екологічно чисті;
- обладнання є енергоефективним;

- повна незалежність від інших видів опалення;
- просте управління системою.

До мінусів такого типу теплових насосів можна віднести:

- недосконала поки законодавча база на використання надр для установки водяного теплового насосу в приватному будинку;
- насосам доволі часто потрібен сервіс;

Тепер щодо **геотермальних теплових насосів.** Оскільки температура підкладки змінюється менше ніж на глибину приблизно 1 м через температуру зовнішнього повітря протягом року, цей шар субстрату дуже добре підходить для використання в якості джерела тепла(Рис.1.10.). Тепло, що міститься в землі, надходить переважно від сонця, яке зберігається у верхньому шарі радіацією, теплим повітрям та дощем. У більшості випадків в якості теплоносія використовується суміш води і антифризу, яку зазвичай називають розсолом[3].

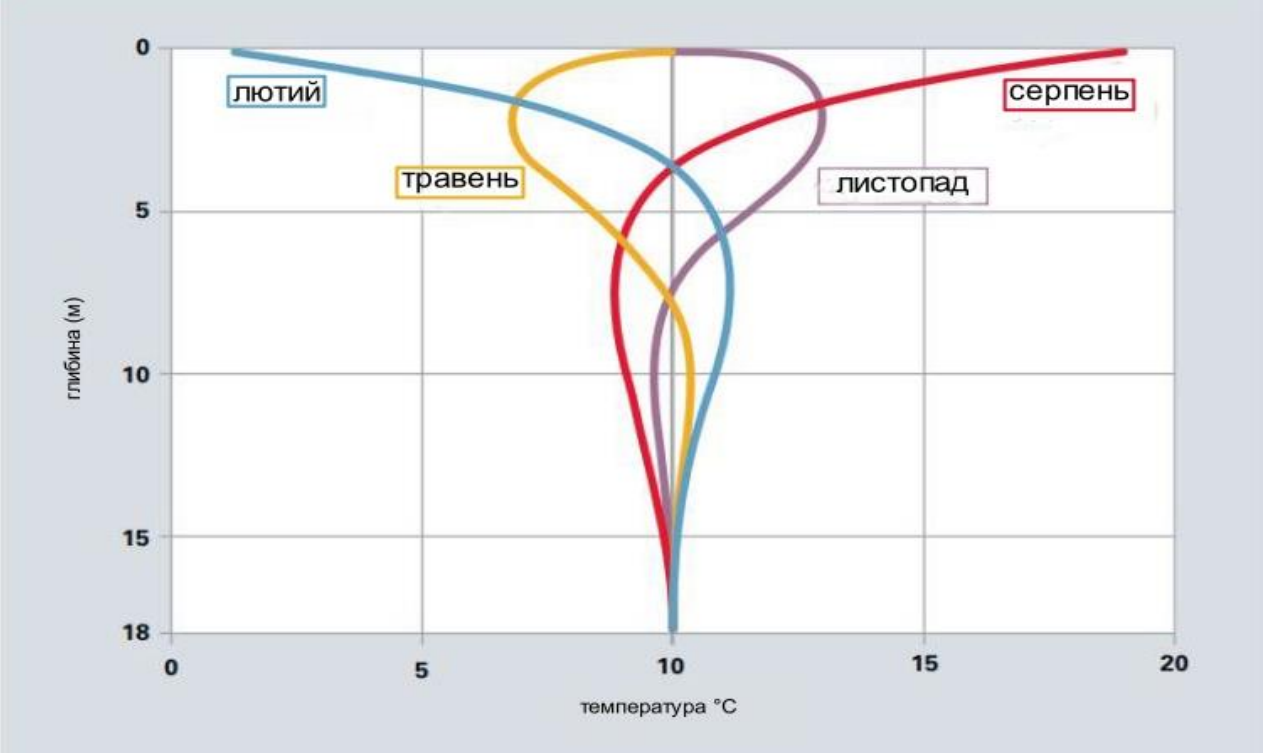


Рис.1.10. зміна температури землі в залежності від пори та глибини

Конструкція джерел тепла базується на повітровідвідній здатності ґрунту. Референтною змінною є не теплова потужність теплового насоса, а потужність охолодження.

На рисунку 1.11 показаний плоский пластинчастий колектор - трубопроводи, закопані в землю на глибині 1 м - 1,2 м і підключені до теплового насоса. Матеріал труби виготовлений з поліетилену для теплових насосів ропи/води та мідних труб з поліетиленовим покриттям для теплових насосів прямого випарника/води. Чим кращий тепловий показник будівлі, тим менше місця займає плоский колектор. За оцінками, можна очікувати площу колектора приблизно 40 м² на кВт.Точне планування колекторної території здійснюється відповідно до нормативів. З метою забезпечення природної регенерації, викликаної опадами, теплим повітрям та сонячною радіацією, у літні місяці не слід встановлювати плоскі колектори під фундаментні плити, поверхні, що вбудовані, тощо. Виняток становлять системи джерел тепла, які штучно відновлюються. , наприклад, надлишок тепла від сонячної системи.

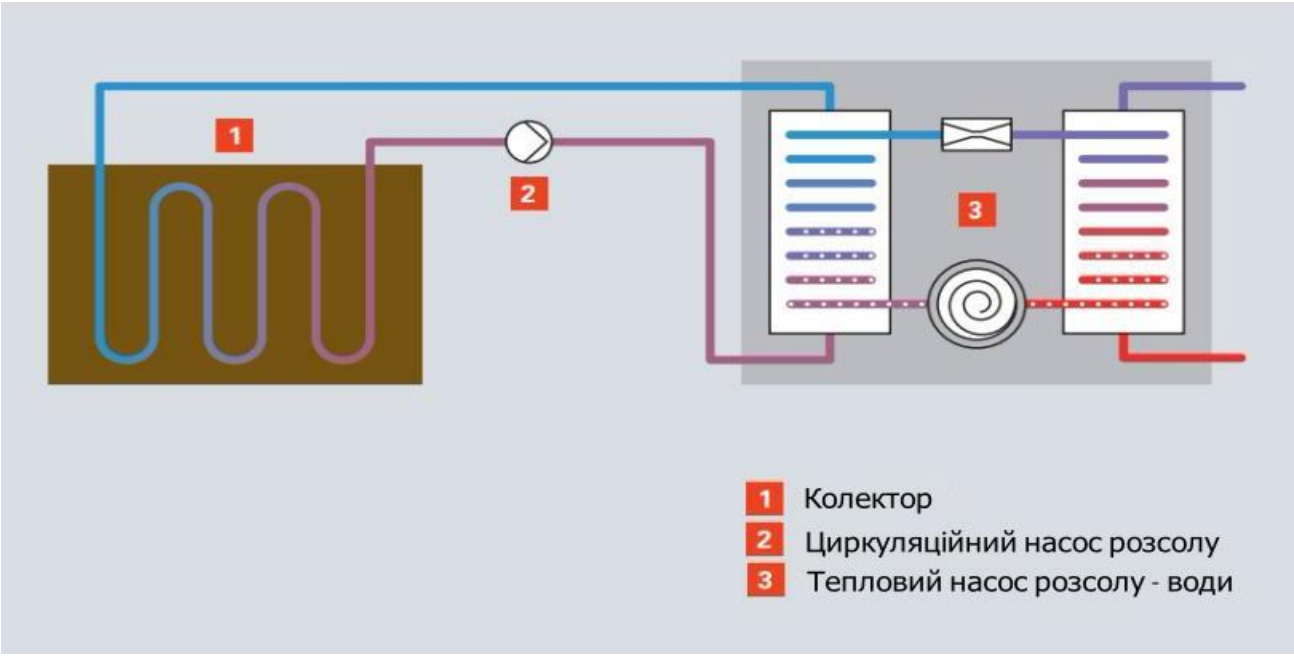


Рис.1.11. Плоский колектор у тепловому насосі

Іншою можливістю є термальне використання землі на глибину близько 300 м за допомогою геотермальних зондів. Тут геотермальна енергія береться зондами і подається на тепловий насос, див. рис. 1.12.

Якщо ви зосередитеся на довжині геотермальних зондів, ви можете очікувати отримати близько 25 м на кВт теплопередачі. Якщо використовується кілька зондів, їх відстань має бути не менше 10 м. Знову ж таки, система геотермальних зондів вимірюється правильно відповідно до стандартів.

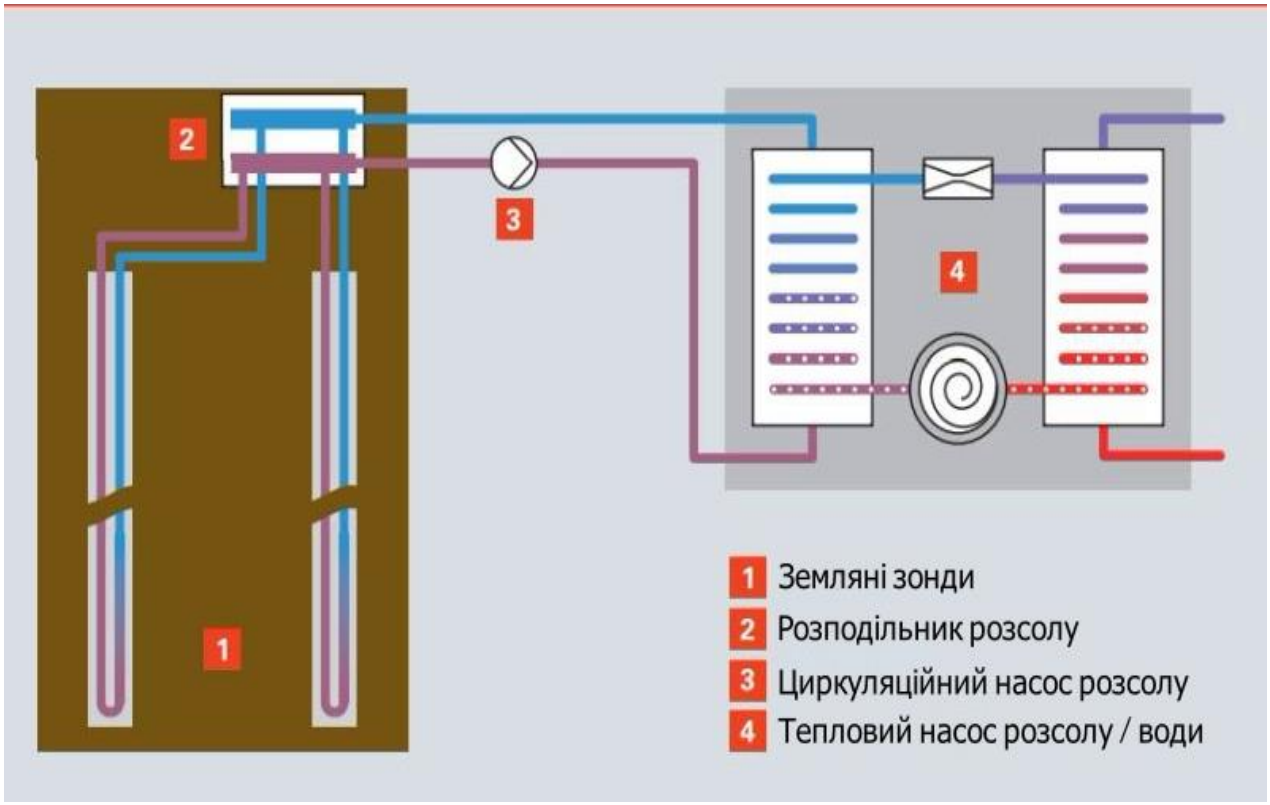


Рис.1.12. Земляний зонд в тепловому насосі

Також при установці геотермального насосу потрібно робити ставку на ґрунт. Тому що теплоємність на квадратний метр відрізняється в залежності від типу ґрунту. Приклад наведено в таблиці для плоского колектору (див. Таблиця 1). Для геотермальних зондів враховують також показники тепловіддачі ґрунту. Хоч такий тип теплових насосів і дорогий в плані встановлення, близько 80 євро за метр, але він швидко відбиває свою ціну.

Таблиця 1

Кількість теплоти на квадратний метр

Тип ґрунту	Конкретна користь теплоти
Сухий піщаний ґрунт	10 - 15 Вт / м2
Вологий піщаний ґрунт	15 - 20 Вт / м2
Сухий глинистий ґрунт	20 - 25 Вт / м2
Вологий глинистий ґрунт	25 - 30 Вт / м2
Ґрунтоносі ґрунти(по типу нашого чорнозему)	30 - 35 Вт / м2

Якщо говорити про мінуси геотермальних теплових насосів то їх значно менше ніж плюсів. До мінусів можна віднести:

- Вартість обладнання та всіх монтажних робіт обійдеться дорожче, ніж для теплових насосів водного типу чи повітряного, але щорічне споживання енергії найменше порівняно з іншими видами теплових насосів;
- Без майстрів, та фахівців встановлення такого типу теплового насосу, його монтаж буде неможливим.

Тепер давайте поговоримо про плюси геотермальних теплових насосів, до них можна віднести:

- легка в експлуатації;
- безшумна робота ТН;
- екологічно чиста;

- безпечна с точки погляду пожежної та електричної безпеки приміщення;
- Максимальне зниження споживання енергії при використанні опалювальних систем при низьких температурах.
- Бездоганна робота протягом десятиліть. Великою перевагою є те, що установка цього обладнання не потребує узгодження проекту, дозволів та постійного контролю;
- 100% покриття навантаження опаленням, водяним опаленням та охолодженням будинку;

Система термічної очистки стічних вод особливо корисна для великих об'єктів на певній території очисної споруди. У порівнянні зі звичайними нафтовими або газовими системами опалення, сьогодні очисні споруди часто є більш економічними з точки зору прогнозованого зростання цін на енергоносії. Ефективність і, таким чином, економічна життєздатність будь-якої електростанції для очищення стічних вод багато в чому залежить від оптимізації окремих компонентів(Рис.1.13.).

Теплообмінники стічних вод, теплові насоси, системи розподілу тепла та системи відведення тепла повинні бути оптимально узгоджені один з одним з урахуванням температури навколишнього середовища та потужності.

