МІНІСТЕРСТВО ОСІТИ 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-професійним рівнем «магістр»

«Дослідження особливостей впровадження теплових насосів в системи індивідуального теплопостачання»

Виконав студент II курсу

групи НФ- 63

П`ятниця Антон Васильович

Спеціальність 105 – прикладна фізика та наноматеріали

Освітня програма: Прикладна фізика енергетичних систем.

Керівник к.т.н. Казарова І. О.

Рецензент

Харків – 2021 року

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
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр
Спеціальність 105 – прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри

_____ Ольга ЛІСІНА

"____" _____2021 року

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

П`ятниці Антону Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: "Дослідження особливостей впровадження теплових насосів в системи індивідуального теплопостачання "

Керівник роботи __Казарова Інна Олександрівна, к. т. н._____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від "30" вересня 2021 року №0210-05/1959

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

Тенденції та етапи розвитку теплонасосної техніки. Використання низькопотенційної теплоти в системах теплозабезпечення. Аналіз копонентів теплового насосу які впливають на ефективність його роботи. Обґрунтування вибору теплового насосу для виробництва теплової енергії. Огляд системи опалення від теплового насосу та їх температурного графіку.

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	Написання пятого розділу
9	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
10	Подача науковому керівнику, доробка з урахуванням зауважень
11	Відгук. Рецензія.
12	Підготовка до захисту
13	Попередній захист на кафедрі
14	Захист

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Антон П`ЯТНИЦЯ

Керівник роботи _____ Інна КАЗАРОВА

Реферат

(випускна робота магістра). – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. – 56с.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків; містить 9 рисунків, 4 таблиць, список використаних джерел з 36 найменувань.

В магістерській роботі проаналізовано переваги та недоліки включення теплонасосних установок в індивідуальну систему теплопостачання, виявлено низку особливостей, які дозволяють визначити цільовість використання теплових насосів різних типів на заміну класичних джерел теплопостачання.

Ключові слова: теплонасосні установки , системи теплопостачання , теплові насоси.

Abstract

(master’s graduation wiork). - Karazin Kharkiv National University 2021 – 56p.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions; contains 9 figures, 4 tables, a list of used sources of 36 items.

The master's thesis analyzes the advantages and disadvantages of including heat pump systems in an individual heat supply system, identified a number of features that allow to determine the purpose of using heat pumps of different types to replace conventional heat sources.

Keywords: heat pump installations, heat supply systems, heat pumps.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТИ…….....4
ЗМІСТ…….…...….6
ВСТУП……..…..7
Розділ І Характеристики та принципи дії теплових насосів……....10
1.1. Принцип дії теплового насосу ….....……..….....10
1.2. Робочі рідини для теплонасосних установок…….…..…...15
1.3. Характеристики джерел низькотемпературної теплової енергії……...18
1.4. Класифікація та короткий огляд теплових насосів, які знайшли практичне застосування……..…..20
Розділ ІІ Схеми та аспекти застосування побутових теплових насосів для автономних систем теплопостачання…….23
2.1 Схеми застосування теплових насосів у малоповерхових приватних будинках. ……23
2.2 Обмеження впровадження теплонасосних установок у системы автономного теплопостачання……...30
2.3 Енергетичний та економічний потенціал використання теплових насосів в індивідуальних системах опалення……..….....32
РОЗДІЛ ІІІ Використання теплонасосних установок у системи з центральним водопостачанням у багатоквартирних будинках……...38
3.1 Використання теплонасосних установок на прикладі міста Київ……..38
РОЗДІЛ IV Розрахунок використання теплонасосних установок у систему автономного теплопостачання на етапі забудови……..49
Висновок ……...54
Література …….....56

ВСТУП

Нині Україна, як і світ загалом, стикається із двома тісно взаємопов'язаними проблемами: економією енергоресурсів та палива та скороченням забруднення навколишнього середовища. З виснаженням запасів викопного палива та різким зростанням вартості розробки нових родовищ стає дедалі нераціональнішим спалювати вугілля, газ та нафтопродукти в мільйонах малопотужних котлів та одиночних печах, що спричиняє велику кількість шкідливих речовин. викиди в атмосферу та значне погіршення екологічної обстановки у містах та у світі.

Одним із ефективних способів економії паливно-енергетичних ресурсів є використання екологічно чистих нетрадиційних відновлюваних джерел енергії, і в першу чергу сонячної енергії, накопиченої у землі, креслень води та повітря. Однак частота дії та низький температурний потенціал цих джерел не дозволяють використовувати їхню енергію для прямого обігріву будівель без перетворення. Теплові насоси використовуються як перетворювачі теплової енергії від низькотемпературного енергоносія до високотемпературного енергоносія.

Тепловий насос - це зворотна холодильна машина, яка дозволяє виробляти теплову енергію, використовуючи тепло низької якості із вторинних енергоресурсів та нетрадиційних відновлюваних джерел енергії. Використання теплових насосів дозволяє заощаджувати до 70% традиційних енергоресурсів.

В даний час опалення та гаряче водопостачання муніципальних об'єктів, як правило, здійснюється від централізованих систем теплопостачання. Джерелом теплової енергії у таких системах є міські теплоелектростанції, що виробляють комбіноване виробництво електроенергії та тепла, або місцеві котельні. Переваги централізованого теплопостачання широко визнані. З термодинамічної точки зору

комбіноване виробництво електроенергії та тепла на ТЕЦ набагато ефективніше, ніж роздільне виробництво електроенергії на ТЕЦ та тепла в котельнях.

Україна – визнаний лідер у використанні централізованих систем електропостачання та теплопостачання. У багатьох країнах будівництво ТЕЦ на зразок України розглядається як ефективний спосіб економії енергії та зниження негативного впливу енергетичних об'єктів на навколишнє середовище. У той же час використання централізованих систем теплопостачання має свої недоліки та обмеження. Будівництво довгих теплових труб до віддалених систем, а також до систем у районах з низькою щільністю забудови пов'язане зі значними інвестиціями та великими втратами тепла на трасі. Навіть після цього експлуатація коштує дорого. Серйозні проблеми виникають також при переобладнанні існуючих заводів та будівництві нових у густонаселених районах. У цих випадках збільшення теплових навантажень часто призводить до непереборних та фінансових труднощів для забудовника у підтримці та виконанні технічних вимог для підключення до мережі централізованого теплопостачання.

Тарифи на теплову енергію, що діють в даний час, у поєднанні з витратами на підключення до міських теплових мереж, змушують все частіше замислюватися над альтернативними способами теплопостачання. Теплонасосні системи теплопостачання є одним з найбільш ефективних альтернативних засобів вирішення проблеми. З термодинамічної точки зору схеми теплопостачання на базі теплових насосів у більшості випадків є навіть ефективнішими, ніж від ТЕЦ та індивідуальних котелень.

Теплові насоси знайшли широке застосування для теплопостачання житлових та адміністративних будівель у США, Швеції, Канаді та інших країнах із подібними до України кліматичними умовами. За прогнозом Світового енергетичного комітету до 2023 р. у передових країнах частка опалення та гарячого водопостачання за допомогою теплових насосів становитиме 75%. Розширюється

досвід застосування теплових насосів та в Україні. Тепло-холодопостачання за допомогою теплових насосів відноситься до галузі енергозберігаючих екологічно чистих технологій.

При написанні магістерської роботи використані методи літературного аналізу, узагальнення та розрахункового дослідження. В даній дипломній роботі мені була поставлена задача проаналізувати заходи впровадження теплонасосних установок у систему індивідуального теплопостачання.

Для того щоб реалізувати цю задачу потрібно було вирішити наступні завдання.

1. Розглянути різновиди теплонасосних установок.
2. Огляд критеріїв та особливості побутових теплових насосів для автономних систем теплопостачання
3. Дослідження впровадження теплонасосних установок у системи з центральним водопостачанням у багатоквартирних будинках.
4. Аналіз засобів впровадження теплонасосних установок у системи індивідуального теплопостачання.
5. Розрахунок впровадження теплонасосних установок у систему автономного теплопостачання на етапі забудови

Об`єктом дослідження є житловий будинок біля міста Киева.

Предмет дослідження – розрахунок доцільності впровадження теплонасосних установок у систему індивідуального теплопостачання.

Наукова Новизна – формування класифікації теплонасосних установок, виходячи з пріоритету використання їх як джерело індивідуального теплопостачання на території України.

Як **особистий внесок** можу відзначити аналіз раніше проведених досліджень у галузі теплонасосних установок та формування переліку особливостей, виходячи з приктики.

РОЗДІЛ І
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

1.1. Принцип дії теплового насосу

Усі теплові двигуни (двигуни внутрішнього згоряння, холодильні, парові тощо) працюють циклічно. Термін «цикл» («циклічний процес») вказує про постійну зміну стану системи (робочого тіла), внаслідок якого вона повертається у вихідний стан, з якого ці зміни починають. Графічно циклічний процес (цикл) представлений замкненою лінією. У термодинаміці вважається, що цикли складаються з певної послідовності деяких з найпростіших процесів (ізотерм, ізохорний, ізобарний, адіабатичний), в результаті чого робота тіло повертається у вихідний стан.

У 1824 році інженер С. Карно вперше застосував термодинамічний цикл для опису та аналізу роботи ідеальної теплової машини. Фактично ККД циклу Карно визначає теоретичну межу можливих значень ККД теплового двигуна для діапазону температур. Цей цикл залишається фундаментальною основою для порівняння та оцінки ККД ТН, оскільки тепловий насос можна розглядати як зворотний тепловий двигун. У прямих циклах (їх ще називають циклами двигуна, або енергетичними) ми отримуємо корисну роботу, у зворотних (вони називаються холодильними) необхідно підводити енергію для того, щоб процес тривав, оскільки другий закон термодинаміки встановлює напрямок мимовільних термодинамічних процесів, згідно з яким мимовільне перенесення тепла від холодного неможливе. тіло зігріти.

У статтях, що популяризують теплові насоси, часто можна зустріти фразу, що «тепловий насос – це холодильник». Важливо розуміти, що і холодильник, і тепловий насос слідують тому самому термодинамічному циклу - навпаки. Простіше кажучи, у першому випадку мета полягає в тому, щоб створити нижчу

температуру всередині холодильної камери, а тепло від холодильника відводиться в довкілля за рахунок додаткової енергії. Друга мета - створити підвищену температуру всередині приміщення, і за допомогою витраченої додаткової енергії тепло з навколишнього середовища відводиться в кімнату, тобто довкілля охолоджується.

Тепловий двигун (рис. 1) отримує тепло Q_H від джерела високої температури і відводить його Q_L при низькій температурі T_L, даючи корисну роботу W. Тепловому насосу потрібні робочі витрати W для отримання тепла Q_L. при низькій температурі T_L та її віддача при T_H більше.

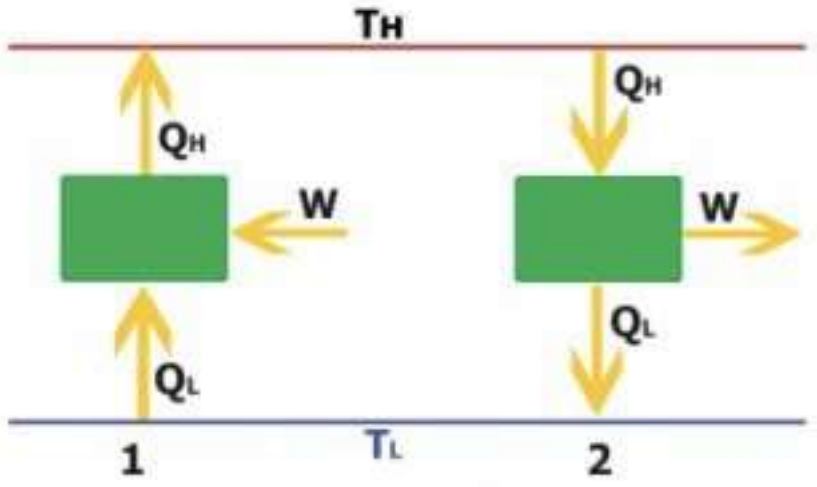


Рис 1. Термодинамічна схема теплового насосу (1) та теплового двигуна (2).

Можна показати, що якщо обидві ці машини оборотні (тобто термодинамічні процеси не містять втрат тепла або робочої сили), то для кожної з них існує кінцева межа ефективності, і в обох випадках це відношення Q (висота/ширину). Щоб збудувати вічний двигун, просто підключивши одну машину до іншої. Тільки у випадку теплового двигуна це співвідношення записується як W/Q_H і називається тепловим ККД, а для теплового насоса воно залишається рівним Q_H/W і називається коефіцієнтом перетворення тепла (K_T).

Припускаючи, що тепло подається ізотермічно при температурі T_L і відводиться ізотермічно при температурі T_H, а стиснення і розширення відбуваються при постійній ентропії. (Рис. 2), а робота здійснюється від зовнішнього двигуна, коефіцієнт перетворення для циклу Карно буде наступним:

$$КТ = TL/(TH - TL) + 1 = TH/(TH - TL)$$

Наприклад, при $T_H = 70 + 273 = 343$ K та $T_L = 5 + 273 = 278$ K ми отримуємо $C_T = 343/65 = 5{,}3$ і може бути вищим тільки при зменшенні T_H та / або збільшенні T_L. Тобто фактично при заданих температурах жоден тепловий насос не може мати кращої продуктивності, та всі практичні цикли реалізують лише бажання максимально наблизитися до цієї межі.

