НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

**Лабораторна робота №2-3**

з дисципліни **«Засоби малої енергетики»**

на тему: «**Вивчення можливостей використання енергії довкілля за допомогою теплових насосів»**

**Бригада №\_\_**

**Виконали:**

студенти гр. ОН-\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Перевірив:**

ас. кафедри електропостачання

Чернецька Ю.В.

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Підпис: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ 2018

**Мета роботи**: ознайомитися з принципом роботи теплового насосу; дослідити складові системи теплопостачання лабораторії, реалізованої з використанням ґрунтового та повітряного теплових насосів, провести діагностику обладнання, перевірити наявність несправностей; навчитися проводити технічні розрахунки для підбору аналогічного обладнання.

**Теоретична частина**

1. **Принцип роботи теплового насосу**

Теплові насоси дозволяють використовувати енергію навколишнього середовища (теплоту ґрунту, ґрунтових та артезіанських вод, озер, морів, тепло повітря) для опалення і гарячого водопостачання. Оскільки температура зазначених джерел енергії недостатньо висока для безпосереднього використання, тепло навколишнього середовища називають низькопотенційним. Теплопередача від низькопотенційного джерела теплоти до теплоносія із вищою температурою здійснюється за рахунок циркуляції у замкненому контурі спеціальної робочої рідини з низькою температурою кипіння ‑ холодоагенту.

Принцип роботи теплового насосу проілюстровано на рис. 1, робочий цикл передбачає чотири послідовні етапи, описані нижче.

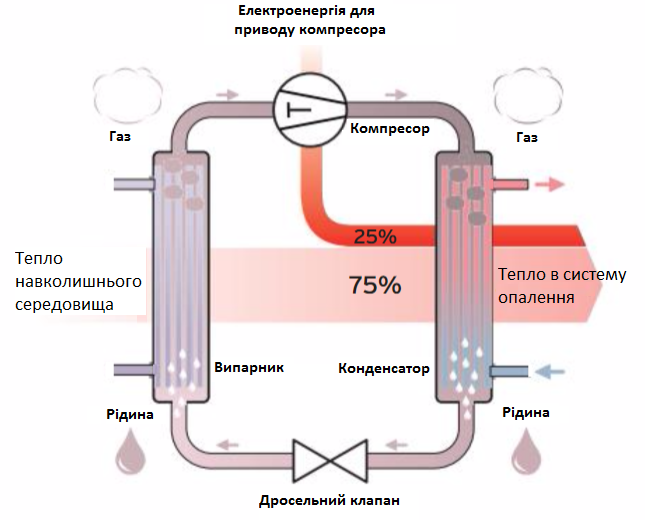


Рис. 1 – Принцип роботи теплового насосу

1) Тепло з навколишнього середовища через теплообмінний апарат, який називають *випарником*, передається холодоагенту. Холодоагент має низьку температуру кипіння, тому швидко нагрівається і випаровується. При переході з рідкого стану в газоподібний холодоагент поглинає теплоту.

2) У газоподібному стані холодоагент надходить у *компресор*, де стискається і його температура зростає. Для роботи компресора необхідна електрична енергія.

3) Стиснена пара надходить у інший теплообмінний апарат – *конденсатор*, де холодоагент переходить із газоподібного стану у стан рідини і передає тепло в систему опалення.

4) Холодоагент у стані рідини проходить через *дросельний (розширювальний) клапан*, де його тиск знижується до початкового і рідина спрямовується до випарника. Процес циклічно повторюється знову.

Таким чином, необхідна кількість теплової енергії тепловим насосом забезпечується частково з навколишнього середовища, а частково за рахунок електричної енергії. При значному зниженні температури навколишнього середовища, споживання електроенергії тепловим насосом збільшується.

1. **Показники ефективності теплового насосу**

Основною характеристикою теплового насосу є **коефіцієнт перетворення СОР** (Coefficient of Performance – англ.), який характеризує співвідношення кількості теплової енергії, яка виробляється тепловим насосом та електричної енергії, яка ним споживається:

, (1)

де  ‑ теплова енергія, вироблена тепловим насосом, кВт·год.,

 ‑ електрична енергія, затрачена тепловим насосом, кВт·год.