В основному існують два різних способи скидання стічних вод: Вітряні теплообмінники - це спеціальні компоненти теплообмінника, які адаптовані до відповідного поперечного перерізу каналів і встановлюються безпосередньо в трубопроводі.

Альтернативою є байпас (для організації потоку теплоносія в обхід певної ділянки теплотраси або паралельно їй.), при якому частковий потік стічної води направляється на шахту, протікає через теплообмінник, а потім повертається в каналізаційну систему. Тут менше перешкод у каналі, система більш доступна,

але вимагає більше місця за межами каналу. Ці теплообмінники все ще відносно дорогі для невеликих систем.

Вплив використання теплових стічних вод на каналізацію. Якщо теплообмінник переобладнаний в каналізацію, в плануванні слід враховувати такі аспекти:

- потрібно гідравлічна потужність струни каналу повинна бути забезпечена;
- Технічне обслуговування та ремонт каналізації (очищення, огляд, ремонт) необхідно продовжувати без значних додаткових зусиль. Необхідно уникати збільшення відкладень, зворотного потоку або закупорки через теплообмінник;
- Установка та технічне обслуговування (ремонт, реконструкція) теплообмінників та пов'язаних з ними установок повинні здійснюватися таким чином, щоб поточна експлуатація та технічне обслуговування каналізаційної системи могли підтримуватися без значних перебоїв.;
- Усі роботи з очищення стічних вод можна виконувати тільки відповідно до правил безпеки та кваліфікованого, навченого та оснащеного персоналом..

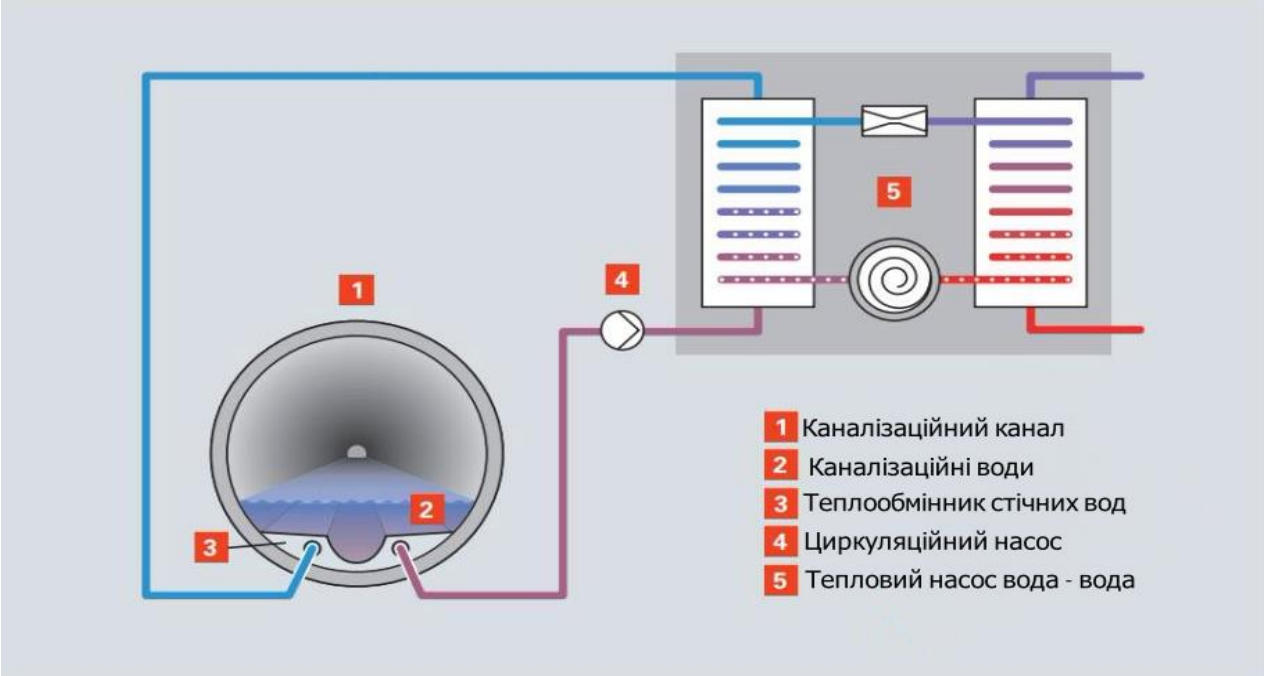


Рис. 1.13. Система теплового насосу від стічних вод

Монтаж теплообмінника в повітропровід можливий за певних умов. Оскільки розташування теплообмінника поза каналом (байпасом) здається більш прийнятним для роботи повітроводів, цей варіант завжди слід розглядати та перевіряти.

Перш за все, можна розрізняти теплообмінники для використання енергії з неочищених стічних вод (до очисних споруд) і теплообмінники, що використовуються з очищених стічних вод (після очисних споруд). Відносно позитивно впливає відведення тепла від витяжного повітря вентиляційної системи та використання його для підігріву гарячої води або припливного повітря.

Ще одним дуже корисним видом рекуперації тепла є використання стічних вод: за допомогою спеціальних теплообмінників від залишкової енергії, що виникла в процесі будівництва, відбираються стічні води житлових будинків або промислових процесів.

Енергія надходить від теплого витяжного повітря будівлі. Це може бути витяжна труба (або шахта) природної витяжної системи або система примусової вентиляції з рекуперацією. У цьому випадку це буде другий етап рекуперації тепла після основного теплообмінника.

У разі невеликих будівель, у тому числі одноквартирних будинків, крім геотермального тепла встановлюється спеціальний додатковий теплообмінник повітря-вода. насос. Поглиблене витяжне повітря додатково нагріває воду, що надходить від колодязя теплового насоса, підвищуючи його ефективність.

Для великих будівель, де кількість тепла у відпрацьованому повітрі є значно більшим, можна встановити промисловий тепловий насос, який повністю постачає будівлю гарячою водою або частково нагріває її. Також ця система є актуальною для компаній, які мають тепло від технологічних процесів.

Повітряний тепловий насос особливо ефективно працює з такою системою, яка підлаштовує свою потужність до поточної кількості виділеного технологічного тепла витяжки в даний момент.

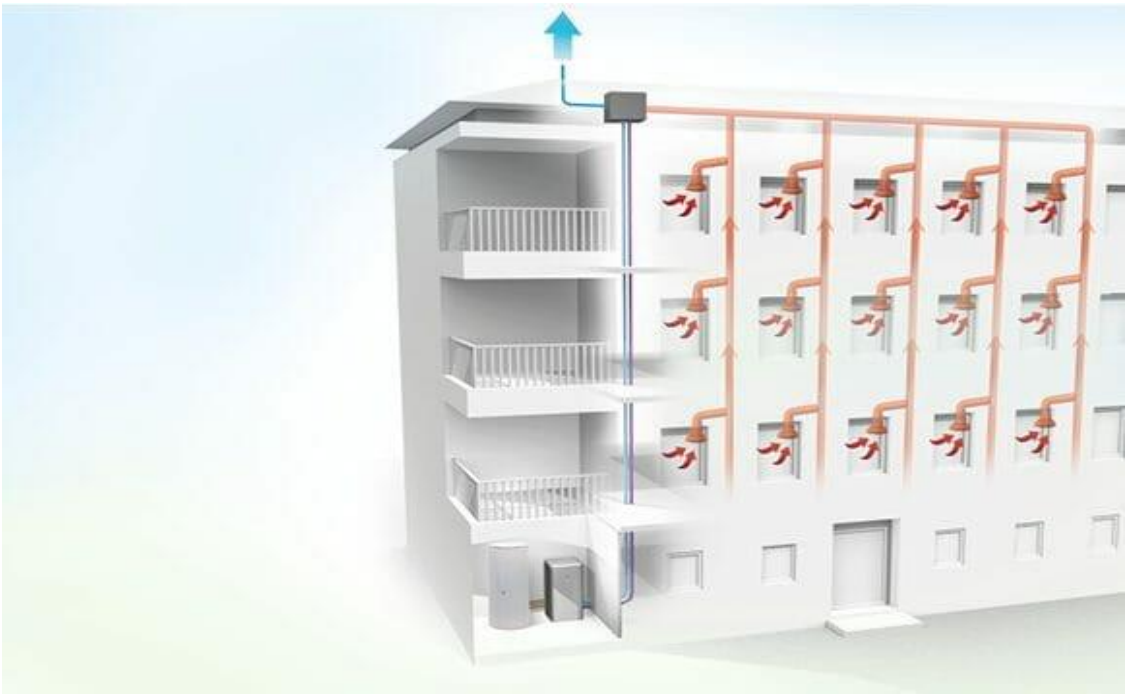


Рис.1.14. Використання тепла витяжного повітря

До плюсів таких систем можна віднести:

- економія на монтажу основної системи опалення;
- збільшую загальну енергоефективність опалення;
- легкий монтаж у вже готову систему вентиляції.

1.3. Аналіз основних факторів для огляду ТН як ефективного джерела теплозабезпечення

Одним з перших і основним фактором являється те що ТН це екологічно чистий вид опалення дому, в порівнянні с традиційним котлом. Щоб мате більш чітке уявлення про переваги ТН, ми порівняємо його з традиційним котлом.

Таблиця 2

Плюси та мінуси повітряного ТН

плюси	мінуси
Низька вартість монтажу	Термін окупності від 3,5 до 5 років
Не потрібне буріння свердловин або прокладання зондів.	Залежність від електрики
Екологічно чиста енергія	
Стабільна робота при -28 °С	
Нагрівання води до +60 °С	
Не потрібно жодних дозвільних документів	

Таблиця 3

Плюси та мінуси традиційного котла

плюси	мінуси
Низька вартість котла: вартість котлів тривалого горіння вітчизняного виробництва починається від $1000	Відсутність плавного регулювання продуктивності
Можливість самостійного видобутку палива (якщо котел може працювати на дровах)	Необхідність облаштування димоходу з нержавіючої сталі
Незалежність від електрики: найпростіші котли абсолютно не вимагають електричної енергії, тому при аварійному відключенні Ви завжди залишитеся у теплі	Необхідність у приміщенні для зберігання палива (дрова, вугілля, палети та ін.)
Незалежність від електрики: найпростіші котли абсолютно не вимагають електричної енергії, тому при аварійному відключенні Ви завжди залишитеся у теплі	Необхідність у періодичній (від 2 годин до кількох днів) завантаженні палива
	Необхідність у чищенні сажі (періодичність разів на тиждень/раз на місяць)

РОЗДІЛ 2

ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ В ВИПАДКУ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

2.1 Потенціал низькотемпературної теплової енергії

У звичайних системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря використовуються викопне паливо яке значною мірою сприяє погіршенню якості навколишнього середовища. За даними дослідницьких інститутів, на системи опалення припадає майже 50% загального споживання енергії в сучасних будівлях. Ці факти викликають нагальну потребу в дослідженнях енергоефективних систем з використанням віднавлюваних джерел енергії.

Енергетичні системи, що використовують відновлювані та стійкі джерела енергії, а також допускають використання частини енергії, може бути розглянуті у наведеному вище значенні як ефективні системи з високим потенціалом для задоволення вимог споживача, зменшення споживання викопного палива та захист навколишнього середовища. Ці вимоги дуже добре виконується в енергетичних системах з тепловими насосами.

Навколишнє повітря, вода, гірські та ґрунтові маси є найбільш поширеними низькотемпературними джерелами енергії для теплових насосів.

Ці низькотемпературні джерела енергії вважаються поновлюваними та більш-менш стійкими у сенсі їхньої класифікації за Стефансоном[9], який пояснив термін «відновлюваність» як властивість джерела енергії та «стійкість» як спосіб використання джерела. Навколишнє повітря можна вважати відновлюваним і стійким джерелом енергії у значенні цього визначення. Грунт[9,10] і гірські масиви, як правило, вважаються відновлюваними джерелами енергії однак вони значно відрізняються від сонячної або вітрової енергії через більш тривалі періоди вилучення та передачі енергії. Рибач визначив стійку систему як

систему, яка здатна підтримувати параметри відведення тепла протягом тривалого часу. У цьому контексті як ґрунтові, так і гірські масиви можуть втратити свою стійкість через тривалі та незбалансовані теплові навантаження.

Теплові насоси, які використовують повітря як низькотемпературне джерело, часто встановлюються, враховуючи менші інвестиційні витрати та простіший монтаж. Системи, що використовують підземні або поверхневі води, є вигідними з точки зору реалізації та енергоефективності. Однак використання цих систем по праву обмежується вимогами охорони природних водних ресурсів. Гірський масив видається вигідним як низькотемпературне джерело енергії в будинках з недостатньою прилеглою територією та з вимогами до опалення будівлі взимку та її охолодження в літній період. Монтаж цих низькотемпературних джерел енергії є найбільш вимогливим з точки зору інвестицій. Земляна маса є компромісом серед низькотемпературних джерел тепла. Це низькотемпературне джерело не повністю залежить від температури навколишнього повітря і його реалізація менш вимоглива, ніж у випадку з гірським масивом. Прямого негативного впливу на природні водні ресурси також немає. Тим не менш, ці системи вимагають достатньої площі поверхні для установки теплообмінника.

Температура теплоносій, тепловіддача низькотемпературних джерел і енергія, що витягується з низькотемпературних джерел, є важливими параметрами, що впливають на ефективність і продуктивність теплових насосів/

Важливість температури теплоносія, що подається у випарник теплового насоса, є результатом зворотного циклу Карно. Враховуючи постійну температуру конденсації робочої речовини в конденсаторі теплового насоса, вища температура випаровування у випарнику теплового насоса позитивно впливає на ефект (коефіцієнт нагріву) всієї циркуляції. Температура випаровування робочої речовини тісно пов'язана з температурою теплоносія, що подається у випарник теплового насоса. Теплова потужність низькотемпературного джерела може впливати на видобуту теплову потужність

і споживану потужність приводу теплового насоса. Енергія, що витягується з низькотемпературного джерела, впливає на його енергетичний потенціал і, як наслідок, на ефективність і термін служби всієї системи.