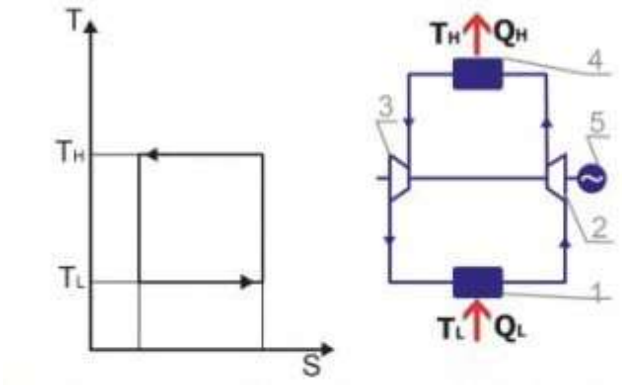


Рис 2. Принципова схема парокомпресійного теплового насоса. 1 – випарник; 2 – компресор; 3 – конденсатор; 4 – розширювальна машина (детандер); 5 – електропривод.

Принципова принципова схема роботи найбільш поширених парокомпресійних ТНУ може бути описана наступним чином (рис. 3):

1. У зовнішньому теплообміннику (випарнику) теплова енергія з навколишнього середовища за межами будівлі або від іншого доступного джерела

тепла становить ТНУ передається робоче тіло - холодоагент зазвичай фреон), що циркулює у внутрішньому контурі.

2. Фреон нагрівається, випаровується та відправляється в компресор. Компресор стискає фреон у разі підвищення температури фреону.

3. Стиснутий фреон потім проходить через внутрішній теплообмінник (конденсатор), де він конденсується і віддає тепло системі-споживачеві (пряме нагрівання повітря або теплоносія системи опалення або технологічного об'єкта, або водяне опалення для споживачів).

4. Крім того, через дросельну заслінку проходить фреон, що знижує тиск, що супроводжується зниженням температури. Цикл повторюється.

Холодоагент під високим тиском надходить у випарник через капілярний отвір, де через різке зниження тиску та тепловокладання відбувається процес випаровування. У цьому випадку холодоагент відводить тепло від внутрішніх стінок випарника, а випарник, своєю чергою, відводить тепло від землі або води. контур, завдяки якому він постійно охолоджується. Компресор всмоктує холодоагент з випарника, стискає його, що призводить до різкого підвищення температури холодоагенту та виштовхує його в конденсатор.

Крім того, в конденсаторі нагрітий холодоагент за рахунок стиснення віддає тепло (температура порядку 85-125°C) у контур опалення та переходить у рідкий стан. Процес повторюється постійно.

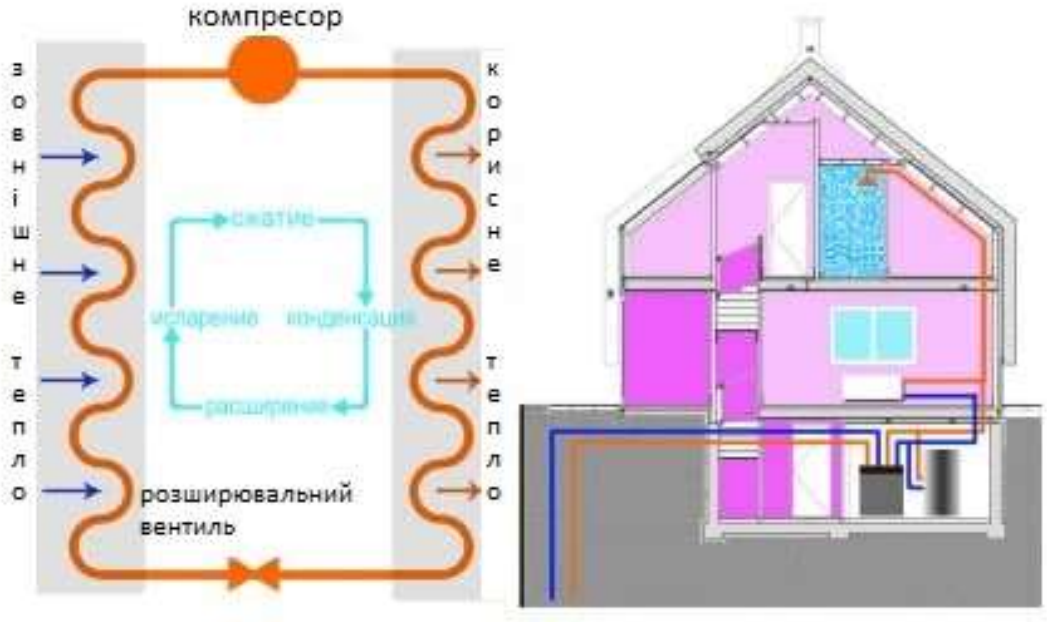


Рис. 3. Принципова схема парокомпресійного теплового насоса «грунт-вода»

Крім того, в конденсаторі нагрітий холодоагент за рахунок стиснення віддає тепло (температура порядку 85-125°С) у контур опалення та переходить у рідкий стан. Процес повторюється постійно. Найбільш типовий температурний рівень для зовнішнього теплообмінника в режимі використання парокомпресора ТНУ для теплопостачання від +5 ºС до -15 ºС, для внутрішнього теплообмінника від +35 ºС при +60 ºС, що дозволяє забезпечити систему опалення на більшу частину опалювального періоду та гаряче водопостачання. При цьому, якщо прийняти отриману корисну теплову потужність за 100%, частка споживаної електроенергії складе 20-30%. Отже, коефіцієнт енергоефективності, що дорівнює відношенню отриманої корисної теплової потужності до споживаної електроенергії, знаходиться між 3,3 і 4. Температурний діапазон і коефіцієнт енергоефективності визначаються властивостями холодоагенту та параметрами циклу (тиском).

Розширення температурного діапазону можливе як за рахунок використання нижчих температур навколишнього середовища (до -25 ° С і нижче), так і для

отримання більш високого потенційного тепла - вище 60 ° С. Однак ці параметри потребують більш дорогого обладнання, а коефіцієнт енергоефективності нижче. .. У режимі охолодження ТНУ працює, передаючи теплову енергію з приміщення, що охолоджується (на рівні температури, необхідної для системи кондиціонування повітря, тобто + 10°С) у навколишнє середовище.

1.2. Робочі рідини для теплонасосних установок

У холодильних установках, що використовуються з середини 18-го і початку 20-го століть, як холодоагенти використовувалися вода, повітря, діетиловий і метиловий ефіри, аміак, діоксид вуглецю, діоксид сірки, метилхлорид і т. д., Томас Мідглі відкрив новий холодагент : дихлордифторметан, що відноситься до групи хлорфторвуглеців (ХФУ), який має практично оптимальні властивості для холодоагентів. Він мав необхідну температуру кипіння, був нетоксичний, негорючий і не видавав різкого запаху. У 1930 році компанія Kinetic Kenicans Inc. (США) виготовила перші партії дихлордифторметану, ця ж компанія ввела торгову назву FREON® 12.

Позначення холодоагенту буквою R (холодоагент - холодоагент, холодоагент), а також назва FREON стали загальноприйнятими. Фреони (фреони) - технічна назва групи насичених аліфатичних фторованих вуглеводнів. Крім атомів фтору, молекули фреону зазвичай містять атоми хлору. Фреони – це безбарвні гази чи рідини без запаху.

З 1935 року налагоджено виробництво холодоагенту R22, який належить до групи гідрохлорфторвуглеців (ГХФУ). В 1950 для систем кондиціонування був отриманий азеотропний змішаний холодоагент R500, який за холодопродуктивністю перевищує R12. R500 включає хладагенти R12 і R152a, де R152a був першим галогенованим вуглеводнем, що не містить хлору. Технологія змішування холодоагентів призвела до появи в 1952 змішаного холодоагенту R502, який замінив R22 в низькотемпературних холодильних установках.

У 1980-х роках, коли вчені з різних країн почали вивчати вплив ХФУ та ГХФУ на навколишнє середовище, ці холодоагенти стали приводом для занепокоєння у зв'язку з глобальними проблемами: посиленням парникового ефекту і можливим руйнуванням озонового шару.

Наступним важливим кроком у вирішенні цієї проблеми стало підписання усіма промислово розвиненими країнами Монреальського протоколу 1987 року. У 1986 році загальне виробництво фреону склало 1123 мільйони тонн (30% припадало на США, 20% на Європу, на Росію та Японію по 10%).

Для заміни R12 найбільші світові виробники хімічної продукції з початку 1990-х років розробили та випустили однокомпонентний озонобезпечний холодоагент R134a. Пізніше були розроблені озонобезпечні службові суміші, які належать до групи гідрофторвуглецев (ДФУ) (R404A, R407C і т.д.). З метою зниження експлуатаційних витрат було отримано змішані холодоагенти із групи гідрохлорфторвуглецев (ГХФУ).

Останніми роками холодильна промисловість активно шукала заміну холодоагентам на основі ДХФУ. Ця проблема особливо серйозна у Сполучених Штатах, де холодоагенти на основі ГХФУ використовуються у більшості систем центрального кондиціювання повітря та теплових насосів, а також у багатьох системах охолодження. За ступенем руйнівної активності озонового шару Землі галогеновані вуглеводні поділяються на 3 групи:

- Хлорфторвуглеці CFCs (CFCs) - Висока озоноруйнівна здатність. Холодагенти цього типу включають: R11, R12, R13, R113, R114, R115, R500, R502, R503, R12B1, R13B1.
- Гідрохлорфторвуглеці ГХФУ - це холодоагенти з низькою озоноруйнівною активністю. До них відносяться: R21, R22, R141b, R142b, R123, R124.

- Гідрофторвуглеці HFC (HFC), фторвуглеці FU (FC), вуглеводні (HC). Холодоагенти, що не містять хлору, вважаються повністю безпечними для озону. Це холодоагенти R134, R134a, R152a, R143a, R125, R32, R23, R218, R116, RC318, R290, R600, R600a, R717 та ін.

Азеотропна суміш - це механічна суміш двох або більше холодоагентів, які в правильних пропорціях складають холодоагент з крапкою кипіння, яка відрізняється від точок кипіння окремих компонентів.

Азеотропна суміш кипить при постійній температурі, зберігаючи той самий склад пари, що і рідина. Параметри азеотропної суміші протиставляються зеотропним холодоагентам.

Зеотропна суміш - це механічна суміш холодоагентів з різними температурами насичення за однакового тиску. Отже, за деяких умов холодоагенти можуть поділитися на складові.

Температурою насичення вважається температура, коли він остання крапля рідини в суміші випаровується при заданому тиску. Ця температура називається точкою роси зеотропного холодоагенту. Крім того, компоненти холодоагенту не конденсуються при одній і тій же температурі.

Температура конденсації насичення - це температура, за якої остання частка пари конденсується при заданому тиску. Ця температура називається точкою кипіння зеотропного холодоагенту [36].

1.3. Характеристики джерел низькотемпературної теплової енергії повітря.

Тепло з повітря можна використовувати безпосередньо у тепловому насосі. Це джерело легко доступне. Оскільки температура повітря в період опалення значно змінюється, використання цього джерела у цей час не завжди рекомендується для надійного та якісного теплопостачання споживача. Деякі компанії впроваджують рішення, які дозволяють тепловому насосу виробляти гарячу воду влітку за рахунок зовнішнього повітря, а під час опалювального сезону насос перемикається на інше джерело низькотемпературної теплової енергії (наприклад, ґрунтові води).

У певній кількості будівель реалізація заходів щодо модернізації та реконструкції навколишніх конструкцій призводить до того, що викиди на вентиляцію становлять значну частину теплових втрат. При цьому вводяться системи припливно-витяжної вентиляції, що створюють технічні можливості організації використання теплових викидів. Тепловий насос дозволяє глибоко та цілий рік використовувати тепло від вентиляційних викидів.

Підземні води. Тепло, що міститься в ґрунтових водах та підземних озерах, подається безпосередньо тепловим насосом. Вода повинна мати відповідний склад, температуру не нижче +8°С протягом усього року, а також повинна бути чистою (з точки зору дрейфу теплообмінника) та у достатній кількості.

При використанні підземних вод як джерело тепла теж є нюанси, головний: охолоджену у тепловому насосі воду не можна повернути назад прямо на точку відбору, тому що при цьому криниця охолоджується. Інженерні рішення пропонують скинути воду, що віддала теплову енергію, в іншу свердловину так, щоб напрямок потоку підземних вод був від місця скидання до місця видобутку [31].

Геотермальне чи ґрунтове тепло. Відомо, що на певній глибині ґрунту її температура позитивна (а зі збільшенням глибини температура підвищується). Теплова енергія, що міститься в землі, передається по циркуляційному контуру теплового насоса через теплообмінник (колектор) депресії і теплоносій. У цьому випадку теплоносієм має бути незамерзаюча та екологічно чиста рідина, а циркуляція забезпечується циркуляційним насосом. Теплообмінник можна закопати на різній відстані залежно від необхідної потужності. Для отримання високої тепловіддачі рекомендується колодязь глибиною 100-150 м. Для отримання малої потужності достатньо розмістити теплообмінник у плоскому або ямовому колекторі на глибині 1,5-2 м. температура грунту знижується через постійне відведення тепла, тому за певних температурних умов ця ділянка ґрунти також може промерзати.