Наприклад, якщо тепловий насос споживає 1 кВт·год. електроенергії і при цьому виробляє 4 кВт·год. теплової енергії, то значення . Коефіцієнт перетворення теплового насосу завжди вищий одиниці, чим вище значення коефіцієнту, тим вища ефективність теплонасосної системи.

Значення коефіцієнта перетворення залежить від різниці температур між джерелом теплоти і температурою подачі теплоносія в контурі опалення і може бути розраховане за формулою:

, (2)

де  – коефіцієнт корисної дії теплового насосу, ;

 ‑ температура подачі теплоносія в контур опалення, К,

 ‑ температура джерела теплоти, К.

Для досягнення максимальної ефективності теплового насосу різниця між температурою джерела теплоти і температурою подачі теплоносія в контур опалення повинна бути якомога меншою.

Для оцінювання енергетичної ефективності теплових насосів крім коефіцієнта перетворення використовують **коефіцієнт сезонної ефективності** **SPF** (Seasonal Performance Factor – англ.), який показує ефективність теплового насосу за обраний період року. Найчастіше його вказують для опалювального періоду або за рік.

, (3)

де  ‑ теплова енергія, вироблена тепловим насосом за обраний період, кВт·год.,

 ‑ електрична енергія, затрачена тепловим насосом за обраний період, кВт·год.

Значення коефіцієнта перетворення  із зазначенням вихідних умов, для яких проводилися розрахунки, а також потужність теплового насосу завжди вказані в технічній документації обладнання. Значення коефіцієнта сезонної ефективності  можна розрахувати за допомогою програмного забезпечення, враховуючи регіон встановлення теплового насосу і характеристики системи опалення.

1. **Атмосферне повітря як джерело теплової енергії**

Енергетичний потенціал навколишнього атмосферного повітря залежить від пори року. При цьому температура повітря коливається від +15 ºС до +35 ºС влітку та від -25 ºС до +10 ºС взимку. Однак, незважаючи на це, сучасні технології дозволяють використовувати навколишнє повітря в якості джерела теплової енергії майже цілорічно (до -15…-20 ºС) (рис. 2).

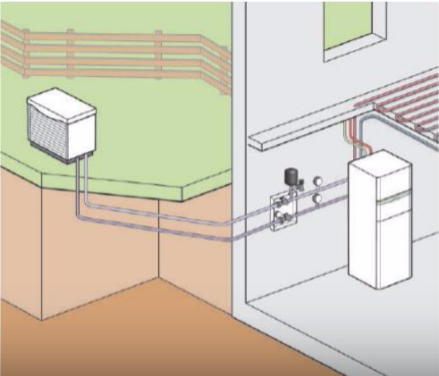


Рис. 2 – Повітряний тепловий насос

Компресор може розташовуватися або зовні, для запобігання шуму в будинку, або у внутрішньому модулі. У моноблоках всі елементи збираються у загальному корпусі і вмонтовуються у будинку, а з зовнішнім середовищем з’єднуються гнучкими повітроводами. Є моноблоки, що допускають як зовнішній, так і внутрішній монтаж.

Завдяки широкому діапазону потужностей, такі теплові насоси мають дуже широкий спектр застосування, і можуть бути використані для опалення як приватних будинків, так і великих громадських (шкіл, дитячих садочків, лікарень, бізнес-центрів тощо) і житлових будівель.

Переваги використання атмосферного повітря:

* відмінна доступність до джерела енергії без переоснащення;
* не потрібно дозволу;
* компактні розміри;
* найнижчі інвестиційні витрати;
* відмінно підходить для модернізації старих систем опалення.

Системи теплопостачання/охолодження з повітряними тепловими насосами (у порівнянні з іншими типами) мають найменші затрати на впровадження, так як не вимагають впровадження додаткових теплообмінних контурів, теплообмінників тощо.

Повітряні теплові насоси можуть нагрівати як повітря (тип «повітря-повітря»), яке направляється в приміщення для його обігріву, так і воду (тип «повітря-вода»), яка використовується в водяних системах опалення та гарячого водопостачання. Конструктивно пристрої типу «повітря-вода» виконуються по двох компонувальних схемах: спліт і моно. У першому випадку установка складається із двох блоків, сполучених комунікаціями. Один, зовнішній, включає вентилятор і випарник (вмонтовується на ділянці недалеко від будинку або на фасаді). Другий, внутрішній, містить конденсатор і автоматику та встановлюється у приміщенні (рис. 3).