Джерела низькотемпературної теплоти, які використовуються тепловими насосами, можна поділити на два види: природні джерела теплоти; техногенні джерела теплоти. До першого виду відносяться: вода (поверхнева, грунтова, геотермальна); повітря; ґрунтове середовище; сонячна радіація. До другого виду відносяться: повітря систем вентиляції та систем охолоджень; стічні води та води станцій аерацій; води систем технічного водопостачання підприємств; теплота повітря та води, що відводиться в технологічних процесах. Атмосферне повітря, як джерело, найчастіше використовується для живлення малих теплових насосів. Це пояснюється його доступністю. До недоліків цього джерела, як нижнього джерела, можна віднести погану когерентність та той факт, що тоді, коли необхідність у теплі велика, температура повітря дуже низька.

Енергія, що міститься у поверхневих водах (річках, озерах, водосховищах, морі), виділяється при тепловому обміні між водою та атмосферним повітрям, а також ґрунтом. Недоліками поверхневих вод, як нижнього джерела, є проблеми із одержанням енергії у холодний сезон при малій течії, а також обмерзання обмінників при температурі близько 0ºС. Тому найсприятливішими періодами для використання цього джерела є рання осінь та весна. Підземні води, що знаходяться у глибинних колодязях, характеризуються незначними коливаннями температури протягом року, яка становить 3-12ºС. Ці води можуть направлятися безпосередньо у випарник або, у випадку, якщо вони сильно засолені, через проміжний теплообмінник. Особливим питанням є використання геотермальних вод, які іноді можуть використовуватися в якості джерела теплових насосів.

Таблиця 4

Температурний та енергетичний рівень джерел низькопотенціальних джерел енергії

Вид джерела низькотемпературної теплоти					
Природні джерела теплоти	Температур ний рівень джерела 0°С	Енергетичний рівень джерела, МВт	Техногенні джерела теплоти	Температурний рівень джерела, 0°С	Енергетичний рівень джерела, МВт
Вода: поверхнева ґрунтова геотермальна	4…18 6…15 35…70	0,9…51,6 1…2 0,29…3	Вода: стічна технічна технологічна	10..17 15…30 40…70	0,3…90 2,4…10,6 39,5…54,9
Повітря	-5…20	0,3…18,4	Повітря	0…50	0,3…22,1
Ґрунтове середовище	4…12	0,1…5,9	-	-	-
Сонячна радіація	0…75	0,1…150	-	-	-

Ґрунт може бути нижчим джерелом лише в невеликих теплових насосах, оскільки він дає малий тепловий потік. Установка теплообмінників вимагає

серйозних земляних робіт і тому можна проводити на незасаджених ділянках і незабудованих ділянках.

До техногенних нижчих джерел тепла належать: залишкове тепло технологічних процесів, що відбуваються при виконанні різних технологічних процесів у промисловості. Ці джерела, з огляду на їх склад, вимагають індивідуального вирішення всіх аспектів, які можуть виникнути при їх використанні(тип речовини, агресивність, придатність до теплообміну тощо). Джерело слід проаналізувати також зважаючи на його параметри: потужність, діапазон температур та їх зміни (добові, щотижня та щорічно).

Температура техногенних джерел зазвичай вище температури природних джерел (крім геотермальних вод). Сонячна має найвищу температуру та рівень енергії серед джерел тепла радіації, а найменші – підземні води (табл.2). Температура та енергетичний рівень води і повітря, штучні джерела тепла вищі за природні через недосконаліть технологічних процесів і технічних систем, і, як наслідок, збитки теплової енергії в навколишнє середовище, але масштаби природного використання низькопотенційних джерел енергії великі.

За результатами аналізу видів низькопотенційних джерел енергії та їх характеристик, встановлено доцільність використання теплових насосів як перетворювачів теплової енергії низький потенціал у тепловій енергії вищих потенціалів та їх можливість використання практично в усіх галузях економіки: промисловості, домашньому господарстві, сільській місцевості, економіки та ін.

У промисловості основними є штучні джерела низькотемпературного тепла. Це промислові стічні та комунальні технічні води і енергетичне обладнання підприємств, охолоджуюча вода, вентиляційні викиди. Теплові насоси в промисловому виробництві використовуються для промислового опалення побутових приміщення, опалення води для виробничих потреб та для кондиціонування повітря.

2.2 Високотемпературні теплові насоси для опалення

Високотемпературні теплові насоси забезпечують температуру вище 60°C. Наявні у продажу теплові насоси можуть досягати температури до 100°C за рахунок використання холодоагентів та компресорів, альтернативних тим, які використовуються у низькотемпературних теплових насосах. Високотемпературні теплові насоси зазвичай проектуються за індивідуальним замовленням для конкретних програм з використанням обладнання від відомих великих постачальників холодильного обладнання, тоді як низькотемпературні теплові насоси зазвичай є стандартними, готовими до продажу продуктами.

Високотемпературні теплові насоси часто використовують тепло або низькопотенційні теплові ресурси, що відходять, як джерела тепла. Цим досягається ефективність за рахунок використання вищих температур джерела, ніж оточуючі теплові насоси. Вони часто інтегруються з промисловими холодильними системами, де можуть використовувати тепло конденсатора як джерело тепла.

Незважаючи на більш ніж 100-річний досвід розвитку у всьому світі, високотемпературні теплові насоси нині недостатньо використовуються у Україні. Це, мабуть, зміниться у майбутньому, оскільки існують значні можливості скорочення викидів CO_2 з допомогою використання теплових насосів у технологічних теплоємних галузях промисловості.

Ефективність високотемпературних теплових насосів забезпечує повернення інвестицій за рахунок зниження енергоспоживання та інших експлуатаційних витрат. Навіть коли витрати на електроенергію вищі, ніж у вугілля, нафти, газу чи біопалива, інвестування у високотемпературні теплові насоси все ще може бути комерційно вигідним. Теплові насоси відносно прості з технічними характеристиками, чим добре зарекомендували себе. Вони відносно невеликі, безпечні в експлуатації та прості у використанні.

Подальше підвищення ефективності, зниження експлуатаційних витрат та чуйність системи можуть бути досягнуті шляхом встановлення точного контролю температури.

Відношення поставленої теплової енергії до електричної енергії, яка потрібна на роботу теплового насоса, дає значення енергоефективності теплового насоса. Наприклад, якщо тепловий насос використовує 10 кВт\г для виробництва 30 кВт\г тепла, ефективність становитиме 300%, що дає коефіцієнт корисної дії(ККД), що дорівнює 3.

Завдяки відновлюваним джерелам електроенергії Нової Зеландії, технології електричних теплових насосів можуть запропонувати економічне, низьковуглецеве джерело тепла для технологічних процесів. Теплові насоси можуть з мінімальними витратами замінити опалення на викопному паливі. У зв'язку із швидким падінням вартості фотоелектричної електроенергії та акумуляторів деякі підприємства незабаром можуть суттєво живити свої теплові насоси від власних фотоелектричних систем. Теплові насоси переміщують доступну теплову енергію з одного місця (джерела) в інше (приймач), як правило, шляхом стиснення та розширення холодоагенту для транспортування теплової енергії. Високотемпературні теплові насоси працюють вище 60°C за допомогою спеціальних холодоагентів, компресорів і термодинамічних систем.

Для досягнення більш високих температур зазвичай потрібні складніші системи, що використовують різні холодоагенти, які можна стискати та випаровувати при вищих температурах(див. табл.3).

Аміак (R717) широко використовується у великих промислових теплових насосах. Це холодоагент, що не утворює парниковий газ з високою ефективністю. Однак він може бути небезпечним, і хоча його сильний запах дозволяє легко виявити витік, він легкозаймистий, може пошкодити легені та очі,

а також викликати асфіксію при низьких концентраціях. Важливо, щоб з цим холодоагентом використовувалися ефективні системи безпеки.

Бутан (R600) та ізобутан (R600a) використовуються в холодильних установках і можуть працювати при нижчому тиску, ніж багато інших холодоагентів. Установки R600 і R600a мають вимоги безпеки, які обмежують їх застосування, оскільки вони легкозаймисті та несуть ризик вибуху. Двоокис вуглецю (R744) є одним з найстаріших природних холодоагентів; він використовується в поєднанні з аміаком для підвищення ефективності системи теплового насоса. CO_2 має транскритичну температуру 31°C і обмежується застосуванням, придатним для змінних температур випаровування. Вода (R718) може використовуватися в теплових насосах при більш високих температурах, коли тиск, необхідний для інших холодоагентів, стає занадто високим для ефективного стиснення. Досягнення в конструкції компресора можуть зробити воду все більш економічним варіантом холодоагенту для високотемпературних теплових насосів, які забезпечують тепло до великомасштабних високотемпературних процесів сушіння.

Таблиця 5

Холодоагенти для високотемпературного теплового насосу

Холодоагент	Код	Температурна кипіння(℃)	Займиста	Токсичний
Аміак	R717	~80	Так	Так
Бутан	R600	~80	Так	-
Ізобутан	R600a	~80	Так	-
Двоокис вуглецю	R744	>100	-	-
Вода	R718	~100	-	-

2.3 Види високотемпературних теплових насосів

Каскадні парокомпресійні теплові насоси

Каскадні парокомпресійні теплові насоси – це двоступінчасті теплові насоси, які каскадно з'єднуються для створення вищого температурного підйому. Теплообмінник діє як конденсатор/випарник між сходами. На кожному кроці можуть використовуватися різні холодоагенти та компресори, щоб максимізувати її ефективність та досяжну температуру(Рис.2.1).

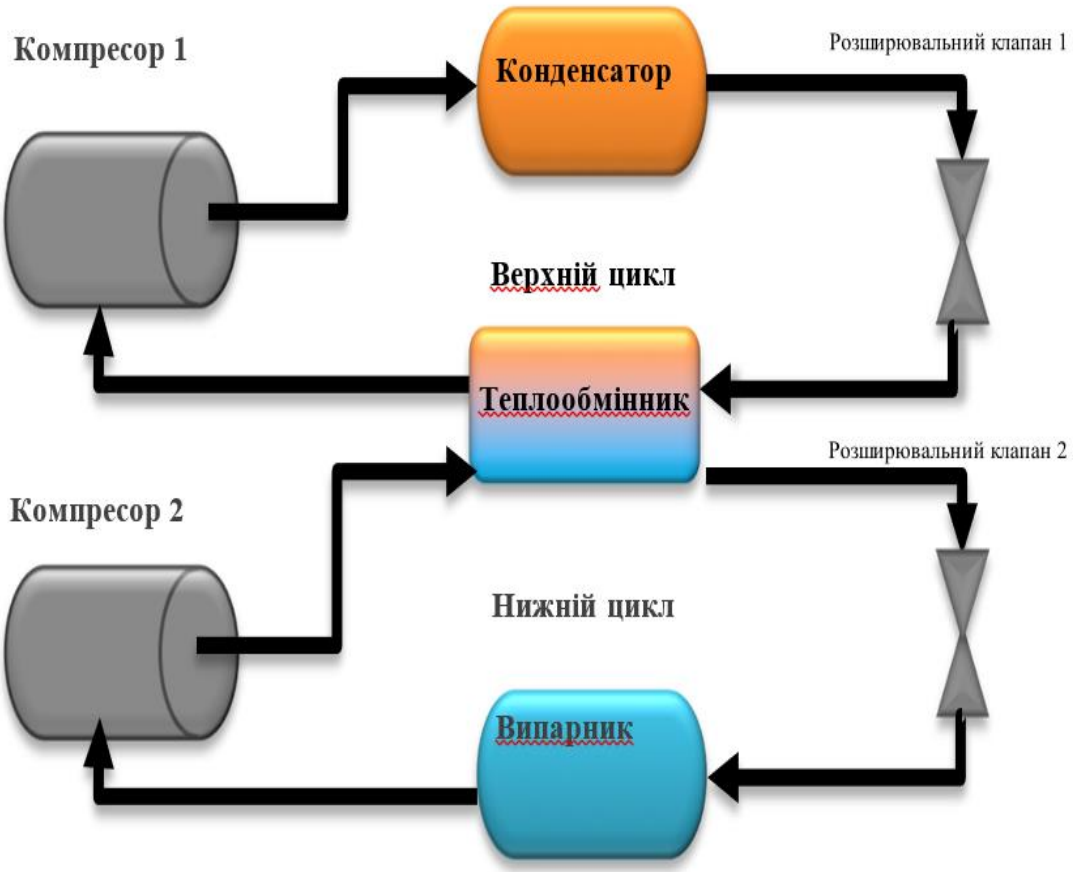


Рис.2.1 Каскадний парокомпресійний тепловий насос

Багатоступінчасті парокомпресійні теплові насоси.

Ці системи замінюють теплообмінник на флеш-ємність. На обох стадіях повинен використовуватися один і той же холодоагент, оскільки ємність флеш-ємність розділяє його пару у верхній цикл, а рідину – в нижній цикл(Рис.2.2)

Тепловий насос багатоступеневого циклу забезпечує дещо вищу ефективність циклу, ніж каскадний цикл, але він не може оптимізувати кожну стадію циклу за допомогою іншого холодоагенту.