Поверхність води. При використанні поверхневих вод до неї висуваються певні вимоги, як і до ґрунтових. При впровадженні теплових насосів, що використовують це джерело низькотемпературної теплової енергії, виникають проблеми з чистотою води, а також з регулярністю температури (у більшості випадків температура поверхневих вод підтримується в облік промислових стоків).

У кліматі з м'яким кліматом та постійною температурою води на поверхні тепловий насос може стати чудовим рішенням для вирішення проблем із гарячою водою. Деякі фахівці розробляють та впроваджують рішення щодо використання теплової енергії з морської води.

Сонячна енергія. Використання сонячної енергії можливе із сонячними колекторами або у поєднанні з додатковим джерелом теплової енергії за низької температури. Можливі варіанти використання акумуляторів сонячної енергії як розсольних басейнів. Більшість експертів схиляються до думки, що таке використання теплових насосів є економічно неефективним через великі

інвестиційні витрати. Більш ефективно при достатньої сонячної активності використовувати системи теплопостачання без теплових насосів, багато з яких вже розроблено.

Залишкове тепло від промислових установок. Внаслідок технологічних процесів на промислових підприємствах виробляється велика кількість низькотемпературної теплової енергії, яка не використовується у технологічному циклі. Залежно від конкретних умов залишкова теплова енергія може бути використана для теплопостачання цехів, цехів, складів промислового підприємства і т.д. від споживача [32].

Стоки. Після використання промисловими підприємствами (близько 40% від загального обсягу) вода остаточно зливається та прямує у природні водойми. Відповідно до сучасних вимог щодо охорони навколишнього середовища промислові та міські стічні води перед скиданням у водоймища необхідно піддавати комплексному очищенню на водоочисних спорудах або в установках аерації (у великих містах). Наприклад, у Москві кілька станцій аерації скидають у Москву-річку понад 5 млн м3 на добу. очищена вода з температурою 16-22°С; з водою також надходить тепловий потік у 34 мільйони кВт, який можна використовувати в ГЕС і перетворювати низькоякісне тепло на тепло з вищою температурою, здатне задовольнити певну частину потреб і знизити витрату палива [34].

1.4. Класифікація та короткий огляд теплових насосів, які знайшли практичне застосування

В даний час створено та знаходиться в експлуатації велика кількість теплонасосних агрегатів, що відрізняються тепловими схемами, видами робіт та обладнанням, що використовується. Немає єдиної усталеної думки про позначення різних класів установок. Є кілька позначень та термінів. Для практичного використання найбільш поширені моделі зручно класифікувати за принципом

роботи теплового насоса (стиснення або поглинання пари) або джерелом теплової енергії (геотермальна енергія або навколишнє повітря).

За циклами та схемами роботи

1) компресійні, в т.ч.:

- газокомпресійні;
- парокомпресійні (цикл Карно);

2) сорбційні теплові насоси, у т.ч.:

- абсорбційні (АБТН);
- адсорбційні (АДТН);

Більш рідкісні види:

- теплові насоси, що базуються на використанні ефекту Ранка;
- теплові насоси на основі подвійного циклу Ренкіна;
- теплові насоси, що працюють за циклом Стірлінга;
- теплові насоси, що працюють за Брайтонським циклом;
- термоелектричні теплові насоси.
- перевернутий паливний елемент;
- теплові насоси, які використовують термоядерне тепло;
- теплові насоси механохімічним впливом;
- теплові насоси з магнітокалоричним ефектом.

Від низькопотенційних джерел тепла теплового насосу

- навколишнє повітря;
- водосховища, озера, річки тощо;
- підземні та підземні води (колодязі, колодязі);
- поверхневий та глибокий ґрунт (геотермальні та геотермальні зонди);
- низькопотенційні технологічні джерела тепла:
  - витяжне вентиляційне повітря;

- стічні води та стічні води;
- промислові скидання;
- теплова енергія технологічних та побутових процесів.

Хоча тепловий насос в одновалентному режимі повністю вирішує проблему теплопостачання будівлі, його суттєвим недоліком є високі початкові вкладення обладнання [32].

Бівалентна система теплопостачання - це система, в якій використовуються два або більше джерел теплової енергії з різними видами палива. Щоб підвищити економічність теплового насоса, виберіть бівалентний режим роботи. Бівалентний режим передбачає роботу теплового насоса у поєднанні з іншим опалювальним приладом: газовим, електричним, твердопаливним котлом тощо.

При температурах нижче точки бівалентності тепловий насос можна вимкнути або працювати разом з додатковим джерелом тепла, але це не покриває потреби в теплі. У зв'язку з цим розрізняють три типи роботи бівалентного теплового насосу:

- Бівалентний альтернативний
- Бівалентний допоміжний
- Бівалентний комбінований

В альтернативному режимі тепловий насос забезпечує повне теплове навантаження будівлі до точки рівноваги. Потім він відключається, і все навантаження перемикається на додатковий теплогенератор, який забезпечує потрібний температурний режим. Додаткове джерело тепла розраховане на максимальне теплове навантаження. Найчастіше такий режим виникає, коли як допоміжний, та виступає твердопаливний котел або димар з водяною сорочкою.

Навіть у вторинному режимі тепловий насос повністю забезпечує теплове навантаження до рівноваги, але не відключається при досягненні цієї точки, а працює разом з додатковим теплогенератором. Функція додаткового

теплогенератора полягає у забезпеченні відповідного температурного режиму на основі рівноважної температури. У цьому випадку потужність додаткового джерела тепла може бути обрана виходячи з відсутньої потужності пікового навантаження (зазвичай це може бути невеликий електричний нагрівач), потужність теплового насоса вибирається для біваленттності точки.

РОЗДІЛ ІІ

Схеми та аспекти застосування побутових теплових насосів для автономних систем теплопостачання

2.1. Схеми застосування теплових насосів у малоповерхових приватних будинках.

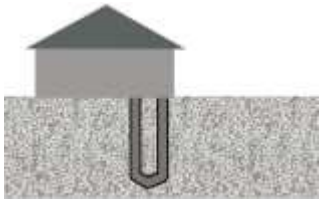
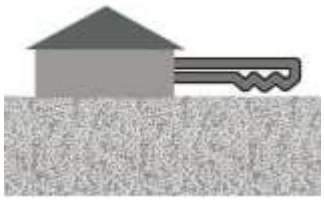
Як у світовій, так і в українській практиці теплонасосні установки найбільш широко використовуються в житлово-комунальному господарстві, в основному для опалення та гарячого водопостачання. Впровадження теплопостачання на базі теплонасосних установок необхідне в першу чергу в населених пунктах, що не опалюються, щоб виключити використання електрокотелень. Використання теплових насосів в автономних системах теплопостачання є перспективним практично на всій території України, але слід розуміти, що вироблення тепла здійснюється зі значною витратою електроенергії, хоча й у кілька разів меншою, ніж при прямому електричному опаленні.

Окремим напрямком могло б стати використання теплових насосів у регіонах, де постачається дизельне паливо, де його можна використовувати для приводу компресора теплового насоса. Крім того, теплові насоси також забезпечують охолодження, що є додатковою перевагою.

Тепловий насос як джерело теплової енергії для опалення та гарячого водопостачання невеликих приватних будинків може використовуватися не тільки

як дешевша альтернатива електричному опаленню, але іноді виправдано екологічними міркуваннями (відсутність викидів на місці встановлення).

Табл.1. Особливості циклу

Ґрунтовий горизонтальний теплообмінник 	Замкнений контур теплообмінника укладають у горизонтальні траншеї глибиною 4...6 м і завдовжки до 100 м. Потрібна велика площа	Проміжна рідина, що охолоджує - антифриз або розсіл. Температура ґрунту на глибині понад 4 м постійна і відповідає середньорічній температурі повітря (2...10°С).
Ґрунтовий вертикальний теплообмінник 	Теплообмінник замкнутого циклу монтується вертикально в просвердлених свердловинах на глибину до 100 м. Застосовується у важких ґрунтах або на обмеженій площі.	Так само
Повітряний Теплообмінник 	Випарник розміщується у вентиляційних каналах, що видаляють нагріте повітря із приміщення або в атмосферне повітря. Використання повітря характеризується швидким падінням потужності при зниженні його температури, утворенням мряки на поверхні випарника при температурі повітря нижче 6°С.	Проміжний контур відсутній, температура витяжного повітря 18...25°С, температура навколишнього повітря в опалювальний період - 10...10°С.

Ланцюги теплопостачання з тепловим насосом, які використовуються для теплопостачання будинків, з точки зору включення пікового нагрівача можна розділити на послідовні та паралельні. У послідовній схемі вода, нагріта тепловим насосом - при зовнішніх температурах, достатніх покриття навантаження, - надходить у радіатори [31].

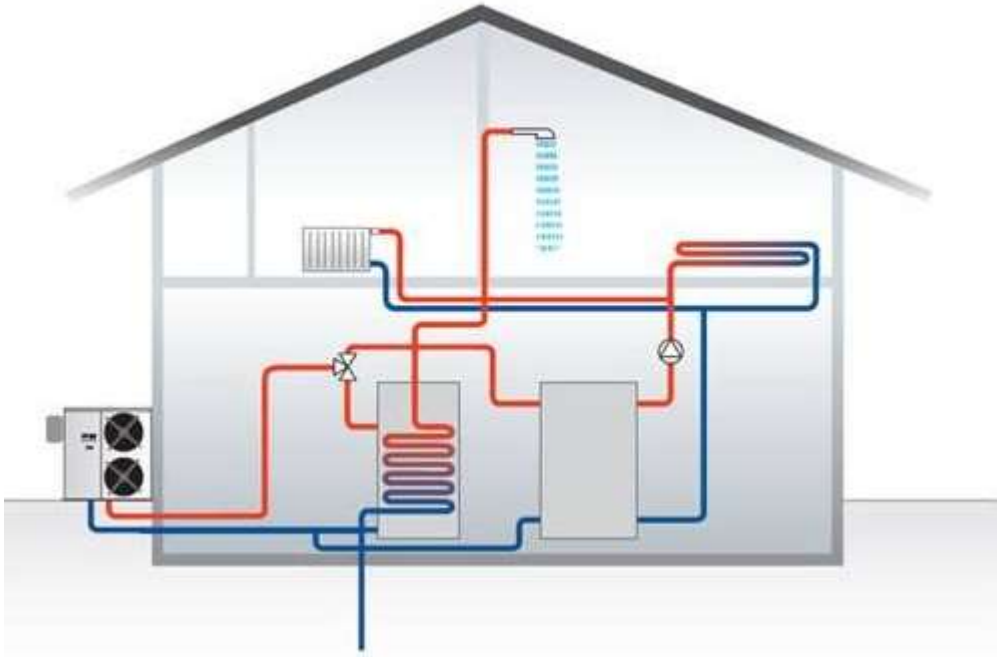


Рис. . Принципова схема теплонасосної установки типу «Воздух - Вода»

У холодніших кліматичних умовах включається пікове джерело. У паралельній схемі з піковим електричним опором вода, нагріта тепловим насосом, подається в радіатори протягом усього періоду нагріву, і, починаючи з певних зовнішніх температур, потрібно вироблення тепла для підтримки температури стандартного повітря. в опалюваних приміщеннях [22].

Як джерело можна використовувати газовий котел, котел на рідкому паливі, електрокотел, конвективний або інфрачервоний обігрівач, що також спричиняє додаткові витрати.

Висока енергоефективність забезпечується поєднанням теплового насоса із системою опалення «Тепла підлога». У такій системі тепловий насос працює

протягом усього періоду опалення. Однак у ньому, починаючи з певних температур зовнішнього повітря, потрібно додаткове тепловиділення підтримки стандартної температури повітря у приміщенні [24].