Рис. 3 – Розміщення елементів повітряного теплового насосу

1. **Відкрита водойма як джерело теплової енергії**

Використання водяних теплових насосів в якості джерела теплоенергії можливе при наявності у безпосередній близькості до споживачів теплової енергії відкритої водойми (річки, моря тощо), а також доступу до її використання. Впровадження таких теплових насосів передбачає використання водозабірного, насосного, теплообмінного та іншого додаткового обладнання, а також систему трубопроводів (рис. 4). Це обладнання використовується для безпосереднього забору води з водойми та її транспортування до теплового насосу. Такі теплові насоси можуть застосовуватися для теплопостачання громадських закладів, розташованих на березі річки чи моря (санаторії, басейни), а також у системах централізованого теплопостачання при розташуванні опалювальної котельної поблизу водойми. В таких випадках використовуються потужні теплові насоси та існуюча інфраструктура котельної.



Рис. 4 – Елементи централізованої системи теплопостачання міста   
з водяним тепловим насосом

Енергетичний потенціал відкритих водойм залежить як від їх температури, яка коливається від +3..+5 ºС взимку до +20…+25 ºС влітку, так і від водотоннажності та типу водойми. Великі водойми з проточною водою (великі річки, моря) мають більший енергетичний потенціал у порівнянні з невеликими річками або ставками із стоячою водою, тому що майже не замерзають взимку і мають велику водотоннажність.

Переваги використання відкритих водойм:

* постійно висока температура навколишнього середовища (води);
* невеликий теплообмінний контур.

1. **ґрунт та ґрунтові води як джерело теплової енергії**

Використання теплоти ґрунту та ґрунтових вод в якості джерела теплової енергії для теплових насосів можливе завдяки їх сталій температурі, яка складає +7…+13 ºС взимку і влітку.

При цьому енергетичний потенціал ґрунту доступний для використання тепловим насосом, збільшуватиметься із збільшенням відстані від поверхні землі вглиб ґрунту.

Переваги використання ґрунту та ґрунтових вод:

* стабільне і надійне джерело енергії: протягом року постійна температура +7…+13 ºС;
* хороша акумуляція тепла, навіть у дуже холодний період року.

Ґрунтові теплові насоси, які використовують теплоту ґрунту або ґрунтових вод є найбільш доступними для використання за видом джерела низькопотенційної теплової енергії. Особливістю впровадження таких теплових насосів є необхідність прокладання у ґрунті спеціальних теплообмінників, які можуть бути як горизонтальними так і вертикальними (рис. 5).

|  |  |
| --- | --- |
| а) | б) |
| в) | г) |

Рис. 5 – Варіанти прокладання зондів ґрунтового теплового насосу:   
а) горизонтальний теплообмінник, б) компактний колектор,   
в) вертикальний ґрунтовий зонд, г) зонд для ґрунтових вод

При прокладанні горизонтальних теплообмінників виникає необхідність зняття верхнього шару ґрунту товщиною 1,5-2 м, а для вертикальних теплообмінників (зондів) необхідно занурювати їх у землю на глибину від 20 до 150 м. Тому при впроваджені ґрунтових теплових насосів необхідно мати вільну від забудови, комунальних мереж та іншого земельну ділянку площею 0,5…0,8 м2/кВт (при вертикальному прокладанні та відстанню між свердловинами не менше 6 м) або 20…40 м2/кВт (при горизонтальному прокладанні та відстанню між трубами 0,5…1 м).

Компактний ґрунтовий колектор (рис. 5, б) складається з декількох колекторних матів, до яких входить велика кількість тонких пластикових трубок. Цей тип ґрунтового колектора вимагає меншої площі для установлення, порівняно зі звичайним горизонтальним теплообмінником.

Для відбору тепла від ґрунтових вод використовується дві свердловини (рис. 5, г) – подавальна і приймальна, розташовані на відстані близько 15 м одна від одної у напрямку протоку ґрунтових вод. У подавальну свердловину встановлюють заглибний насос, що забезпечує циркуляцію ґрунтових вод у напрямку теплового насосу. При встановленні теплового насосу для ґрунтових вод необхідно врахувати наступні умови:

* переконатися у наявності достатніх запасів ґрунтових вод на глибині не більше 15 м;
* підбирати потужність теплового насосу залежно від кількості ґрунтових вод у контурі.