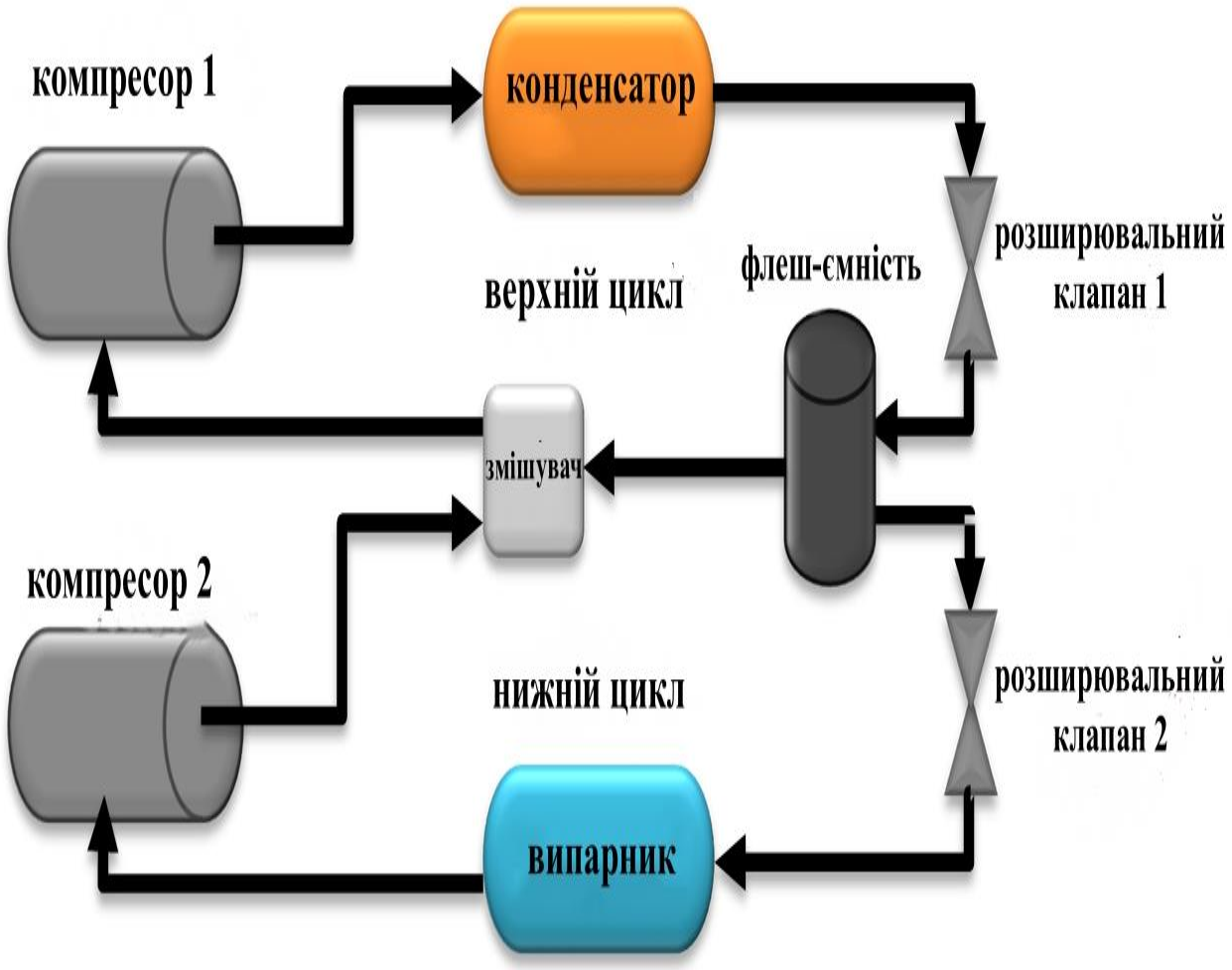


Рис.2.2 Багатоступінчастий парокомпресійний тепловий насос

Гібридні теплові насоси

Гібридні теплові насоси досягають високих температур за рахунок інтеграції абсорбційного теплового насоса та загального парового компресійного теплового насоса в гібридний блок. Гібридний тепловий насос передає тепло при змінних температурах, змінюючи склад двох рідин, зазвичай аміаку та води, оскільки вони протікають через ефективний цикл поглинання та десорбції(Рис 2.3.).

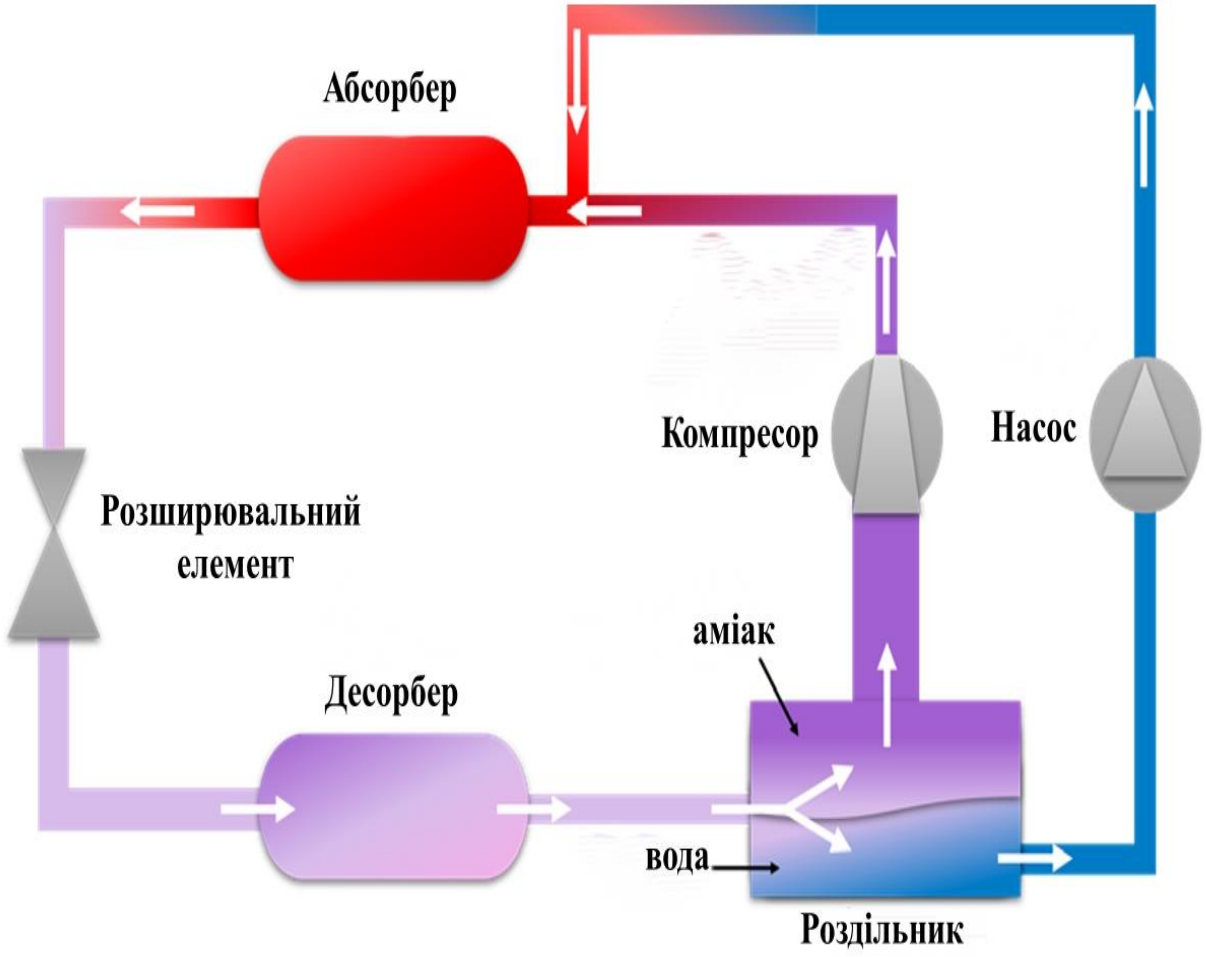


Рис. 2.3. Гібридний тепловий насос

- **Десорбер:** Відпрацьоване тепло витягується із зовнішнього середовища в холодоагентну суміш.

- **Роздільник:** Сепаратор поділяє воду і аміак.
- **Насос:** Насос підвищує тиск води.
- **Компресор:** Аміак стискається до високого тиску всередині компресора.
- **Абсорбер:** Корисне тепло виділяється в навколишнє середовище.
- **Розширювальний елемент:** Тиск суміші знижується.

Різниця в температурі між рідиною холодоагенту і парою (відома як температурне ковзання) зменшує необхідну ступінь стиснення теплового насоса, що призводить до більш ефективного процесу з вищим ККД.

Ефективність може бути додатково оптимізована шляхом збільшення діапазону температурного ковзання, збільшення розмірів абсорбера та десорбера та застосування точних регулювань температури, якщо вони необхідні.

Транскритичні теплові насоси CO_2

Транскритичні теплові насоси можуть нагрівати воду до 95ºC, нагріваючи при ККД до 5,0 (залежно від температури джерела). При певних температурах рідку і газову фази рідин, таких як холодоагенти, неможливо відрізнити один від одного. У цей момент холодоагент знаходиться в надкритичному стані. Межа між критичним (рідина і газ розрізняються) і надкритичним станом (газ і рідина нерозрізнені) відома як транскритичний стан. Транскритичні теплові насоси поглинають і виділяють тепло через кордон(Рис.2.4).

CO_2 є транскритичним при температурі вище 31°C і є найбільш широко використовуваним транскритичним холодоагентом.

У тепловому насосі CO_2:

- тепло поглинається у випарнику нижче критичного тиску 7,1 МПа (1030 Psi), і
- тепло виділяється в газоохолоджувачі (конденсаторі) вище критичного тиску.



Рис. 2.4. Транскритичний тепловий насос CO_2

Високотемпературні теплові насоси для низьковуглецевого опалення

Властивості надкритичної рідини знаходяться між властивостями газу та рідини. Він може розширюватися, як газ, але його щільність вища, як рідина. Це забезпечує високу швидкість теплообміну між надкритичною рідиною, що дозволяє теплообмінникам ефективно підвищувати холодну воду до температури близько 100°C. На відміну від інших холодоагентів, тепло виділяється в діапазоні температур, коли транскритичний газ охолоджується.

Елементи транскритичного циклу теплового насоса схожі на стандартний робочий цикл теплового насоса, але з деякими відмінностями:

1. Стиснення CO_2 до транскритичного тиску
2. Охолодження газу в транскритичній зоні для нагріву технологічної води

3. Розширення до низького тиску
4. Випаровування шляхом охолодження потоку стічних вод
5. Перегрів у випарнику

COP теплового насоса зазвичай розраховується з використанням температури випаровування та конденсації. Ефективність транскритичного теплового насоса CO2 може бути вище, ніж звичайних теплових насосів. Транскритичні теплові насоси працюють з високим тиском холодоагенту більше 100 бар. Проте транскритичні теплові насоси не мають температури конденсації, тому середня температура розраховується за допомогою температури на вході газоохолоджувача та температури на виході з охолоджувача газу.

Щоб зробити транскритичні теплові насоси ефективним рішенням, температура рідини, що нагрівається, повинна бути достатньо низькою; типові температури холодної води є ідеальними. Якщо CO2 недостатньо охолоджується рідиною, що надходить, процес не буде ефективним. У цій ситуації кращим рішенням є аміачний тепловий насос.

РОЗДІЛ 3

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКАХ РАЗОМ З ЦЕНТРАЛІЗОВАНОЮ СИСТЕМОЮ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Інтеграція теплових насосів в систему опалення будинку

У будівлях з низьким рівнем опалення теплові насоси стали привабливою системою опалення завдяки помітному зменшенню потреби в опаленні приміщень і впровадженню низькотемпературних систем опалення, які забезпечують високу ефективність. Комфортне охолодження стає цікавішим і в житловому секторі, особливо в легких будівлях з великими вікнами, орієнтованими на південь, які частково перегріваються влітку.

Тепловий насос має унікальну особливість, що опалення та охолодження можуть забезпечуватися однією системою, а також одночасно (гаряча вода та охолодження). Таким чином, інтегрована система теплового насоса з функціями опалення, охолодження та приготування гарячої води є цікавим рішенням для енергопостачання будівель з низьким рівнем опалення.

Три різні системні концепції для інтегрованих систем теплового насоса були детально проаналізовані за допомогою моделювання. Цикл теплового насоса був змодельований, включаючи всі теплообмінники, і проаналізовано ефективність та можливі покращення з використанням різних холодоагентів (R134a, R290, R744). Для подальших досліджень, які включатимуть побудову прототипу та детальне динамічне моделювання системи, буде використана система розсіл/вода з холодоагентом R744.

Попит на енергію будівель різко знизився за останні 25 років. Це пов’язано зі стрімким розвитком будівельних матеріалів і будівельної техніки. Сьогоднішні будівлі мають лише близько 25% потреби в опаленні приміщень (40-50 кВт-

год/(м².а)) від середньої будівлі, побудованої 30 років тому (200 кВт-год/(м².а)).[34]З малоенергетичними будівлями та пасивними будинками виникають такі проблеми:

- Звичайні теплогенератори (нафтові, газові чи котли на біомасі) майже не доступні з потужністю нижче 10 кВт.
- Підключення до газової мережі або системи централізованого опалення – через економічні причини – часто неможливе для будівель з такими низькими потребами в теплі.
- Теплове навантаження, необхідне для приготування гарячої води, часто перевищує теплове навантаження для опалення приміщення.
- Легкі будівлі з великими вікнами, орієнтованими на південь, мають ризик перегріву, якщо пристрої для затінювання відсутні або не використовуються належним чином.

Можливістю вирішення цих проблем є багатофункціональний тепловий насос, який може охоплювати опалення та охолодження приміщень, як у поєднанні з приготуванням гарячої води. Хоча останнє є додатковим навантаженням в опалювальний сезон, тепло конденсатора можна використовувати для приготування гарячої води влітку, коли необхідно охолодження приміщення.

Реверсивний повітряно-повітряний тепловий насос, система повітряного опалення.

Ця система являє собою систему опалення свіжим повітрям з регульованою вентиляцією. Опалення та активне охолодження будівлі здійснюється виключно за рахунок гігієнічно необхідного повітрообміну (0,4 год-1). Тому потужність опалення та охолодження обмежена приблизно 10-12 Вт/м². [34]

Таким чином, ця система підходить лише для будинків зі стандартом пасивного будинку (будівлі з наднизьким рівнем енергії з потребою в опаленні <15 кВт·год). Якщо потрібна більша потужність опалення або охолодження, швидкість повітряного потоку, а отже, і швидкість повітрообміну необхідно збільшити, оскільки в іншому випадку будуть потрібні неприйнятні високі (або низькі) температури повітря. За рахунок збільшення повітрообміну вентиляційні втрати будівлі будуть збільшені.

Крім того, підвищений повітрообмін спричинить дуже сухе повітря в приміщенні при низьких температурах навколишнього середовища через низьку абсолютну вологість припливного повітря.