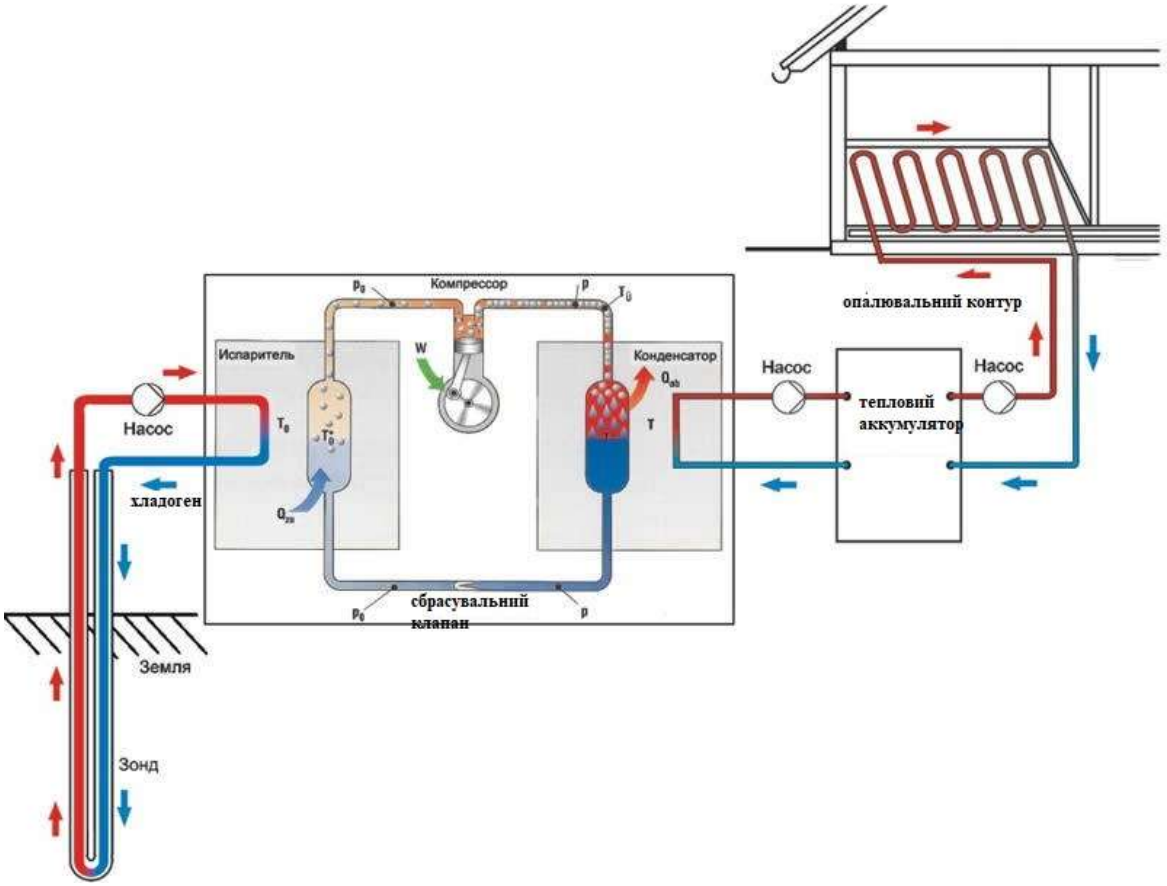


Рис. . Принципова схема теплонасосної установки типу «Грунт - Вода»

Відповідно до СНиП 41-01-2003 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» середня температура підлог приміщень з постійною присутністю людей не повинна перевищувати 26°С [27]. Низькотемпературна система опалення «тепла підлога» дозволяє отримати тепловий потік 50-150 Вт/м2, при температурі теплоносія 35-55 ºС. При цьому на елементи інтер'єру накладаються обмеження: є вимоги до товщини та теплопровідності покриття для підлоги, використання не допускається килимів, відстань між стінами та кордоном укладання труб обов'язково; потрібен план розміщення меблів, зміна якого в майбутньому

небажана. Загалом максимальна площа для укладання «теплої підлоги» становить 60-70% опалювальної площі.

Крім компресійних теплових насосів, які вже знайшли широке застосування при подачі тепла, можна використовувати абсорбційні теплові насоси, в яких функцію електричного компресора виконує так званий «тепловий компресор», який працює від палива, що горить [5].

Останнім часом виробники малопотужних теплових насосів готуються випустити моделі абсорбційних та адсорбційних теплових насосів на основі мікропористого мінералу «цеоліт». У них вищі капітальні вкладення.

Перевага абсорбуючих та адсорбуючих теплових насосів полягає в тому, що вони можуть працювати на менш дорогій енергії, ніж спалювання електричного палива. Теплові насоси цього типу не мають електричного компресора, електрика необхідна тільки для циркуляції теплоносія в системі опалення та системі теплопередачі ступеня низького тиску.

Абсорбуючі та адсорбуючі теплові насоси вимагають нижчої холодопродуктивності, ніж компресорні теплові насоси - це дозволяє використовувати більш дрібні свердловини, заощаджуючи на дорогих бурових роботах. Якщо порівняти ГЕС із різними системами використання низькопотенційного тепла, можна побачити таке [1].

Найпоширеніший – повітряний тепловий насос. Яскравий приклад - безліч кондиціонерів з функцією обігріву приміщення, цей тип дуже поширений в регіонах з теплим кліматом (у тому числі в США та Європі). При установці не потрібно копання котлованів, буріння колодязів для прокладання першого контуру, трубопроводів та насосів [3].

Внутрішні системи для теплових насосів типу «повітря-повітря» найпростіші: зовнішній блок підключається фреоновими магістралями безпосередньо до внутрішніх блоків.

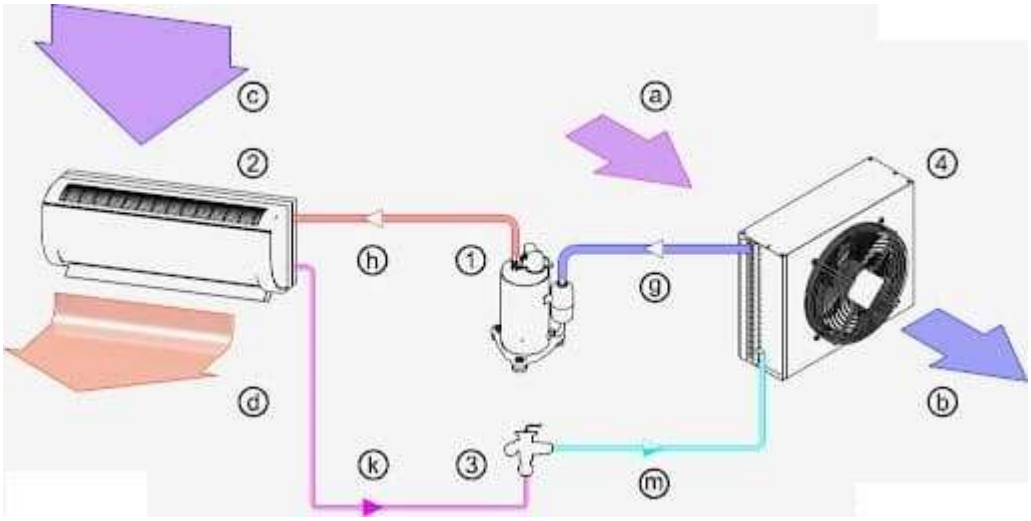


Рис. . Принципова схема теплонасосної установки типу «Воздух - Воздух»

a- Зовнішнє повітря на вході у випарник теплового насосу.

b - Зовнішнє охолоджене повітря на виході з випарника теплового насоса.

c- Повітря приміщення на вході в конденсатор (нагрівач) теплового насосу.

d- Підігріте повітря приміщення на виході з конденсатора (нагрівача) теплового насоса.

g-Всмоктування холодоагенту компресором.

h- Нагнітання холодоагенту в конденсатор.

k-Подача холодоагенту, що сконденсувався, до вентиля терморегулюючого Рідина.

m - Подача холодоагенту у випарник.

1– компресор поршневий герметичний.

2– повітряний конденсатор (нагрівач повітря).

3– вентиль терморегулюючий.

4 – повітряний випарник з вентилятором у зборі.

Це поширене рішення для локальних систем охолодження окремих приміщень – квартир та офісів, воно також реалізовано для будівель, у тому числі в режимі опалення [7].

Для системи водяного опалення потрібно теплообмінник водяного опалення. При проектуванні системи опалення на базі теплового насосу необхідно враховувати реальні параметри теплоносія, а при вже реалізованій системі опалення необхідно буде перевірити її роботу з параметрами теплового насосу та можливу модернізацію. Для південних регіонів теплові насоси типу «повітря-повітря» можуть стати економічним варіантом як для обігріву взимку, так і для охолодження влітку. Деякі сучасні ГЕС працюють за температур до мінус 25°С і нижче, але з деяким зниженням ККД. Потрібні економічні розрахунки та можна рекомендувати використання додаткового джерела тепла при пікових навантаженнях (двохвалентна схема).

Для цілорічних будинків у центральній України може бути більш ефективним використання геотермальних гідроелектростанцій, які використовують землю чи воду як основне джерело тепла. Якщо є велика земельна ділянка, можна встановити горизонтальний колектор на землю; при нестачі місця потрібні колодязі та термозонди. Колектор можна розмістити на дні водоймища біля будинку. Все сказане вище відноситься до закритих систем [6].

У таких системах зовнішні первинні джерела тепла не використовуються усередині. Вартість геотермальної гідроелектростанції складається з вартості самої гідроелектростанції з водяним охолодженням, обладнання системи опалення (теплі підлоги/радіатори/фанкойли) та системи збору низькопотенційного тепла (колодязі або горизонтальний колектор) [15].

Теоретично можливий відкритий варіант типу «вода – вода», без зондів та колектора, із забором води з резервуару, прокачуванням через теплообмінник теплонасосної устновки та зливом у цей же резервуар. Потрібні розрахунки витрат

на трубопроводи, насоси, теплообмінники, електрику - для конкретних умов з урахуванням взаємного розташування резервуару та будівлі. Близький варіант – розмістити теплообмінник у резервуарі [13].

2.2 Обмеження впровадження теплонасосних установок у системы автономного теплопостачання.

Незважаючи на низку привабливих факторів, використання теплових насосних установок для автономного опалення та гарячого водопостачання малоповерхових будівель у порівнянні з традиційними автономними системами опалення (індивідуальні газові та електричні котли), теплові насосні установки мають ряд переваг: обмеження, для подолання яких необхідні певні умови, та часто додаткові капітальні витрати.

Основні обмеження застосування теплових насосів в індивідуальному житловому секторі, але не обмежуються ними, полягають у наступному [12].

1.Високі питомі капітальні вкладення. Ринок теплового насосного обладнання в Україні восновному представлений тепловими насосами іноземного виробництва (Німеччина, Австрія, США), які є досить дорогими. Крім вартості основного обладнання, його монтажу та введення в експлуатацію найбільш поширені геотермальні теплові насосні системи у сфері теплопостачання вимагають буріння на глибину 50-100 м, що також є дорогим.

Більше економічним рішенням є установки з горизонтальним колектором, для яких, однак, потрібна вільна земельна ділянка зі значною площею, виключена з комерційного руху.

2.Температурні обмеження виході теплового насоса. Як правило, максимальна температура, яку може забезпечити опалювальний контур

геотермальних теплових насосів, становить 55°С, для деяких моделей – 60-65°С. Щоб тепловий насос працював протягом усього опалювального періоду та максимально використав його потенціал енергозбереження, необхідно використовувати низькотемпературні системи опалення - системи опалення з максимальною температурою у прямій та зворотній лініях, що не перевищує 70 і 50°С відповідно [17].

Однак для низькотемпературних систем потрібна велика площа нагрівальних пристроїв у порівнянні з традиційними системами опалення, розрахованими на діапазон температур 95/70°С. Це спричиняє додаткові витрати.

3. Неоднорідність теплового потенціалу ґрунту в районному розрізі. Потенціал ґрунту як джерела тепла для південних регіонів значно вищий, ніж для північних. Так, температура ґрунту на глибині 50-100 м у Херсоні становить 15-16 ºС, у Києві 10-11 ºС, а у Харкові 9-7 ºС. Що температура грунту, то вище коефіцієнт трансформації, тим менше електроенергії витрачає тепловий насос для вироблення тієї самої кількості тепла.

Слід зазначити, що економічна ефективність використання теплових насосів для теплопостачання суттєво залежить від кліматичних умов регіону загалом, а чинники, що впливають ефективність використання теплових насосів, мають різну спрямованість.

Тепловий потенціал ґрунту та коефіцієнт трансформації збільшується з півночі на південь, але тривалість періоду нагрівання та кількість годин використання теплових насосів, а отже, і реалізація їхньої потенційної економії енергії, зменшується. з півночі на південь. Використання тепла від ґрунтової маси пов'язане із технологічними труднощами [8].

У разі встановлення вертикальних або горизонтальних теплообмінників у ґрунтовому масиві через відносно слабкі теплофізичні властивості грунту необхідно значно розвивати поверхні теплообміну, що призводить до високих

інвестиційних витрат (до 40 % вартості всієї системи опалення тепловим насосом). При використанні тепла від землі через ґрунтові води технічні рішення залежать від гідрогеологічних умов району будівництва. Тому в кожному конкретному об'єкті остаточне технічне рішення приймається на підставі інженерних досліджень.

4. Врахування фактора охолодження ґрунту при роботі теплового насосу. Споживання теплової енергії наприкінці опалювального сезону викликає зниження температури ґрунту в районі трубопроводу системи збирання тепла, що у вищих кліматичних умовах на частині території України не спостерігається. Влітку встигають компенсувати та на початк наступного опалювального сезону ґрунт виходить зі зниженим температурним потенціалом.

На півночі цей чинник більш виражений, ніж Півдні. Споживання теплової енергії протягом кожного наступного опалювального сезону викликає додаткове охолодження ґрунту (цей процес описаний у розділах вище). Зниження температури ґрунту носить експоненційний характер і приблизно через п'ять років експлуатації його температура досягає майже стаціонарного рівня, знижуючись від природного на 1–2° та більше. При проектуванні систем теплопостачання необхідно враховувати це охолодження ґрунту, що робить його ще дорожчим [18].