Якщо у ґрунтових водах містяться речовини, що викликають корозію або замулювання випарника теплового насосу, то між свердловиною ґрунтових вод та тепловим насосом необхідно встановлювати теплообмінник.

Попри значні обсяги земельних робіт, при впровадженні ґрунтових теплових насосів, вартість їх виконання складає 40-50 % загальної вартості проекту з впровадження такого обладнання. Необхідність використання вільних земельних ділянок для зняття теплоти ґрунту, ґрунтові теплові насоси застосовують, як правило, для індивідуального теплозабезпечення приватних житлових будинків або громадських закладів з тепловим навантаженням   
20-40 кВт.

1. **Техногенні джерела низькопотенційної теплової енергії**

Техногенні джерела низькопотенційної теплової енергії на відміну від природних мають обмеження для їх використання не тільки по температурі, а й по їх кількості, яка залежить від конкретного промислового процесу, в результаті якого утворені ці джерела. У більшості випадків в якості техногенного джерела низькопотенційної теплової енергії виступає нагріта вода, а також вентиляційне повітря.

Найбільш розповсюдженими техногенними джерелами низькопотенційної теплової енергії є вода градирень (температура +30…+40 ºС), охолоджуюча вода технологічного обладнання (температура +35…+45 ºС), а також шахтна дренажна вода (температура +20…+30 ºС).

Одним з найбільш розповсюджених джерел низькопотенційної теплової енергії, які можуть бути використані для теплових насосів в населених пунктах з централізованим водопостачанням та водовідведенням, є комунально-побутові стоки. Енергетичний потенціал стоків залежить від їх температури, яка складає +15…+25 ºС, а також від їх кількості, яка в свою чергу залежить від кількості мешканців населеного пункту (рис. 6).



Рис. 6 – Схема відбору теплової енергії для теплового насосу   
від комунально-побутових стоків

В цьому випадку доцільно використовувати вже очищені комунальні стоки, які по стічному колектору скидаються у водойму. Для цього у колекторі розміщується теплообмінник, за допомогою якого теплова енергія передається проміжному теплоносію, який передає її до теплового насосу.

1. **Функціональні особливості теплових насосів**

За своїми функціональними особливостями теплові насоси розділяють на чотири групи (табл. 1).

Таблиця 1

**Функціональні особливості теплових насосів**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип теплового насосу | Джерело теплової енергії | Теплоносій, що нагрівається | Загальні особливості |
| Повітря-повітря | Атмосферне повітря | Повітря всередині приміщення | 1. Відносно високий середній коефіцієнт перетворення СОР; 2. Можливість використання існуючих систем кондиціонування та вентиляції для опалення; 3. Неможливо використовувати для систем гарячого водопостачання. |
| Повітря-вода | Атмосферне повітря | Вода для опалення та гарячого водопостачання | 1. Більш доступна ціна (у порівнянні з іншими типами); 2. Можливість використання для водяних систем опалення та гарячого водопостачання; 3. Кондиціонування забезпечується з невеликими тепловтратами. |
| Вода-вода | Вода (природних або техногенних джерел) | Вода для опалення та гарячого водопостачання | 1. Максимальний середньорічний коефіцієнт перетворення СОР; 2. Порівняно високі затрати на впровадження, які обумовлені прокладанням трубопроводів, будівництвом насосної станції тощо. |
| Ґрунт-вода | Ґрунт або ґрунтові води | Вода для опалення та гарячого водопостачання | 1. Постійна температура джерела теплоенергії протягом року; 2. Значні затрати на прокладання земляних зондів. |

Крім зазначених у таблиці 1 типів теплових насосів, також можуть бути застосовані «вода-повітря» та «ґрунт-повітря», які відрізняються типом теплоносія, який нагрівається, або типом джерела теплової енергії.

В таблиці 2 наведені основні типи джерел теплової енергії, найбільш розповсюджені в Україні, а також їхні основні властивості.