Схема конструкції системи показана на Рис.3.1.Навколишнє повітря попередньо підігрівається за допомогою ґрунтового колектора (ГК), який складається з труб, заглиблених у землю на глибину близько 1,5 м. ГК забезпечує на виході температуру повітря вище 0°C, щоб запобігти замерзанню конденсату на стороні витяжного повітря теплообмінника з рекуперацією повітря (ТРП). Влітку атмосферне повітря попередньо охолоджується в ГК. [34]

ТРП являє собою перехресний теплообмінник, в якому тепло передається від витяжного повітря з приміщень до свіжого повітря, що надходить від ГК. Передбачається, що ТРП досягає коефіцієнта рекуперації тепла 70%.

Нагрівання та охолодження припливного повітря та приготування гарячої води (БВП) здійснюється за допомогою «реверсивного» теплового насоса, тобто напрямок потоку холодоагенту в частині циклу можна змінити за допомогою 4-стороннього клапана.

У разі одночасної потреби в гарячій воді (якщо бак заряджений не повністю) конденсація холодоагенту відбувається у другому конденсаторі для приготування гарячої води (ПП_БГВ) і теблообміннник (ПП1).

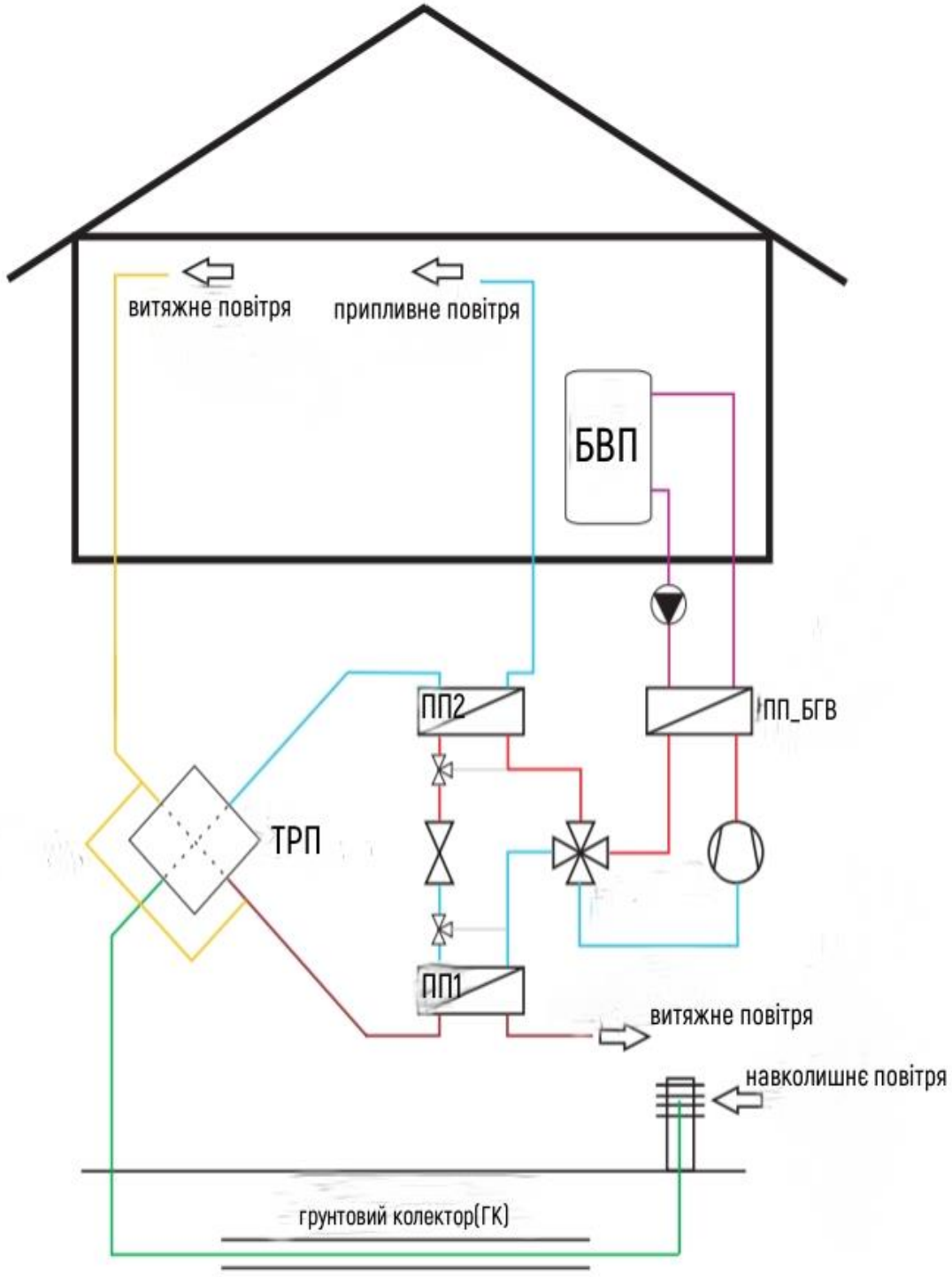


Рис.3.1. Схематичне зображення реверсивного повітряно-повітряного теплового насоса, системи повітряного опалення[34]

Можливі наступні режими роботи теплового насоса:

- **Режим опалення:** навколишнє повітря попередньо нагрівається в ГК і ТПР і знову нагрівається до температури, необхідної для покриття потреби в опаленні через конденсатор теплового насоса, розташованого в каналі припливного повітря. В якості альтернативи повторне нагрівання можна здійснити за допомогою електричного нагрівача, якщо тепловий насос заряджає бак гарячої води. Потік витяжного повітря з приміщень надходить в ТПР, тим самим передає частину свого тепла свіжому повітрю, а потім надходить у випарник, розташований у витяжному повітропроводі, де використовується як джерело тепла для теплового насоса. Другий конденсатор для приготування гарячої води пропускається тільки прісною водою в режимі гарячої води.

- **Режим гарячої води:** теплообмінник діє як конденсатор у режимі гарячої води під час заряджання бака гарячої води. Приливний теплообмінник (ПП2) шунтується, а повторний нагрів припливного повітря здійснюється за допомогою електричного нагрівача, встановленого в припливному повітропроводі. ПП1 діє як випарник теплового насоса. Можливий комбінований режим роботи з одночасним підігрівом і приготуванням гарячої води, якщо ПП_БГВ використовується як пароперегрівач, а ПП2 як конденсатор теплового насоса.

- **Режим охолодження:** у режимі охолодження рекуперація тепла повітря обходиться, оскільки повітря, що надходить від ГК, зазвичай холодніше, ніж витяжне повітря. Процес теплового насоса повертається через 4-ходовий клапан. Теплообмінник, встановлений у припливному повітропроводі діє як випарник теплового насоса, охолоджуючи повітря, що надходить від ГК, до температури, необхідної для покриття потреби в охолодженні. Теплообмінник у витяжному повітропроводі (ПП1) виконує роль конденсатора. У «реверсному режимі» холодоагент

протікає через ці теплообмінники в зворотному напрямку, тому вони працюють паралельно, а не протитечії. Стосовно конденсатора це є недоліком, оскільки процес доводиться працювати з вищими температурами конденсації.

Тепловий насос розсолу/води, водяна система опалення

У цій системі водяна система теплої підлоги використовується як для обігріву, так і для охолодження будівлі. Контрольована вентиляція не використовується, повітрообмін здійснюється виключно за допомогою віконної вентиляції за умови швидкості повітрообміну 0,4 год-1. Використовуючи систему водяного опалення, можна досягти набагато більшої потужності опалення та охолодження в порівнянні з системою повітряного опалення. [34]

Схема конструкції системи показана на Рис.3.2. Теплонасосна установка складається з необоротного циклу холодоагенту. Збірник грунту/розсолу використовується як джерело тепла теплового насоса, а також частково як тепловідвід у режимі охолодження.

Режим опалення: в режимі опалення конденсатор теплового насоса використовується для нагріву води, що протікає через систему теплої підлоги, до температури подачі, необхідної для покриття потреби в опаленні. Випарник теплового насоса використовує цикл розсолу ґрунтового колектора як джерело тепла.

Режим гарячої води: для приготування гарячої води використовується бак гарячої води, який заряджається тепловим насосом. Гаряча вода попередньо нагрівається в переохолоджувачі, а потім знову нагрівається в пароперегрівачі, який послідовно з’єднується з переохолоджувачем з боку води. Випарник теплового насоса використовує цикл розсолу ґрунтового колектора як джерело тепла.

Режим охолодження: У режимі охолодження система теплої підлоги використовується для охолодження житлового приміщення. З цією системою можливі три різні режими охолодження:

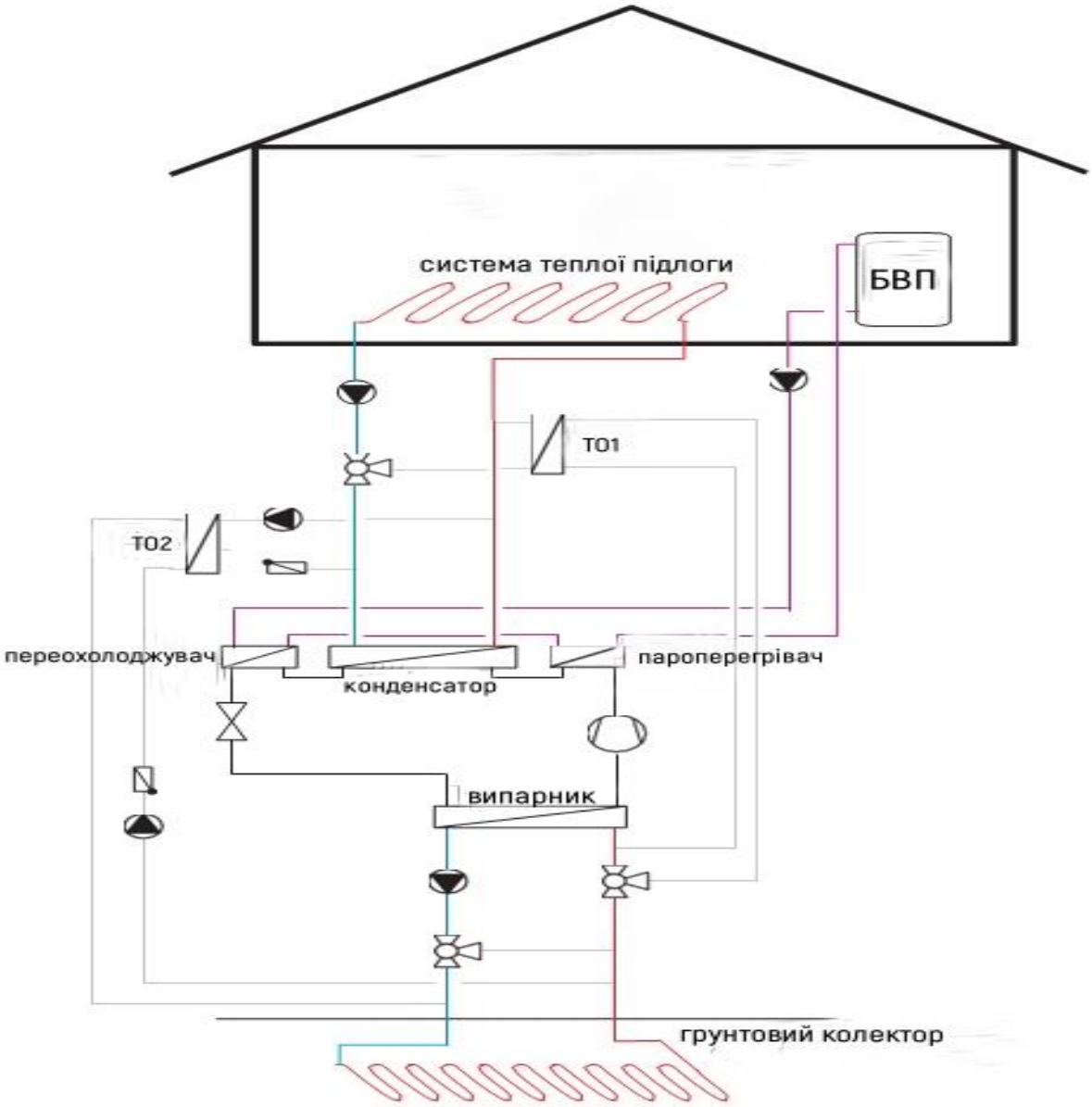


Рис.3.2. Схематичне зображення теплового насосу розсолу/води, водна система опалення[34]

Схема конструкції системи показана на малюнку 2. Теплонасосна установка складається з необоротного циклу холодоагенту. Збірник грунту/розсолу використовується як джерело тепла теплового насоса, а також частково як тепловідвід у режимі охолодження.

Режим опалення: в режимі опалення конденсатор теплового насоса використовується для нагріву води, що протікає через систему теплої підлоги, до температури подачі, необхідної для покриття потреби в опаленні. Випарник теплового насоса використовує цикл розсолу ґрунтового колектора як джерело тепла.

Режим гарячої води: для приготування гарячої води використовується бак гарячої води, який заряджається тепловим насосом. Гаряча вода попередньо нагрівається в переохолоджувачі, а потім знову нагрівається в пароперегрівачі, який послідовно з'єднується з переохолоджувачем з боку води. Випарник теплового насоса використовує цикл розсолу ґрунтового колектора як джерело тепла.

Режим охолодження: У режимі охолодження система теплої підлоги використовується для охолодження житлового приміщення. З цією системою можливі три різні режими охолодження:

1. **Активне охолодження з одночасним приготуванням гарячої води:** Тепло, зібране в системі теплої підлоги, передається в цикл розсолу (і далі у випарник) через теплообмінник ТО1. Тепло конденсатора використовується для зарядки бака гарячої води через переохолоджувач і пароперегрівач. У цьому режимі використовуються як тепла, так і холодна сторона теплового насоса.

2. **Активне охолодження:** якщо бак гарячої води вже повністю заряджений, тепло конденсатора може бути альтернативно передано в цикл розсолу через додатковий теплообмінник ТО2. Для цього також потрібен додатковий насос у циклі розсолу. Для будинків з невеликою потребою в охолодженні, як це зазвичай буває в житлових будинках в Австрії, доцільно виключити активне охолодження (без одночасного приготування гарячої води), тобто не потрібні ТО2 та друге підключення до циклу розсолу.