2.3 Енергетичний та економічний потенціал використання теплових насосів в індивідуальних системах опалення

Оцінюючи потенційного проекту теплового насоса слід враховувати ряд міркувань. Чи є використання теплового насоса самоціллю? Швидше, він має певні практичні цілі в певних умовах. Це буде або організація автономних постачань гарячої, холодної та гарячої води, або доопрацювання існуючої системи, або використання відпрацьованого тепла, яке «зникло» з енергетичних чи виробничих процесів тощо. Деякі висновки можна зробити з переважаючих умов у країні та з досвіду реалізованих проектів.

Аналіз показав непогані показники коефіцієнта трансформації ґрунтових геотермальних теплових насосних систем: для південних регіонів України він становить близько 4, для північних регіонів – близько 2,7. Розглянемо конкретний приклад економічного варіанта з погляду капітальних вкладень для опалення окремого житлового будинку тепловими насосами, що використовують атмосферне повітря як низькопотенційне джерело тепла [16].

Теплові насоси цього типу мають передатне число від 3,2 до 3,6 (при температурі повітря tн = 2°С). Однак вони мають суттєві обмеження у використанні: при зниженні температури зовнішнього повітря їхня теплова потужність і передатне число різко знижуються. При tн <-20°С використання таких водоповітряних теплових насосів у опалювальних цілях неможливе; і їх не можна використовувати для гарячого водопостачання за температури до -15°С. Тому в найхолодніші періоди опалювального сезону відпустка тепла відбувається за рахунок резервних установок.

Якщо це електричний котел, його необхідно розраховувати на повне теплове навантаження, що не дозволяє заощадити на витратах на пікове джерело тепла та заявлену електричну потужність. Саме тому насоси цього типу найбільш потрібні в регіонах, де не перевищуються сезонні температури [6].

Наприклад, хоча теплові насоси можуть слабко конкурувати з централізованим теплопостачанням у тих зонах, де вони присутні, проекти з проектування теплових насосних агрегатів як частини систем централізованого теплопостачання можуть бути цікавими та прибутковими (що можливо на різних етапах ланцюжка від генерації до споживання, як показано вище), наприклад, якщо є можливість забезпечити підключення нових споживачів до ТЕЦ або переключитися з пікового резерву опалення будинків, тоді як пропускна спроможність існуючої теплової мережі обмежена [2].

Також необхідно враховувати такі фактори, як надійність та якість електропостачання. На тлі високих і нестабільних цін на такі важливі джерела енергії, як нафта і газ, а також з урахуванням глобальної політичної нестабільності, використання теплових насосів може, наприклад, істотно вплинути на поточну ситуацію як альтернативне джерело тепла. І лише з урахуванням перелічених вище чинників доцільно переходити до оцінки економічної доцільності [10].

Для попереднього техніко-економічного аналізу вартість теплонасосної системи може бути представлена як складова з наступних складових: вартість обладнання, що входить до інженерних систем будівлі - опалення, кондиціювання, вартість обладнання, яке вона забезпечує. подача неякісного теплоносія в системі з тепловим насосним агрегатом, що не входить до комплекту постачання теплового насоса (очевидно, що тут на початковому етапі реалізації проекту варіанти, які принципово відрізняються схемними рішеннями і можна врахувати витрати);

- вартість систем контролю, навіть якщо вони включені до системи управління об'єктом;
- вартість послуги та забезпечення резервування систем на весь період експлуатації;
- експлуатаційні витрати, включаючи рахунки за електроенергію;
- реальна вартість теплового насосу.

З урахуванням викладеного, порівняння варіантів найчастішого завдання «Система теплопостачання ізольованої будівлі поза зоною дії систем централізованого теплопостачання та газопостачання» можна організувати так:

1. Початковий вибір варіантів зроблено. Наприклад, через неможливість (за технічними чи іншими критеріями) змусити систему працювати на рідкому або твердому паливі, можливі варіанти зводяться до двох основних: електронагрівання або ТНУ з підваріантами виконання.

2. Формується набір досліджуваних варіантів

Це може виглядати так:

Табл. 2. Набір досліджуваних варіантів

№	Характеристика	Основне обладнення	Характеристика системи забезпечення пікових навантажень, управління та резервування	Оцінка та порівняння витрат
1	Електроопалення, традиційна водяна або повітряна система	Звичайні опалювальні прилади окремі для приміщень або електрокотел, насос та труби	Управління просте. Сервісне обслуговування мінімальний. Надійність залежить від зовнішнього електропостачання	Початкові витрати мінімальні (1,0) Вартість експлуатації висока (1.0)
2	Електроопаленн, акумуляційна Система	Акумуляційні опалювальні прилади	Допускаються короткочасні перебої з електропостачанням	Початкові витрати вище (1,3), але вартість експлуатації нижче (0,8)
3	Теплонасосна повітряна Система	Зовнішній блок та фанкойли	Резервування, наприклад, електрокалориферами	Початкові витрати вище (1,5), але вартість експлуатації нижче (0,7)
4	Теплонасосна геотермальна система	Теплові насоси, опалювальні прилади або фанкойли, геозонди	Резервування, наприклад електрокотлом або калориферами	Початкові витрати вище (1,7), але вартість експлуатації нижче (0,6)

Таким чином, завдання вибору серед безліч варіантів зводиться до поетапного: визначення економічних показників об'єкта, що розглядається, та розрахунків. Цифри в останньому стовпці є орієнтовними, специфікації проекту можуть суттєво відрізнятись [20].

Складність передпроектної оцінки витрат можна проілюструвати на наступному прикладі. Якщо питоме тепловідведення (без вимірів) становить 20-50 Вт/м, а вартість буріння для теплонасосної установки - 1000-1500 грн/м, в результаті отримуємо, що навіть для такої обмеженої кількості показників, що оцінюються за величиною питомих витрат низькопотенційної системи теплообміну, знаходиться у межах 1000/50. = 20 тис. грн / кВт до 3000/20 = 150 тис. грн / кВт.

Загалом, питома вартість різних систем показана на малюнку нижче. Очевидно, що залежно від прийнятих рішень та заявлених цін подані коефіцієнти можуть кардинально змінитись.

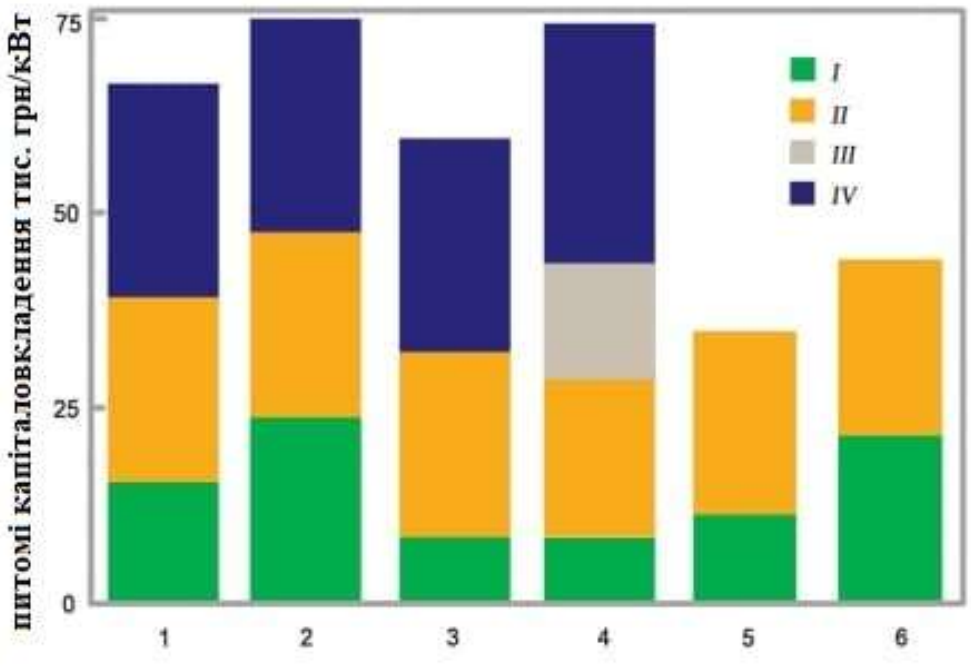


Рис.4. Питомі капітальні вкладення у аналізовані варіанти теплопостачання (для умов Харкова)

1 – Теплонасосні установки «повітря-вода», з дублюючим електрокотлом, 2 – Теплонасосні установки «повітря-вода» з

системою «тепла підлога» та піковим електрокотлом, 3 –Теплонасосні установки «повітря-повітря» з піковим

конвектором, 4 – геотермальна теплонасосна установка з піковим конвектором, 5 – єдиний

електрокотел, 6 – єдиний газовий котел. I – електрокотел, газовий котел,

радіатори, II – електропідстанція, III – буріння, IV – Теплонасосні установки.

Питома вартість однієї й тієї ж теплового насоса (частина IV графіка) залежно від продуктивності показано на графіці наступних малюнках.

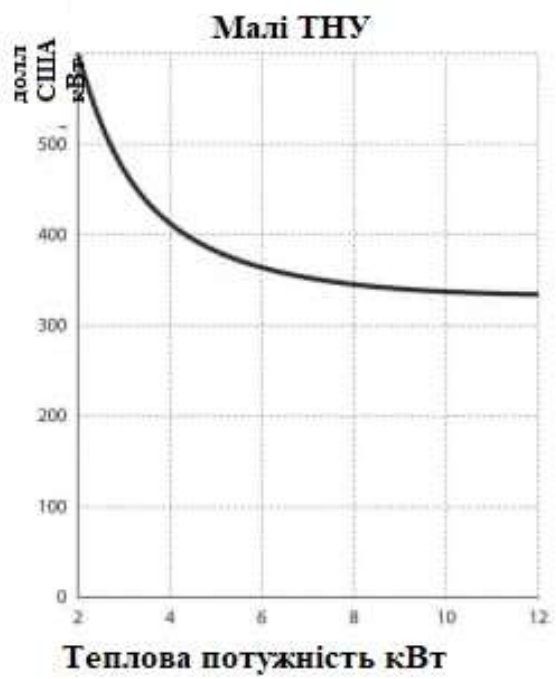


Рис. 5. Зразкова залежність питомих капіталовкладень у малі теплонасосні установки від їх встановленої теплової потужності

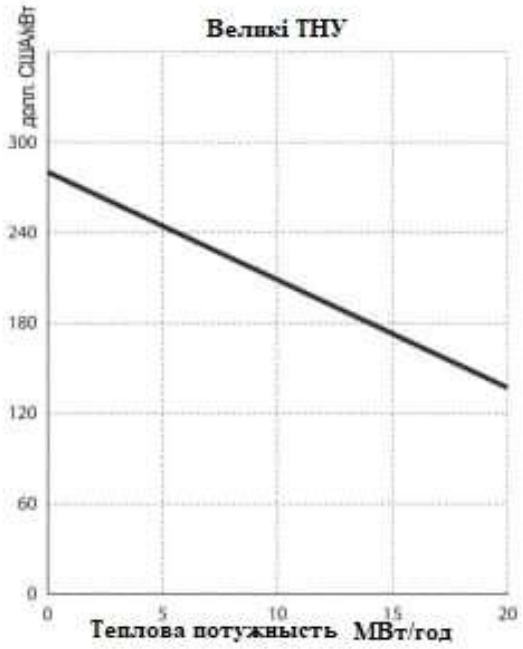


Рис. 6. Зразкова залежність питомих капіталовкладень у великі теплонасосні установки від їх встановленої теплової потужності

Незважаючи на неоднозначність оцінок, чіткий алгоритм дій та максимальний облік окремих факторів проекту дозволяють у результаті досягти результату, близького до надійного та дозволяє оцінити реалізованість проектного рішення.

РОЗДІЛ ІІІ Впровадження теплонасосних установок у системи з центральним водопостачанням у багатоквартирних будинках

3.1 Використання теплонасосних установок на прикладі міста Київ

Як особистий внесок можу відзначити проведений аналіз використання теплонасосних установок та формування статстичних даних щодо доцільності впровадження теплових насосів в індивідуальній системі теплопостачання.

Найбільш яскравим прикладом роботи теплового насоса, що використовує тепло ґрунту та стічних вод у системі гарячого водопостачання, може бути експериментальна система теплонасосної установки, встановлена в гуртожитку аспірантів у Києві. Оскільки теплова потужність встановленого теплового насоса виявилася недостатньою для повного задоволення всіх потреб будівлі у гарячій воді взимку, коли температура холодної водопровідної води була близькою до 0°С, узимку паралельно працював теплообмінник. з тепловим насосом, у якому вода нагрівалася теплоносієм від теплової мережі [19].

Тепловий насос включався автоматично лише в години підвищеного споживання. Тим не менш, дані, отримані в результаті досліджень, зокрема, що стосуються роботи теплообмінника з утилізатором гліколю, можуть бути цікавими фахівцям, оскільки подібні теплообмінники в літературі не описані.