3. **Пасивне охолодження:** оскільки контур розсолу підключений до системи теплої підлоги через ТО1, можна виконувати пасивне охолодження за допомогою наземного теплообмінника, який виступає в якості тепловідвідника, тобто без роботи теплового насоса.

Реверсивний тепловий насос для розсолу/води, водяна система опалення

Система на Рис.3.3 дуже схожа на систему на Рис.3.2. Основна відмінність полягає в тому, що використовується реверсивний цикл теплового насоса. У порівнянні з системою 2 це має перевагу в тому, що ТО1, ТО2 і додатковий насос у циклі розсолу (порівняйте малюнок 2 і малюнок 3) не потрібні. Це дозволяє заощадити витрати та підвищити ефективність процесу теплового насоса, оскільки різниці температур, що виникають у ТО1 та ТО2, можна опустити. З іншого боку, цикл теплового насоса є більш складним і пасивне охолодження неможливе. [34]

Режим опалення: в режимі опалення конденсатор теплового насоса використовується для нагріву води, що протікає через систему теплої підлоги, до температури подачі, необхідної для покриття потреби в опаленні. Випарник теплового насоса відбирає тепло з циклу розсолу ґрунтового колектора.

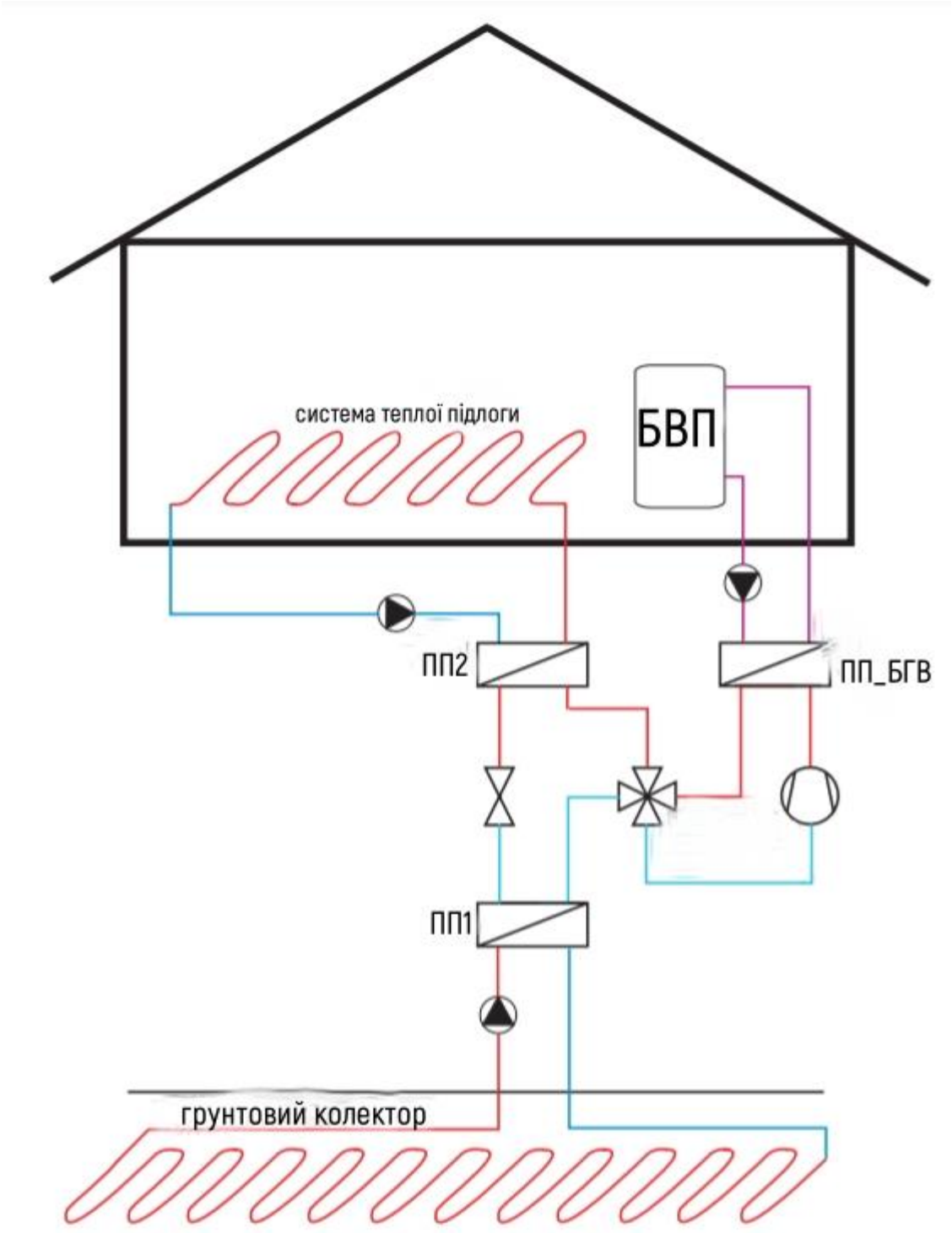


Рис.3.3. Схематичне зображення реверсивного теплового насосу для розсолу/води, водяна система опалення [34]

Режим гарячої води: для приготування гарячої води використовується бак гарячої води, який заряджається через другий конденсатор (ПП_БГВ). Можливий комбінований режим роботи з одночасним підігрівом і приготуванням гарячої води, якщо ПП_БГВ використовується як пароперегрівач, а ПП2 як конденсатор теплового насоса.

Режим охолодження: У режимі охолодження цикл теплового насоса змінюється на протилежне через 4-ходовий клапан. Таким чином, і ПП2, який використовується як випарник у цьому режимі, і ПП1 працюють паралельно, оскільки напрямок потоку холодоагенту змінюється на протилежне. Це має той самий ефект, що й у Системі 1. Можна використовувати два різних режими охолодження:

1. **Активне охолодження з одночасним приготуванням гарячої води:** ПП_БГВ використовується як конденсатор для заповнення бака гарячої води. Таким чином використовується як тепла, так і холодна сторони теплового насоса.

2. **Активне охолодження:** якщо бак гарячої води вже повністю заряджений, тепло конденсатора відводиться в цикл розсолу ґрунтового колектора через ПП1.

Пасивне охолодження неможливе з цією системою.

3.2 Проектна схема теплопостачання будівлі від теплових насосів

Основним джерелом тепла для існуючих фасадних опалювальних систем (6, 7) є тепловий насос (1)[35]. Тепловий насос використовуватиме теплоту від чотирьох низькотемпературних джерел. Теплота ґрунту відбирається від нього теплообмінниками (4). Частину теплообмінників уже встановлено. У діючій системі встановлені 60 U образних петель із поліетиленових трубок. Крім теплоти ґрунту, передбачається використовувати теплоту витяжного повітря

існуючої гравітаційної системи вентиляції будівлі. Для цього у спеціально встановленій на горищі камері будуть розташовані охолоджувачі витяжного повітря (8), через оребрені трубки яких циркулюватиме охолоджений у випарнику теплового насоса (1) гліколь. У цей же гліколевий контур будуть включені і охолоджувачі фанових труб (9), на внутрішній поверхні яких конденсуватимуться пари з вологого повітря, що видаляється системою вентилювання каналізаційних трубопроводів. Теплота конденсації цих пар також буде використана для опалення будівлі.(Рис.3.4.) [35].

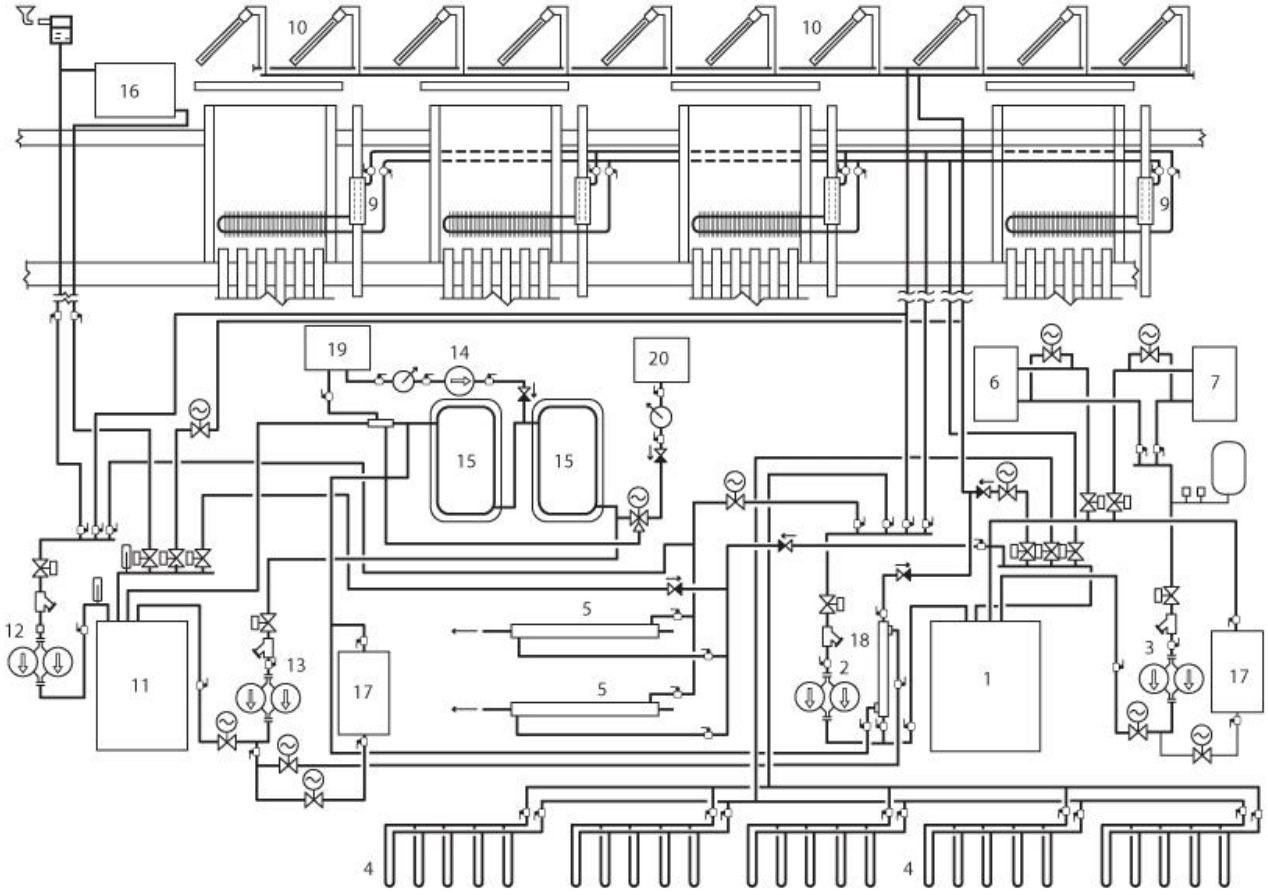


Рис.3.4. Схема теплопостачання будівлі від теплових насосів

1 - опалювальний тепловий насос, 2 - насос випарника 1, 3 - насос конденсатора 1, 4 - грунтовий теплообмінник, 5 - сточно-глікеліві теплообмінники, 6,7 – системи опалення фасадів, 8 – охолоджувачі витяжного повітря, 9 - охолоджувачі фанових труб, 10 – сонячні колектори, 11 – тепловий насос системи ГВС, 12 - насос випарника 11, 13 - насос конденсатора 11, 14 – циркулярний насос системи

ГВС, 15 – баки накопичувача, 16 – тепло зовнішнього повітря, 17 – електрокотел, 18 – підігрівач води, 19 – система ГВС, 20 – холодний водопровід.

Ще одним джерелом тепла для теплового насоса (1) будуть сонячні колектори (10). Передбачається використання вакуумних колекторів вітчизняного виробництва. Такі колектори можуть працювати, використовуючи не тільки пряме, але й розсіяне сонячне випромінювання. Водночас узимку вони працюватимуть протягом відносно нетривалого часу. Стічно-гліколеві теплообмінники (5), призначені головним чином для роботи в системі гарячого водопостачання, зможуть при необхідності працювати і на систему опалення в період, коли для підігріву побутової води використовуватиметься непікова електроенергія в години дії пільгового на неї тарифу. системи гарячого водопостачання (19) служить тепловий насос (11). [35].

Потужність теплового насоса відповідає середній потужності споживання тепла системою гарячого водопостачання з урахуванням усунення максимальних навантажень за допомогою існуючих баків-накопичувачів (15). Циркуляційний насос (13) подає в баки-накопичувачі підігріту в конденсаторі теплового насоса воду в об'ємі, відповідному потужності теплового насоса, а холодного водопроводу (20) надходить в ці баки вода в обсязі споживання. В результаті більша частина об'єму баків буде заповнена холодною водою до кінця періоду пікового водорозбору, в той час як перед початком цього періоду баки будуть наповнені гарячою водою. [35].

Влітку джерелом тепла для теплового насоса залишаться існуючі приймачі теплоти зовнішнього повітря, складені з калориферів центрального кондиціонера. Досвід їх використання показав високу ефективність такого пристрою за температури зовнішнього повітря 15 °С і вище. Сонячні колектори (10) передбачається використовувати замість теплового насоса у літній період для системи гарячого водопостачання. Для цього проектом передбачено водопідігрівач (18), в якому підігрітий у сонячних колекторах водний розчин

пропіленгліколю передає тепло воді, що використовується в системі гарячого водопостачання.

При мінливій хмарності або наявності тільки розсіяного сонячного випромінювання сонячні колектори можуть працювати спільно з тепловим насосом (11). Передбачається, що в зимовий період ці котли будуть активно застосовуватися для накопичення гарячої води вночі, і температура в баках-накопичувачах при цьому може підвищуватися до 90 °C. Для того щоб не допустити попадання води з такою високою температурою в систему гарячого водопостачання, передбачена можливість змішування з холодною водою, для цієї мети передбачений автоматизований триходовий клапан, який показаний на схемі між (20) і (15).[35].