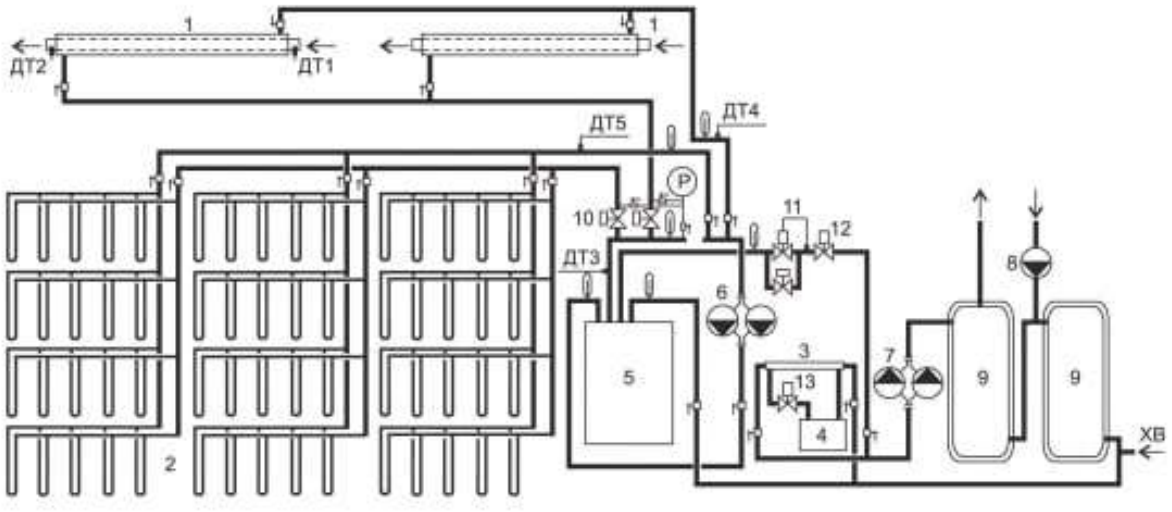


Рис.6. Схема випробувального стенду дослідної установки

1 – стічно-гліколеві теплообмінники;

2 – ґрунтові теплообмінники;

3 –теплообмінник системи централізованого теплопостачання;

4 – вузол введення теплової мережі;

5 – тепловий насос;

6 – циркуляційний насос водного розчину етиленгліколю;

7 – циркуляційний насос контуру водопідігрівачів;

8 –циркуляційний насос системи гарячого водопостачання;

9 – закриті баки-накопичувачі гарячої води;

10 - балансувальні вентилі випробувального стенду;

11 – регулятор температури прямої дії контуру конденсатора;

12 – електромагнітний клапан;

13 – регулятор температури водопідігрівача;

ДТ1-ДТ5 – датчики температури випробувального стенду;

ХВ – холодна вода із водопроводу.

На рис. 6 представлена схема фрагмента теплового пункту цієї будівлі. Два теплообмінники залишкового гліколю 1, виготовлені з коаксіальних труб з нержавіючої сталі діаметром 100 і 125 мм, працюють у загальному циркуляційному контурі з двома теплообмінниками підлоги з U-подібних поліетиленових труб (60 шт.) Діаметром 14 мм. занурюють у землю петлями завдовжки 3 м (глибина обмежена можливістю буріння цоколя вже збудованого будинку – це висота стелі цоколя). Насос 6 забезпечує циркуляцію водного розчину етиленгліколю між джерелами тепла 1, 2 і випарником теплового насоса 5.

Коли компресор теплового насоса працює, вода нагрівається в його конденсаторі, циркулюючи за допомогою насоса 7, який подає нагріту воду в накопичувальні баки 9. Теплообмінник конденсатор теплового насоса, підключеного до вхідного пристрою теплової мережі 4.

Для регулювання теплового потоку крім регулятора, вбудованого в тепловий насос 5, використовуються регулятори 11, 12 і 13. Регулятор, вбудований тепловий насос, налаштований на роботу в системі гарячого водопостачання. Так що він

автоматично вмикається на компресорі теплового насосу при температурі води на вході в конденсатор менше ніж 26 ° С, а коли вода з вищою температурою виходить з бака, компресор автоматично вимикається [11].

Таким чином, якщо резервуари для зберігання настільки заповнені гарячою водою, що в найхолоднішій точці резервуару температура перевищує 26°С, то тепловий насос не працюватиме. Ще один автомат, вбудована в тепловий насос виробником, не дозволить компресору, залежно від умов його захисту, запуститись раніше, ніж через 7 хвилин після зупинки. Тому в схему був доданий соленоїдний клапан 12, який підключений до компресора теплового насоса, так що, коли працює компресор, він відкритий, а коли він зупиняється, він закривається. Без цього клапана холодна вода може протягом 7 хвилин, вільно протікаючи через конденсатор непрацюючого теплового насоса, потрапляти в саму гарячу частину сховища, так що жителі, що приймають гарячий душ, можуть раптово опинитися під струменем води. холодної води.

Конструктивно 12 клапан виконаний з можливістю пропускання невеликого потоку води при закритому клапані. Це зроблено для того, щоб датчик температури контролера, інтегрованого в тепловий насос, міг зафіксувати момент, коли вода з температурою нижче 26 ° С почне надходити в конденсатор, щоб тепловий насос міг увімкнутися в погоду [1].

Температура холодної води, що подається в конденсатор теплового насоса для опалення, коливається в межах від 1 до 26 ° С, а температура нагрітої води повинна бути у вужчому діапазоні допустимих температур 50-55 ° С. Для забезпечення такого діапазону за допомогою регулятора температури 11 прямого дії та ручного балансувального клапана на байпасній лінії. Балансувальний клапан налаштований таким чином, що коли електромагнітний клапан 12 відкритий, а клапан 11 закритий, мінімальний потік води проходить через балансувальний клапан. Якби байпаса не було, то при запуску компресора та відсутності потоку

води через конденсатор спрацював би автоматичний вимикач, який при підвищенні тиску конденсації холодоагенту відключає компресор без можливості подальшого автоматичного запуску [27].

За наявності байпасної лінії холодна вода відразу після запуску компресора починає текти на нагрівання у невеликому обсязі, обмеженому положенням балансувального клапана. Через кілька секунд після того, як температура нагрітої води досягне 50 ° С, регулятор температури прямої дії 11 автоматично та поступово відкривається, і витрата нагрітої води збільшується, при цьому її температура весь час залишається на рівні. 50-55°.

Контролер 11 підтримує цю температуру протягом усього часу роботи компресора, збільшуючи потік нагрітої води при підвищенні температури та зменшуючи при зниженні температури. Циркуляційні насоси 6 та 7 працюють безперервно. Насос 7 подає воду не тільки в конденсатор теплового насоса, але і теплообмінник 3, теплова потужність якого регулюється клапаном 13 за звичайною схемою гарячих точок [26].

Основними теплофізичними параметрами установки теплового насоса є витрата та температура рідин, що циркулюють у різних контурах. Практично неможливо виміряти потоки стічних вод каналізаційних трубах, але вони були визначені побічно на основі теплового балансу теплообмінника відпрацьованого гліколю.

Літній режим. Температура в каналізаційній трубі вночі коливалася в межах від 23 до 31 °С, тому що влітку і вода з водопроводу, що потрапила в каналізацію в невеликій кількості через протікання в цистернах, мала приблизно однакову температуру.

Коливання температури стічних рідин носять випадковий характер, і ці коливання навряд чи можна укладати у рамки суворих математичних співвідношень. Найтепліші стоки були відзначені під час пікових водозаборів, і це

цілком природно, а досить різкі коливання температури в цей час можна пояснити тим, що в будинку, де проживає 150 осіб, відносно мало споживачів гарячої води і впливу. у великому будинку [9].

Температура охолодженого етиленгліколю становила від 8 до 19°С. Ці екстремальні значення можна розглядати як баланс між режимами роботи та зупинкою теплового насоса.

Час досягнення мінімальної рівноважної температури (8°С) становить близько 2,5 годин, а максимальної (19°С) – близько 2 годин. Загалом тепловий насос працював від 12 до 13 години протягом дня.

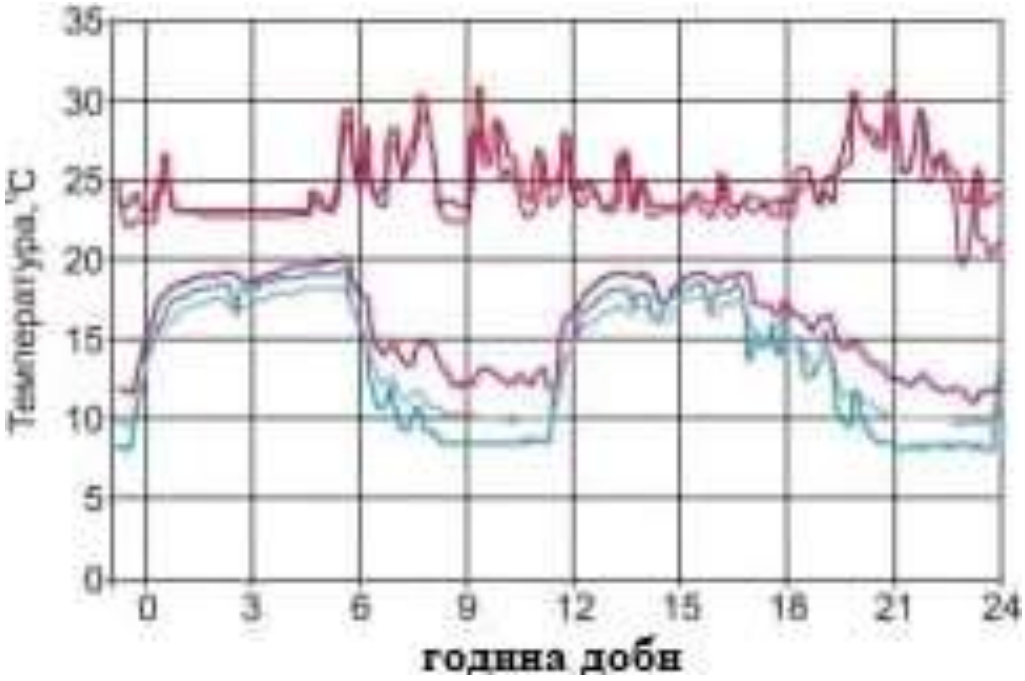


Рис.7. Характер зміни температур етиленгліколю та каналізаційних стоків: а – влітку (17 серпня 2006 р.)

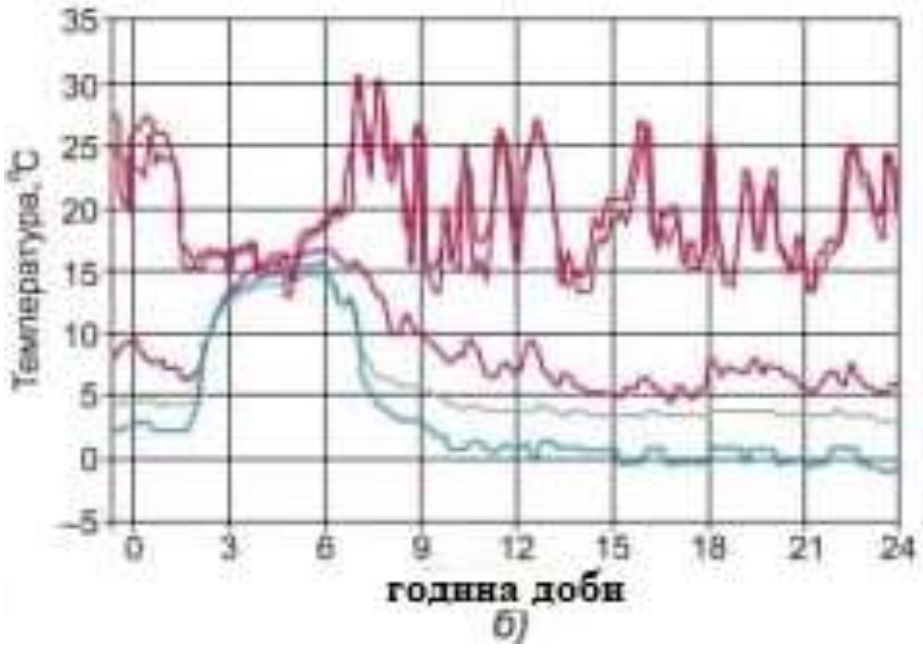


Рис.8. Характер зміни температур етиленгліколю та каналізаційних стоків: б – восени (17 листопада 2006 р.)

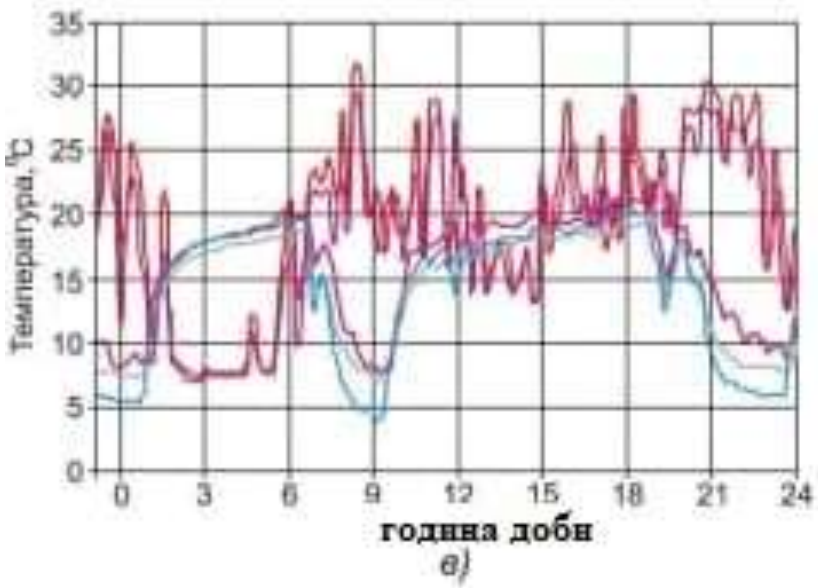


Рис.9. Характер зміни температур етиленгліколю та каналізаційних стоків: в – взимку (31 січня 2007 р.)