РОЗДІЛ 4

ОГЛЯД ПИТАНЬ ЩО ОБМЕЖУЮТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

4.1Залежність вибору теплового насосу від типу будівлі

Тут потрібно розуміти мету встановлення ТН, чи буде він встановлюватися для повного покриття опалення та теплопостачання чи буде для часткового перекриття теплопостачання. Якщо взяти наприклад багатоквартирний дім то затрати на установку та експлуатацію ТН будуть значно більші за потужністю ніж при вибору приватного дому.

Візьмемо за приклад розрахунок 20 поверхового житлового будинку на 185 квартир у м. Львів[21].

Розрахунок проводився з урахуванням:

- 20 поверхів
- Загальна кількість квартир - 185
- 358 мешканців
- Тепловтрати 48 Вт/м2
- Загальна площа опалювальних приміщень 8492 м2

Замовникам було надано дані про енергоспоживання будинку за 2015 рік[21]. Виходячи з наданих даних, необхідна теплова потужність при температурі навколишнього повітря -22°C — 530,5 кВт (з урахуванням гарячого водопостачання).

Виходячи з потреб Замовника було запропоновано систему з 2 теплових насосів загальною тепловою продуктивністю 256 кВт. За умовою інтеграції системи ТН до центральної системи опалення(Рис.4.1.)

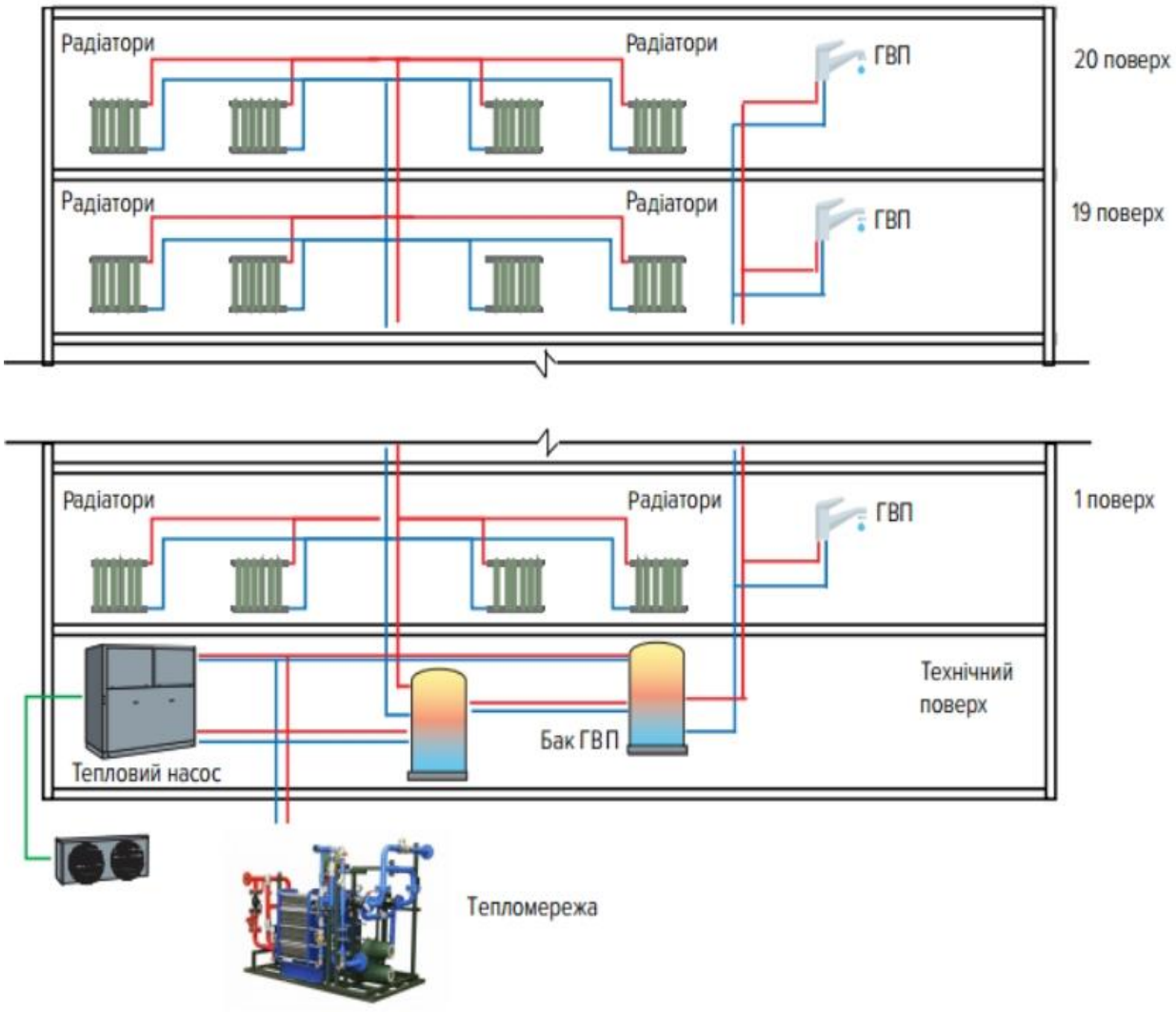


Рис.4.1. схема системи опалення та гарячого водопостачання з використанням теплового насосу

А також приклад розрахунків приватного дому в 100м^2 [18].

Для відшкодування тепловтрат приміщення в 100 м^2 в добре утепленому будинку потрібно:

$$Q_H = 50 \text{ Вт/м2 x } 100 \text{ м2} = 5000 \text{ Вт або } 5 \text{ кВт} \quad (1)$$

Для погано утепленого дому:

$$Q_H = 200 \text{ Вт/м2 x } 100 \text{ м2} = 20\,000 \text{ Вт або } 20 \text{ кВт} \quad (2)$$

Вибираючи тепловий насос для приватного будинку, зазвичай враховують роботу НР по підігріву води для кухні, ванної або душової. При цьому враховується щоденний розподіл навантаження. Найчастіше ми використовуємо теплу воду ввечері або вранці, а взимку до цих навантажень приєднується робота ТН з опалення. Зазвичай в теплонасосних системах пріоритет надається гарячому водопостачання, далі йде опалення, розрахунки проводяться за сумарними тепловими навантаженнями: для опалення та гарячої води.

Для визначення теплової потужності ТН для нагрівання води для побутових потреб користуються нормативними даними щодо споживання води певної температури та сумарного теплоспоживання, виходячи з кількості людей, які проживають у будинку.

Для однієї людини приймемо норму 50 літрів води з температурою 45 °С, що відповідає нормі споживання 0,25 кВт теплової потужності.

Отримуємо, що для сім'ї з чотирьох осіб, які мешкають у приватному будинку 100 м2, необхідна теплова потужність:

$$Q_W = 0{,}25 \text{ кВт/чол} * 4 \text{ чол.} = 1{,}0 \text{ кВт} \quad (3)$$

Тепер можна провести усереднений розрахунок теплової потужності з урахуванням сумарних навантажень на нагрівання теплоносія для системи опалення та нагрівання води для побутових потреб[18].

Сумарна теплова потужність на обігрів та ГВП для якісно утепленого будинку:

$$Q_{СУМ} = Q_H + Q_W = 5 \text{ кВт} + 1 \text{ кВт} = 6 \text{ кВт} \quad (4)$$

Сумарна теплова потужність на обігрів та ГВП для погано утепленого будинку

$$Q_{СУМ} = Q_H + Q_W = 20 \text{ кВт} + 1 \text{ кВт} = 21 \text{ кВт} \quad (5)$$

А для умов «точки бівалентності», коли на вулиці -7 °С, і необхідно підтримати +20 °С усередині будинку 100 м2, потрібно з урахуванням різниці температур:

$$Q_{расч..} = 6 * (20-(-7))/(20-(-22)) = 6 * 27 / 42 = 3{,}86 \text{ кВт} \quad (6)$$

І в другому прикладі — для будівлі без теплоізоляції необхідно:

$$Q_{расч..} = 21 * (20-(-7))/(20-(-22)) = 21 * 27 / 42 = 13{,}5 \text{ кВт} \quad (7)$$

4.2. Вибір типу роботи теплового насосу для дому

Багато факторів впливають на вибір ТН в залежності на ціль, тобто опалення дому чи його охолодження. В більшості випадків теплові насоси використовують саме для опалення будівель. Але так же в різних випадках саме для охолодження, кондиціювання повітря. Можемо розглянути приклад різного використання ТН на приклади теплового насоса що працює від температури зовнішнього повітря.

Тепловий насос повітряного джерела відбирає тепло з повітря і підвищує його до більш високої температури за допомогою компресора. Потім він передає тепло до системи опалення вашого будинку. Тепловий насос повітряного джерела поглинає тепло зовнішнього повітря в рідкий холодоагент при низькій

температурі. Використовуючи електрику, насос стискає рідину, щоб підвищити її температуру. Потім він знову конденсується в рідину, щоб вивільнити накопичене тепло. Тепло направляється на радіатори або теплу підлогу. Залишок можна зберігати у вашому циліндрі гарячої води. Ви можете використовувати накопичену гарячу воду для душу, ванни та крана. Насос використовує електроенергію для роботи, але він повинен споживати менше електричної енергії, ніж тепло, яке він виробляє. Це робить їх енергоефективним способом обігріти ваш будинок. Повітряні теплові насоси працюють, навіть якщо температура значно нижче нуля.

Теплові насоси типу «повітря-повітря» відбирають тепло із зовнішнього повітря і подають його у ваш будинок через вентилятори. Вам потрібна система циркуляції теплого повітря для переміщення тепла по вашому дому. Ці системи не можуть виробляти гарячу воду і не мають права на державні виплати за відновлювані джерела тепла. Влітку тепловий насос повітря-повітря може працювати в зворотному порядку. Іншими словами, ви можете використовувати його як кондиціонер, щоб забезпечити прохолодне повітря у вашому домі.

4.3 Розробка теплопостачання від теплового насосу

В більшості випадків теплові насоси інтегруються в уже існуючу систему опалення будівлі. Тому що с часом переходячи на відновлювані системи опалення більшість встановлюється в старі, та вже готові будівлі. Тобто при розрахунках, та підбору теплового насосу в розрахунки включають вже існуючі дані.

До таких даних можна віднести:

- Існуючу систему опалення будинку
- Наявність додаткових джерел низькопотенційної енергії
- Енергоефективність існуючої системі ГВС
- Існуючі тепловтрати дому

- Кількість мешканців в домі та їх потреби

Це деякі з основних факторів які потрібно враховувати при підборі теплового насосу. В більшості випадків для старих будівель використовують гібридну систему з інтеграцією в існуючу систему теплопостачання теплового насосу. З гібридною системою ви додаєте тепловий насос до існуючої системи опалення будинку, а також встановлюєте інтегровані елементи керування. Вбудовані елементи керування автоматично перемикаються між тепловим насосом і вашою поточною системою опалення на основі вибраних вами температур.

Наприклад, якщо у вас є тепловий насос, який дуже ефективно працює при температурах до -10 градусів за Фаренгейтом, ви можете налаштувати систему так, щоб вона використовувала тепловий насос за замовчуванням, а потім, коли температура впаде нижче -10 градусів, система автоматично перемикається на використання іншого способу опалення.

Гібридна система опалення може заощадити від 30 до 50% на ваших рахунках за опалення.

Гібридний тепловий насос – це тепловий насос з можливістю комбінування між різними способами опалення, використовуючи рішення теплового насоса або іншу систему опалення. Сьогодні на європейському ринку вже існують гібридні теплові насоси. Кілька постачальників теплових насосів пропонують рішення теплових насосів з можливістю перемикання між газовим або масляним котлом і тепловим насосом.

Приклади гібридної системи наведені в роботі в розділі 4.1 та в +розділі 3.2.

При плануванні нового дому с теплопостачанням від теплового насосу, підбір найбільш ефективної системи полягає в підборі найбільш дієвого джерела відновлюваної енергії.

Тобто будуючи котедж ми уже робимо план теплопостачання від підібраного найбільш енергоефективного теплового насосу, та спираючись на його потужність. Потужність — головний показник, який потрібно орієнтуватися під час виборів моделі теплового насоса. Розрахунок провадиться з використанням формули:

$$R = (k \times V \times T) / 860. \quad (8)$$

Де R - потужність приміщення (споживана кількість енергоресурсів кВт/год, кКал/год);

k - коефіцієнт тепловтрат будівлі (середнє значення);

V - загальний обсяг опалювальних приміщень;

T - перепад температурних значень усередині приміщення та зовні з урхуванням мінімальних показників.

Точніший розрахунок виходить при введенні у формулу конкретних значень коефіцієнта тепловтрат. Цей показник залежить від матеріалу, з якого виготовлений будинок та якості його утеплення:

0,6-1 - будівля ретельно утеплена;

1-2 - будова з цегли, покладеної в два шари;

2-3 - будинок з одношаровою цегляною кладкою;

3-4 - споруда з дерев'яних дощок.

Отриманий за формулою добуток необхідно розділити на 860. Це необхідно для отримання показника потужності не ккал/год, а кВт/год. При використанні геотермальних насосів для розрахунку потужності обов'язково враховується довжина зовнішнього контуру, що поміщається у водойму або ґрунт.

При розрахунку потужності обладнання важливо враховувати, що агрегати "ґрунт-вода" призначені для обігріву приміщення та забезпечення роботи системи гарячого водопостачання (СГВ).