На відміну від активного режиму охолодження теплообмінників, коли температура етиленгліколю на вході в теплообмінники була найнижчою в системі, в режимі підвищення температури, який відбувався при зупинці теплового насоса, температура етиленгліколю після ґрунту теплообмінник стає найнижчою температури. Це пов'язано з тим, що під час роботи теплового насоса на температуру етиленгліколю впливають випарник, а також випарник ґрунту та відпрацьованого гліколю, тоді як компресор не працює, випарник виключений з нього. процес, і теплообмін відбувається між землею та стічними водами.

Цей процес здійснюється за допомогою етиленгліколю, який, коли компресор не працює, продовжує циркулювати в його контурі, виступаючи як проміжний теплоносій [4].

Завдяки цій незвичайній ролі земля, постійно нагріта гарячими водостоками, легко відновлює свій температурний потенціал, сприяючи роботі теплового насоса з постійно високим коефіцієнтом перетворення.

Відомо, що геотермальні теплообмінники, які взимку постійно охолоджують землю, наприкінці опалювального сезону покриваються скупченнями льоду, що значно погіршує коефіцієнт перетворення теплового насоса, а також у літній період початковий тепловий потенціал ґрунту не завжди повністю відновлюється. У наведеній схемі 2,5 години, протягом яких тепловий насос «відпочиває», достатньо, щоб грунт відновив свою природну температуру, яка, як показують криві на рис.7, близька до +17°С. Пам'ятайте, що в даному випадку йдеться не про підлогу в цілому, а про триметровий шар грунту, який знаходиться якраз під плямою будівлі. На рис. 8 не показана крива зміни температури води, що виходить із конденсатора теплового насоса, яка автоматично підтримувалася на рівні 47-52°С.

Осінній режим. Спочатку тепловий насос у гуртожитку аспірантів був розрахований на роботу в літній період із використанням тепла навколишнього

повітря. З цим завданням він успішно справляється вже 8 років, а після підключення нових низькопотенційних джерел тепла його ефективність у літній період ще більше підвищилася. Пізньої осені досвідчений тепловий насос, номінальна теплова потужність якого становить лише 25 кВт, не впорався із завданням забезпечення безперебійною гарячою водою шестиповерхового гуртожитку, для якого за діючими нормами проектування коштує водонагрівач потужністю 35 кВт. потрібно (з урахуванням наявних потужностей) [14].

Коли з міської водопровідної мережі пішла вода з температурою 10°С та нижче, нагріти її до температури 50°С у конденсаторі не вдалося. Тому взимку паралельно тепловому насосу було підключено водонагрівач, який працює на воді із системи центрального опалення, і в середині листопада тепловий насос уже не міг самостійно нагрівати необхідний об'єм води. На відміну від літнього режиму, коли температура етиленгліколю не опускалася нижче +7 °С, його найнижча температура тепер досягала -1 ° С. Саме за цієї температури наприкінці листопада в теплообмінній системі «земля - етиленгліколь» встановилася теплова рівновага.

Максимальна температура етиленгліколю не перевищувала 15,5°С, що на 3,5°С нижче, ніж у серпні. Температура в каналізації впала до 14°С, тому що водопровідна вода, яка в основному надходила в каналізацію через витік у цистернах, мала температуру на виході прибл. Протягом дня температура стічних вод, що надходять до контура опалення теплообмінника відпрацьованого гліколю, коливалася в діапазоні від 14 до 30 °С, а температура стічних вод, що виходять з будинку, була на 0,5–3 °С нижчою. Верхній температурний рівень грунтового масиву знизився в порівнянні з літнім періодом з 17 до 14°С. а 4 години, тому що період активного охолодження більший, ніж улітку. Протягом дня середини листопада тепловий насос працював 20 годин.

Температура води на виході з конденсатора теплового насоса у цей період підтримувалася на рівні 44-47°С.

Зимовий режим. Для підвищення температури гарячої води до стандартного рівня (50-55°С) довелося використати теплообмінник. Взимку тепловий насос автоматично вмикався лише в години пікового навантаження. Температура стоків у каналізаційній трубі вночі впала до 7°С, тому що водопровідна вода, що потрапила у каналізацію з початковою температурою близько 2°С, нагрівалася у трубопроводах, прокладених усередині будинку.

Протягом дня температура стічних вод, що надходять до опалювального контуру теплообмінника гліколь-утиль, коливалася в межах від 7 до 32°С, а температура стічних вод, що виходять з пташника, була на 0,5-4°С нижчою.

Температура охолоджуваного етиленгліколю становила від 4 до 20°С. Ці значення вважаються балансом у робочому та зупиненому режимах теплового насоса. Період активного використання низькопотенційних джерел енергії в цю пору року не перевищував 7 годин на добу. Вода у конденсаторі теплового насоса була нагріта до 50-58°С[23].

Основні результати:

1. Технічні рішення щодо забезпечення теплом системи гарячого водопостачання багатоквартирного будинку від теплового насоса з використанням низькопотенційної енергії стічних вод цього будинку та землі, розташованої внизу, у гуртожитку аспірантів Київ ЗНДІЕП продемонстрував працездатність експериментальної установки та її ефективність.

2. Температура стічної рідини, яка зазвичай скидається в каналізацію, взимку досягає 31°С, та її тепловий потенціал можна використовувати. Теплообмінники з залишковим гліколем, загальна довжина яких в експериментальній системі була обмежена 8 м, використовуючи цей далеко не повний потенціал, забезпечували приблизно половину теплової потужності теплового насоса.

3. Величина питомого теплового потоку з поверхні теплообмінника-утилізатора гліколю з труби з нержавіючої сталі діаметром 100 мм на один метр її

довжини знаходиться в межах 0,53–1,16 кВт/м, а коефіцієнт тепловіддачі в процесі випробувань коливався в межах 125 мм. 211 Вт/(м2 · К).

4. Питома теплова потужність ґрунтового теплообмінника, розташованого в підвалі будинку, на погонний метр колодязя глибиною 3 м з П-подібними поліетиленовими трубами діаметром 16,2 мм знаходиться в межах 24-52 Вт/м. Величина питомого теплового потоку від землі, віднесена до Площа тієї частини фундаменту будівлі, в якій пробурені свердловини, знаходиться в межах 39-86 Вт/м2.

5. Тепловий насос працював із середнім коефіцієнтом перетворення 3,5.

6. Спільна робота теплообмінників відпрацьованого гліколю та ґрунту в єдиному контурі циркуляції гліколю, який працює без зупинок, запобігає переохолодженню ґрунту, який при непрацюючому компресорі теплового насоса нагрівається відходами. тепла, сприяючи більш ефективному виробництву теплової енергії.

7. При роботі теплового насоса 20 годин на добу температура етиленгліколю знижується до мінімального значення –1°С. Середня температура етиленгліколю, що охолоджується, становить +5...+8°С.

8. Час виходу установки на стаціонарний температурний режим від 2,5 до 4 годин з початку роботи теплового насосу.

9. Максимальна температура води, що нагрівається в конденсаторі теплового насоса, 57°С; середнє значення - 51°С.

10. Зміни температури зовнішнього повітря за період досліджень у діапазоні значень від +28 до –15°С не вплинули на тепловий потік від ґрунту, розташованого під пляму будівлі.

11. Для забезпечення повністю автономного та незалежного від теплових мереж гарячого водопостачання студентського гуртожитку Київ ЗНДІЕП

необхідно додатково встановити тепловий насос тепловою потужністю 20 кВт та довжиною зливного глікольного теплообмінника. до 26м.

РОЗДІЛ IV Розрахунок впровадження теплонасосних установок у систему автономного теплопостачання на етапі забудови

Широко поширений досвід впровадження теплових насосних установок першого поверху в Україні в Київській області показав, що для переходу на низькотемпературний варіант опалення необхідно вжити заходів щодо підвищення теплоізоляції будівель до економічно доцільного рівня, не більше ніж у 1,5-2,0 рази відповідно, що знижує їхню питому річну потребу в енергоресурсах (наприклад, котедж) до 50 кВтг на 1 м2 опалювальної площі замість 90-120 кВтг/м2 при традиційному теплопостачанні. параметри[29].

Проектні техніко-економічні показники системи енергозабезпечення котеджу з опалювальною площею 120 -240 м2 (На прикладі ділянки будівництва в Київській області)

Вихідні дані: теплове навантаження котеджу площею 120-240 м2 (залежно від теплоізоляції) – 12 кВт; температура води в системі опалення має бути 35°С; мінімальна температура теплоносія – 0°С. Для обігріву будівлі було обрано тепловий насос потужністю 14,5 кВт (найближчий найближчий типорозмір), який витрачає 3,22 кВт на опалення фреоном. Відведення тепла від поверхневого шару ґрунту (сухої глини) q дорівнює 20 Вт/м. Відповідно до наведених вище формул розраховуємо:

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

2) загальна довжина труб L=Qo/q=11,28/0,020=564 м. Для організації такого колектора потрібно 6 контурів довжиною 100 м;

3) при кроці кладки 0,75 м необхідна площа ділянки :

$$A = 600 * x * 0,75 = 450 \text{ м2};$$

4) загальна витрата розчину гліколю:

$$Vs = 11,28*3600/(1,05*3,7 \cdot 3) = 3,484 \text{ м3/год},$$

витрата на контур 0,58 м3/год. Для колекторного пристрою підбираємо армовану трубу типорозміру 32 (наприклад ПЕ32х2). Втрата тиску в ньому становитиме 45 Па/м; опір одного ланцюга приблизно 7 кПа; Витрата теплоносія – 0,3 м/с.

Розрахунок горизонтального колектора теплового насосу.

Відведення тепла від кожного метра труби залежить від багатьох параметрів: глибини укладання, наявності ґрунтових вод, якості ґрунту і т. д.

Можна приблизно припустити, що для горизонтальних колекторів вона становить 20 Вт/м. 20, мокра глина - 25, глина з підвищеним вмістом води - 35 Вт/м. Різниця температур теплоносія у прямій та зворотній лініях контуру зазвичай становить 3°С. Розрахунок С передбачав. На майданчику над колектором не можна зводити жодних споруд, щоб теплова енергія землі могла поповнюватися сонячним випромінюванням.

Мінімальна відстань між прокладеними трубами має бути 0,7–0,8 м. Довжина траншеї зазвичай становить від 30 до 120 м. Як теплоносій першого контуру рекомендується використовувати 25% розчин гліколю. При проведенні розрахунків необхідно враховувати, що його теплоємність при температурі 0°С становить 3,7 кДж/(кг-К), а щільність – 1,05 г/см.

З погляду надійності системи збору геотермальної енергії та збільшення терміну її служби, як показала практика, рекомендується знизити навантаження за рахунок запобігання тривалому промерзанню та неприпустимому рівню температурної деформації контурів геотермального тепла. теплообмінник на землі за рахунок використання додаткових джерел енергії, наприклад, техногенного походження, зокрема теплових викидів від припливно-витяжної системи, встановленої в котеджі.

При використанні антифризу перепад тиску в трубопроводах у 1,5 рази більший, ніж у оборотній воді. Для розрахунку параметрів первинного контуру теплонасосної установки потрібно визначити витрату антифризу:

$$V_S = Q_O \cdot 3600/(1{,}05*3{,}7*t),$$

де t - різниця температур між лініями подачі та повернення, що часто приймається рівною 3 К, а Q_O - теплова потужність, отримана від низькопотенційного джерела (землі).

Остання величина розраховується як різниця повної потужності теплового насоса Q_{wp} та електричної потужності, що витрачається на нагрівання фреону Р:

$$Q_O = Q_{wp} – P, \text{ кВт.}$$

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

$$L = Q_o / q, \; A = L * d_a$$

Тут q – питома (з 1 м труби) теплознімання; d_a - Відстань між трубами (Крок укладання).

Розрахунок зонду: При використанні вертикальних свердловин завглибшки від 20 до 100 м в них занурюються металопластикові або П-подібні пластикові

труби (діаметром понад 32 мм). Як правило, в одну лунку вставляють дві петлі, після чого заливають її цементним розчином. У середньому питому теплову потужність такого зонда можна прийняти рівною 50 Вт/м. Ви також можете зосередитись на наступних даних теплової потужності:

1) сухі осадові породи – 20 Вт/м; * кам'яний грунт та осадові породи, насичені водою – 50 Вт/м;

2) породи з високою теплопровідністю – 70 Вт/м;

3) ґрунтові води - 80 Вт/м. Температура ґрунту на глибині понад 15 м постійна і становить близько +10 С. Відстань між колодязями має бути більше 5 м. При підземних течіях колодязі повинні розташовуватися на лінії перпендикулярно до потоку. Діаметри труб підбираються виходячи із втрат тиску для необхідної витрати теплоносія. Розрахунок витрати рідини можна проводити для t = 5°С.