Наприклад, потрібний теплонасос для обігріву будинку, площа якого 100 м^2: для обчислення потужності потрібне значення об'єму будівлі. Для цього потрібно перемножити довжину, ширину, висоту. Наприклад, 10 х 10 х 2,5 = 250 м^3. Для визначення Т важливо знати мінімальні значення температури. Усередині будівлі: +20 °С, зовні : -22 °С. Т = 20 - (-22) = 44. Коефіцієнт тепловтрат вдома - 1. R = 250 × 44 × 1 = 11000 (ккал). При розподілі отриманого значення на 860 одержуємо ≈ 12,8 кВт. Отже, для опалення будинку площею 100 м^2 потрібний тепловий насос потужністю ≈ 12,8 кВт. Фахівці рекомендують брати обладнання із запасом потужності приблизно на 10%. Оптимальний варіант вибору – агрегат на 14,5 кВт, витрачає на стиск фреону 3,22 кВт. Як низько потенційне джерело енергії використовується енергія ґрунту - чорнозем. Це тільки для опалення. Значення R необхідно обов'язково скоригувати з урахуванням енергоресурсів, які необхідні підігріву води. Для цього краще скористатися стандартними нормами споживання. Добове споживання гарячої води (температура 45 °С) на побутові потреби однією людиною - 50 л. Для цього необхідно 0,25 кВт електроенергії, на сім'ю із 4 осіб - 1 кВт.

Розрахуємо теплову потужність колектора:

$$N_{кіл} = 14,5 - 3,22 = 11,28 \text{ кВт} \quad (9)$$

Приблизне знімання тепла з 1 м колектора для чорнозему - 30 $^{Вт}/_{м^2}$.

Визначимо сумарну довжину труб, необхідну покриття цієї потужності:

$$l_{кіл} = N_{кіл} / q = 11,28 / 0,03 = 376 \text{ м.} \quad (10)$$

Відомо, що як теплоносій первинного контуру використовувався 25-відсотковий розчин гліколю, теплоємність якого при температурі 0 °С становить 3,7 кДж/кг·К, а щільність – 1050 кг/м^3.

Розрахуємо площу ділянки, прийнявши, що крок укладання (b) буде 0,8 м:

$$A_{діл} = l_{кіл} \times b = 376 \times 0{,}8 = 300{,}8 \text{ м}^2. \quad (11)$$

Визначимо загальну витрату гліколевого розчину:

$$V_{men} = 3600 \times N_{кіл} / (\rho \times c_{men} \times t) =$$
$$= 3600 \times 11{,}28 / (1050 \times 3{,}7 \times 3) = 3{,}51 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (12)$$

Завдяки розрахункам вимог теплового насосу ми маємо чітке уявлення про майбутню систему теплопостачання дому. С чого можемо розрахувати бюджетні затрати на будівництво, то окупність системи разом з будівлею, також мі вже знаємо її енергоефективність.

4.4 Вибір теплового насосу з економічної точки зору

Теплові насоси є економічно вигідними. Саме тому що вони не використовують невідновлюване викопне паливо вони є максимально вигідними, та екологічно чистими. Це гарантує, що всі фактори, необхідні для правильного розрахунку, будуть враховані. У порівнянні зі звичайними теплогенераторами, теплові насоси вимагають порівняно високих інвестицій, незважаючи на можливі субсидії, що робить необхідним точний розрахунок капітальних витрат. З іншого боку, експлуатаційні витрати є порівняно низькими, тому розрахунок рентабельності менш чутливий до майбутнього підвищення цін на енергію, ніж у теплогенераторів, що працюють на газі або нафті. Щоб визначити необхідну кількість палива або електроенергії, використовується не ступінь використання (як у випадку котелень), а річний коефіцієнт продуктивності. Досвід показав, що витрати, пов’язані зі споживанням, приблизно вдвічі нижчі, ніж з викопним паливом, і витрати на технічне обслуговування також нижчі. Таким чином, порівняння системи теплового насоса з іншими системами опалення значною мірою залежить від застосовуваної процентної ставки та передбачуваного зростання цін на енергію.

Для прикладу можемо взяті дім площею нехай 100м^2 при опаленні дому класичним котлом[22]. Розрахунок 1м2 = 0,1 кВт енергії. Він розраховується за умови опалення 10 годин на день, 30 днів на місяць, 178 днів на рік (6 місяців). Висота стелі будинку – 3м. При опаленні дому природним газом в рік буде приблизно 34,036 грн[23]. А якщо в цей же дім інтегрувати тепловий насос то вартість опалення дому в рік буде приблизно 7,304 грн[24].

При виборі ТН буде затратно установка, але окупність такої установки приблизно 5-7 років

4.5 Узагальнення питань що обмежують впровадження теплових насосів

Теплові насоси сприяють вирішенню проблеми економії палива та енергії, заміна викопного палива ядерною енергією, прискорення електрифікації та підвищення ефективності тепло- і холодопостачання промислових підприємств і комунально-побутових сферах.

Цього можна досягти при введенні ТН в систему централізованого теплопостачання, економія приблизно 20-70%. В екологічному аспекті позитивним ТН є відсутність горіння і відсутність забруднення повітря та при термічній обробці відходів виробництва, що важливо напрямок охорони навколишнього середовища від теплового забруднення.

Аналіз показує, що це має велике значення при використанні технології теплових насосів зниження втрат у самих машинах, оскільки значно підвищується коефіцієнт перетворення поданої потужності в теплову ефективність.

Теплові насоси в промислово розвинених країнах широко використовуються для тепло- і холодопостачання в технологічних процесах, для опалення та гарячого водопостачання.

Як говорилося раніше, ми визначили основні критерії для встановлення теплового насосу:

- Залежність вибору теплового насосу від типу будівлі (багатоквартирна чи котедж);
- Вибір теплового насосу з економічної точки зору(Наскільки це вигідні та окупні інвестиції власних коштів);
- Розробка теплопостачання від теплового насосу(планування теплопостачання та інтеграції для багатоквартирного дому, та розрахунок геотермального теплового насосу для котеджу);
- Вибір типу роботи теплового насосу для дому (охолодження чи обігрів)

Також тепер дайте обговоримо саме фактори, що заважають розвиватися напряму інтеграції теплових насосів.

По перше це вартість установки, теплових насосів. По скільки в залежності від потреб користувача змінюється и необхідна потужність.

Для прикладу можна взяти як раз таки розрахунку для встановлення теплового насосу в існуючу систему, та проектування для нового дому. Як мі можемо побачити з прикладу наведеного в підрозділі 4.2.(див. Ст.68) для багатоквартирного дому нам потрібен ТН продуктивністю 256 кВт. За умовою інтеграції системи ТН до центральної системи опалення це обійдеться приблизно 700000 грн. Хоча ці кошти окупні, але це потребує багато часу, та великих начальних інвестицій.

Також потрібно звернути увагу на тип установки, та низькопотенційного джерела тепла. Тому що наприклад для проекту нового дому ми можемо легко розрахувати необхідний нам ТН, та вартість системи опалення. По скільки ми

будемо при плануванні системи опалення та гарячого водопостачання відштовхуватися від найбільш енергоефективної установки, з урахуванням найбільш продуктивного джерела низькопотенційної енергії. Приклад таких розрахунків для котеджу наведено в підрозділі 4.3(дв. Ст.74).

Як і газові котли для індивідуального опалення, теплові насоси поки не можна встановлювати в старих будівлях з централізованим опаленням. Широкої практики встановлення лічильників тепла на вході в квартиру багатоквартирного будинку немає. Якщо поставити «0» теплової енергії, що відбирається від центральної системи, повітряний тепловий насос буде набагато економніше обігрівати квартиру і нагрівати воду. Можливо, таке рішення потрібно буде популяризувати як спосіб модернізації систем опалення. Однак такий підхід часто неможливий через складність розподілу тепла в будинку та ризику порушення теплового балансу будівлі та сусідніх квартир.

ВИСНОВКИ

У роботі враховані види теплових насосів. Розглядаються звичайні теплові насоси для повсякденного використання, високотемпературні (контурні) теплові насоси, що забезпечують вищу енергоефективність для більш глобальних потреб та опалення житлових будинків. У статті наведено основні фактори, необхідні для визнання теплових насосів ефективним джерелом тепла.

Також ознайомилися з тепловими насосами для забезпечення теплом багатоквартирних будинків з використанням низькопотенційної енергії. Проаналізовано потенціал низькотемпературних джерел тепла. Ми дізналися більше про високотемпературні теплові насоси, їх конструкцію та продуктивність. Розглянуто види високотемпературних теплових насосів та принцип їх роботи.

У першій частині ми розглянули основні фактори, які вказують на огляд теплових насосів як ефективного джерела тепла. Звернули увагу на самі теплові насоси, їх типи, класифікації та низькопотенційні джерела тепла. Також було проведено повний аналіз факторів, що впливають на вибір системи опалення тепловим насосом.

У другій частині аналізується потенціал низькотемпературної теплової енергії та більш ефективної ТН, тобто високотемпературної ТН. І розглянемо їх види та застосування. Тому ми розглянули доцільність введення високотемпературного високовольтного обладнання в систему центрального опалення

У третій частині ми дізналися про інтеграцію теплових насосів із системою опалення будинку. Схема опалення будинку також використовується як приклад вже вбудованого в будівлю теплового насоса.

У заключній частині ми розібрали всі фактори та проблеми, які обмежують впровадження теплових насосів у житловий фонд.

Виділення основних моментів, таких як залежність вибору ВП від типу будівлі, режиму роботи, системи опалення та економічних аспектів питання.

З перспективою впровадження високотемпературних теплових насосів у житлових будинках разом із системою центрального опалення ми проаналізували інтеграцію насосів у житлових будинках. Розглянуто приклади роботи та впровадження такої системи.

Під час робіт були розроблені основні критерії та правила інтеграції теплових насосів у житловий фонд. Також сформульовано висновки, основні критерії та вимоги до введення ТН у житловий фонд..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. https://studfile.net/preview/4193963/page:17/
2. https://www.stiebel-eltron.de/content/dam/ste/de/de/products/downloads/Planungsunterlagen/Planungshandbuch/Planungshandbuch_EE_Waermepumpen.pdf
3. https://viessmann-wt.com.ua/
4. https://www.stiebel-eltron.de/content/dam/ste/de/de/products/downloads/Planungsunterlagen/Planungshandbuch/Planungshandbuch_EE_Waermepumpen.pdf
5. file:///C:/Users/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C/Downloads/ph-waermepumpen.pdf
6. https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/164.pdf
7. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/21708/1/EnergySaving%20I.pdf
8. https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/low-temperature-heat-source
9. Стефанссон, В. Возобновляемость геотермальної енергії. В матеріалах Всесвітнього геотермального конгресу 2000, Тохоку, Японія, 28 травня-10 червня 2000 р.; стр. 883-888.
10. Стефанссон, В.; Аксельссон, Г. Стійке використання геотермальних ресурсів шляхом поетапного розвитку. В матеріалах Всесвітнього геотермального конгресу 2005 року, Анталія, Турция, 24-29 квітня 2005 року; стр. 1-8.
11. Вэй, В.; Баолонг, В.; Тянь, Й.; Веньсин, С.; Йіатинг, Л. Потенційне рішення проблеми теплового дисбалансу системи теплових насосів з наземним джерелом тепла в холодних регіонах: абсорбційний тепловий насос з наземним джерелом тепла. *Поновити. Energy* **2013** , *59* , 39-48, doi:10.1016/j.renene.2013.03.02.

12. Менса, К.; Джанг, Й.-С.; Чой, Дж.М. Оцінка стратегічного проектування в системі теплового насоса з наземним джерелом тепла. *Energy Build.* **2017** , *138* , 301-308, doi:10.1016/j.enbuild.2016.12.05

13. file:///C:/Users/%D0%9F%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C/Downloads/Electricitygenerationfromlowtemperatureindustrialexcessheat.pdf
14. https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=4558
15. https://gscomplect.com/teplovoy-nasos-ili-gazovyy-kotel/
16. http://www.builderclub.com/statia/raschet-teplopoter-doma-cherez-ograzhdayushchiye-konstrukcii
17. https://books.ifmo.ru/file/pdf/2048.pdf
18. https://hitachi-ukraine.com.ua/raschyot-teplovogo-nasosa-vozdukh-voda.html#hfaq-post-9218
19. https://heatpumpingtechnologies.org/publications/o-1-5-3-low-carbon-solution-for-heating-and-cooling-in-multi-familybuildings/
20. https://studfile.net/preview/4193963/page:18/
21. http://s-climate-s.com.ua/news/raschet-teplovogo-nasosa-na-otoplenie-dlya-20-etazhnogo-doma-na-185-kvartir/
22. https://www.nerc.gov.ua/index.php?id=15013
23. https://ukravtonomgaz.ua/ru/calc/home-heating
24. http://www.profik.com.ua/oborudovanie-daikin-2/teplovye-nasosy/raschet-elektrokotla/
25. Yushchenko, A., & Patel, M. K. (2016). Contributing to a green energy economy? A macroeconomic analysis of an energy efficiency program operated by a Swiss utility. Applied Energy, 179, 1304–1320.
26. Bertholet, J.-L., Cabrera, D., Lachal, B., & Patel, M. K. (2014). Evaluation of an energy efficiency program for small customers in Geneva. In 2014 International Energy Policy & Programme Evaluation Conference (IEPEC). Berlin

27. Aspeslagh Bart, Debaets Stefanie, Hybride heat pumps –saving energy and reducing carbon emissions, REHVA Journal, March 2013 p. 20-25
28. Smith R, Klemesˇ J, Tovazhnyanskyy LL, Kapustenko PA, Ulyev LM. Fundamentals heat processes integration (OchobL nhtelpaunn tefjobLx fpoueccob), NTU KhPI, Kharkiv, 2000
29. https://elementum.com.ua/teplovye-nasosy-heliotherm/
30. https://www.vaillant.ua/dlia-klientov/advice-knowledge/how-different-technologies-work/heat-pumps/water-water-heat-pumps/
31. https://aireng.ru/blog/regeneraciya-teploty-v-sistemah-ventilyacii.html
32. Construction Energy Economy Technology, Construction Energy Economy Professional Committee of China's Construction Industry, 1996
33. Zhou zuyi. Discussion on the term, classification and application of heating pump, Research Paper Volume (1996) of National Heat Ventilation, Air Conditioner, Refrigeration, 1996
34. Simulation of integrated heat pump systems for heating and cooling of low-heating-energy buildings a. Heinz, research associate, r. Rieberer, associate professor institute of thermal engineering, graz university of technology, inffeldgasse 25b, 8010 graz, austria
35. От централизованного теплоснабжения – к тепловым насосам в. Ф. Гершкович, канд. Техн. Наук, лауреат премии нп «авок», чп «энергоминимум», киев