Приклад розрахунку. Вихідні дані такі самі, як і попередньому розрахунку горизонтального резервуара. При питомій тепловій потужності зонда 50 Вт/м та необхідної потужності 11,28 кВт довжина зонда L повинна становити 225 м. Для встановлення колектора необхідно пробурити три свердловини глибиною 75 м. У кожну з них кладемо два кільця з металопластикової труби типорозміру 22 (ПЕ). 0); всього – 6 контурів по 150 м. Сумарна витрата теплоносія при .t = 5° складе 2,1 м3/год; витрата по одному контуру – 0,35 м3/год. Контури матимуть наступні гідравлічні характеристики: перепад тиску у трубопроводі – 96 Па/м (теплоносій – 25% розчин гліколю); опір ланцюга – 14,4 кПа; швидкість потоку – 0,3 м/с.

З метою покращення економічних показників влітку рекомендується використовувати холод, накопичений за опалювальний сезон, при вилученні геотермальної енергії для прямого охолодження приміщень із колодязів, без систем кондиціювання, що споживають електроенергію для охолодження. В цьому

випадку охолоджувальною мережею може служити та сама система розподільних підлогових труб, що і для опалення[28].

У певній кількості будівель передбачені сонячні водонагрівальні колектори для приготування гарячої води, а деякі будівлі, крім цих колекторів, обладнані фотоелектричними панелями для виробництва електроенергії.

Таким чином, бачимо, що досвід експлуатації таких систем показує, що теплові насоси мають найбільші переваги при роботі у складі єдиної системи теплопостачання, вентиляції та кондиціювання. Враховуючи темпи малоповерхового будівництва в суб'єктах країни, прогнози зростання тарифів на електроенергію та газ та очікуваний рівень інфляції Мінекономрозвитку України, можна «оцінити попит на встановлення теплових насосів для опалення житлових будинків. За оцінками експертів, у довгостроковій перспективі до 2030 року країні в цілому може знадобитися від 3,4 до 4,4 ГВт потужності теплових насосів, або від 9 до 11% теплової потужності, що вводиться[36].

Малоповерхові будинки. Їхня установка дозволить заощадити приблизно 3,8 мільйона тонн умовного палива. тонн на рік. За оцінками експертів, на перспективу до 2030 р. у країні загалом може бути затребувано близько 3,4-4,4 ГВт теплонасосної потужності, що становить 9-11 % від теплової потужності малоповерхової забудови, що вводиться. Їх установка дозволить економити паливо у кількості близько 3,8 млн т у. т. на рік.

Висновок

Розвиток тепонасосних установок для України сьогодні має низку переваг зовсім іншого плану: економія палива та викидів в атмосферу, зниження витрат на теплопостачання та охолодження, використання термічних відходів та стоків. **Енергозбереження, інвестиційні витрати на інформаційні структури:**

- одержання теплової енергії безпосередньо на місці встановлення обладнання;
- відсутність необхідності прокладання паливних (газових) магістралей, організації паливних складів та систем видалення диму та золи;
- універсальність на кшталт первинної енергії (гідроелектростанції використовують різні низькопотенційні джерела енергії природного чи техногенного походження);
- раціональне використання відхідного тепла від енергії та виробничих процесів;
- дотримання високих умов експлуатації під час розрахункових режимів експлуатації;

Додаткові переваги універсальної системи:

- переваги у схемних рішеннях у контексті систем централізованого теплопостачання, наприклад, при підключенні нових споживачів;
- можливість забезпечувати тепловою енергією об'єкти, які не підключені до систем центрального теплопостачання, а також віддалені регіони та об'єкти;
- можливість кондиціювання різних об'єктів одним технологічним рішенням - як опалення в холодну пору року, так і холодопостачання в теплу пору року;
- можливість заряджання систем вироблення електроенергії під час «нічних простоїв» як крок до «розумного міста».

Це вказує на те, що при прийнятті рішення щодо доцільності використання теплових насосів необхідно враховувати низку переваг та позитивних ефектів.

У той самий час існує безліч обмежень (технічних, економічних, організаційних), зокрема міждисциплінарного характеру, в активному використанні теплових насосних систем, які дозволяють виділити універсальні механізми усунення.

У цій роботі було розглянуто варіант впровадження теплонасосних установок у систему автономного теплопостачання на етапі будівлі котеджної ділянки в київській області, з якої видно доцільність використання теплонасосних систем як окреме джерело теплопостачання.

Література

1 Відоссті будівельні норми ВСН 56-87 «Геотермальне теплохолодопостачання житлових та громадських будівель та споруд. Норми проектування» (утв. наказом Держкомархітектури СРСР від 27 жовтня 1987 р. N 328).

2. ГОСТ Р 53905-2010 «Енергозбереження. Терміни та визначення".

3 ГОСТ Р 54671-2011 «Кондиціонери, агрегатовані охолоджувачі рідини та теплові насоси з компресорами з електроприводом для обігріву та охолодження приміщень. Терміни та визначення"

4. Розпорядження ВАТ «РЗ» від 24.12.2012 №2674р. Про затвердження стандарту ВАТ «РЗ». Система управління енергоефективністю виробничих процесів. Основні положення.

5. Стандарт ВАТ «РЗ» «Політика управління паливно-енергетичними ресурсами» СТО РЗ 1.21.002-2008. Утв. Розпорядженням ВАТ «РЗ» від 14.04.2010 р. №775р.

6. Рекомендації щодо техніко-економічного обґрунтування застосування нетрадиційних сонячних та сонячно-теплонасосних систем теплохолодопостачання на цивільних та промислових об'єктах. М., 1987 р., ЦНДІЕП інж. обладнання.

7. Абуєв І. М., Системи теплопостачання із застосуванням теплових насосів //Матеріали Конференції «Малі та середні ТЕЦ. Економіка малої енергетики та проблеми інвестицій. Практичний досвід". 12-14 вересня 2006 р.,

http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=760

8. Анциборов А.А., Сокульський Н.М., Іваненко М.Г., Пузаков В.С., Сущенко В.В., Особливості теплопостачання південних міст на прикладі Таганрога // Журнал «Енергорада» № 3 (40) 2015 р., http://www.energosovet.ru/bul_stat. php?idd=534

9. Бабакін Б.С., Холодагенти: історія появи, класифікація, застосування //, Інтернет-газета «Холодильник.ру», http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_1_2005_Freon.htm

10. Бєляєв В.Є., Косой А.С., Соколов Ю.М., Теплонасосні установки нового покоління та їх використання як високоефективна енергозберігаюча та екологічно чиста енерготехнологія для гарячого водопостачання // Журнал "Новини теплопостачання" № 08 (72), 2006 р., http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2386

11. Бернєв В. В., Козлов С. А., Митрофанов В. Є., Платонов А. С., Фоткін С. Б., Особливості національного теплопостачання // журнал «С.О.К.» – 2005. – № № 5–7 Дев'янін Д.М. Піщиков С.І. Соколов Ю.М., Розробка та випробування на ТЕЦ-28 ВАТ «Мосенерго» лабораторного стенду з апробації схем використання теплових насосних установок в енергетиці // Журнал «Новини теплопостачання», № 01, 2000, http://www.energosovet.ru/stat146.html

12. Дітін Н.Н., Нотатки з III Галузевої конференції з теплових насосів великої потужності // Журнал «СОК» №5, 2016, http://www.cok.ru/articles/zametkis-iii-otraslevoy-konferencii-po -тепловим-насосам-bolshoy-moschnosti

13. Дитін Н.Н., Теплонасосні технології вимагають уваги держави // ЖУРНАЛ «СІК» №6, 2015, http://www.c-o-k.ru/articles/teplonasosnye-tehnologiitrebuyut-vnimaniya-gosudarstva

14. Дубровський С.В., Опалення віддаленої каналізаційної насосної станції тепловим насосом // Журнал «Новини теплопостачання» №02 (150) 2013 р. , http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3080

15. Європейський ринок теплових насосів // Журнал “АВОК” за №7’2016, https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6506

16. Жаріков В.А., Кліматичні системи пасажирських вагонів, // М.: ТРАНСІНФО, 2006. - 135 с. http://wagon.uz/elektronnaya-biblioteka/564-жариковв-а-климатические-системы-пасажирских-вагонів-–-м-трансінфо,-2006-–-135-с.html

17. Жарков Т., Про ефективність та окупність теплових насосів // Журнал «СІК» №5, 2015, http://www.c-o-k.ru/articles/ob-effektivnosti-i-okupaemostiteplovyh-nasosov

18. Жидович І.С., Трутаєв В.І., Системний підхід до оцінки ефективності теплових насосів // Журнал «Новини теплопостачання», № 4, 2002, http:// www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=189

19. Закіров Д.Г., Майбутнє – за теплонасосними технологіями // Журнал «Новини теплопостачання» № 08 (72), 2006 р., http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/ stat_shablon.php?id=2378

20. Іванов Б.І., Наукоємна техніка на службі ресурсозбереження // http:// www.eav.ru/publ1.php?publid=2013-02a05

21. Використання теплових насосів для підвищення енергоефективності теплопостачання споживачів // Журнал «Енергорада» № 1 (6) за 2010 р., http://www.energosovet.ru/bul_stat.php?idd=38

22. Калінін М.І., Хахаєв Б.М., Особливості впровадження геотермальних технологій для малоповерхового будівництва в Росії на прикладі Ярославської області // Журнал "Новини теплопостачання" № 2 (90), 2008, http://www.rosteplo.ru/ Tech_stat/stat_shablon.php?id=2060

23. Ковальов О.А., Окупність промислових теплових насосів // Журнал «СІК» №3, 2016, http://www.c-o-k.ru/articles/okupaemost-promyshlennyhteplovyh-nasosov

24. Козлов С. А., Колубков А. Н., АБХМ: тепло та холод - без проблем! // журнал «СВІТ КЛІМАТУ» №81 (2013)

25. Козлов С.А., Колубков А.М., Фоткін С.Б., Інноваційна концепція тепло- та холодопостачання при централізованому теплопостачанні // Журнал «АВОК» №7’2013 Мацевитий Ю.М., Чиркін Н.Б., Остапчук В.М., Богданович Л.С., Клепанда А.С., Альтернативна система теплопостачання на базі теплового насоса з ґрунтовим теплообмінником // Журнал «Новини теплопостачання» №1 (101), 2009

p., http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2645

26. Мілова Л., Геотермальні теплові насоси. Огляд ринку // Журнал «СІК» №10 / 2012, http://www.c-o-k.ru/articles/geotermal-nye-teplovye-nasosy-obzor-rynka

27. Михайлов С.Л., Досвід Фінляндії та перешкоди впровадженню теплових насосів

великої потужності в Росії // Журнал «СІК» №3, 2016 http://www.c-o-k.ru/

articles/опыт-финляндии-и-пропиятства-внедренію-теплових-насосов-bolshoymoschnosti-v-rossii

28. Науменко С.М., Мінаєв Б.М., Філіппов М.Д., Костін Перспективи Н.М., Використання теплових насосів на гіркових комплексах залізниць //

Вісник ВНИИЖТ,2012 №4, с.25-29

29. Огляд ринку теплових насосів «повітря-вода» у 2015 році // Журнал «Світ клімату» №99, http://www.apic.ru/vozmozhnosti_apik/marketing/4411/

30. Петін А. Ю., Теплові насоси в теплопостачанні / / Журнал «Новини теплопостачання», № 11 (15) листопад 2001, С. 42 - 43, http://www.rosteplo.ru/Tech_

stat/stat_shablon.php?id=183

31. Петросян А.Л., Барсегян А.Б., Перспективи спільного застосування теплових насосів та низькотемпературних сонячних колекторів // Журнал «Новини теплопостачання» №01 (113) 2010 р., http://www.rosteplo.ru/Tech_stat / stat_shablon.php?id=2744

32. Попов А.А., Теплові насоси в Росії: економічний аспект // Журнал «СОК» №7, 2015, http://www.c-o-k.ru/articles/teplovye-nasosy-v-rossiiekonomicheskiy-aspekt

33. Попов А.В., Аналіз ефективності різних типів теплових насосів // Журнал "Проблеми енергозбереження" №1-2, серпень 2005р., http://www. teplosibmash.ru/articles/id/2/

34. Проценко В.П., Горшков В.Г., Осипович С.В., Про досвід використання теплових насосів у Чуваській Республіці // «Новини теплопостачання», №1, 2003р., http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=499

35. Пруненко К.П., Установка теплових насосів у Росії: практичний досвід // Журнал «СІК» №11, 2013 http://www.c-o-k.ru/articles/ustanovka-teplovyhnasosov-v-rossii-prakticheskiy-opyt

36. Пузаков В.С., «Хмарні» технології – енергоємний споживач чи ефективне джерело теплопостачання? // Журнал «Новини теплопостачання» № 2, 2017 р.