Таблиця 2

**Типи джерел теплової енергії, найбільш розповсюджені в Україні**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Джерело теплової енергії | Характеристика джерела теплової енергії | Основні фактори для використання теплових насосів | Додаткові вимоги |
| Навколишнє повітря | Широкий діапазон зміни атмосферного повітря (від -30 до +38 ºС) | Повітряні теплові насоси є простими в експлуатації, не потребують особливих умов експлуатації та мають широкий спектр застосування | За низьких температур атмосферного повітря необхідне додаткове джерело теплової енергії (наприклад, електрокотел) |
| Ґрунтові води | Температура води знаходиться на рівні +7…+9 ºС | Можливе застосування там, де є горизонт ґрунтових вод на прийнятній глибині | Необхідно зробити нові свердловини та мати доступ до води прийнятної якості |
| Ґрунт | Температура ґрунту варіюється в межах +8…+13 ºС | Можливе застосування там, де є великі вільні площі землі | Існують обмеження ландшафтного характеру для встановлення ґрунтових теплообмінників |
| Стічні води | Температура стоків коливається в межах +15…+25 ºС | Виробництво та споживання теплової енергії можливе неподалік від станцій очистки каналізаційних стоків або колекторів | Обмеження логістичного характеру, оскільки споживачі тепла здебільшого розташовуються подалі від очисних споруд |
| Відкриті водойми | Температура у водоймах знаходиться в межах +4…+22 ºС. Це можуть бути озера, море, ріки тощо | Виробництво та споживання теплової енергії можливе неподалік від водойм відповідної глибини та площі поверхні | Контури теплообмінника піддаються впливу агресивного середовища у воді і потребують додаткового захисту та обслуговування |
| Вентиляційне повітря | Температура вентиляційного повітря коливається в межах +15…+26 ºС | Виробництво та споживання теплової енергії можливе, як правило, у великих офісах та будинках з централізованою системою витяжної вентиляції | Обмеження внаслідок необхідних обсягів витяжного повітря, можливості розміщення теплових насосів тощо |
| Промислове скидне тепло | Температура скидної енергії може перевищувати +300 ºС, хоча залежить від конкретного виробничого процесу та може бути значно нижчою (+25…+45 ºС) | Як правило, підприємство повинно мати доступ до міських тепломереж для постачання теплової енергії на потреби житлово-комунального господарства | Існують інфраструктурні обмеження. Як правило, це теплові насоси великої потужності, тому існує проблема збуту енергії, особливо в літній період за відсутності гарячого водопостачання |

Як і будь-яке обладнання, в тому числі тепло генеруюче, теплові насоси мають свої переваги та недоліки (табл. 3)

Таблиця 3

**Переваги та недоліки теплових насосів**

|  |  |
| --- | --- |
| ПЕРЕВАГИ | НЕДОЛІКИ |
| * **високий коефіцієнт корисної дії** (коефіцієнт перетворення СОР). Як правило, сучасні теплові насоси здатні забезпечувати виробництво теплової енергії на рівні від 3 до 7 МВт·год., споживаючи лише 1 МВт·год. електричної енергії; * **низькі експлуатаційні витрати**. Порівняно з традиційними котлами, експлуатаційні та сервісні витрати для теплового насосу менші у 2-5 разів; * **простота експлуатації**. Експлуатація є повністю автоматизованою та доступною для всіх вікових категорій людей; * **пожежна безпека**. Є вищою порівняно з традиційними системами теплопостачання, з огляду на відсутність елементів спалювання палива; * **універсальність**. Теплові насоси можуть також працювати в режимі кондиціонування, опалення та гарячого водопостачання; * **надійність та стабільність роботи**. Обумовлені простотою конструкції теплових насосів, низьким рівнем коливань температури та вологості повітря внаслідок роботи теплових насосів; * **екологічність**. Викиди забруднюючих речовин здійснюються за межами міста і локалізуються на місці виробництва електроенергії. | * висока вартість обладнання; * додаткове навантаження на електромережі; * низька ефективність обігріву при дуже низьких температурах навколишнього середовища; * необхідні специфічні умови використання природних ресурсів; * необхідність реконструкції існуючої системи опалення при її використанні з тепловими насосами. |

1. **Виробники теплових насосів. Індикативні показники вартості**

Для забезпечення опалення в холодному кліматі використовуючи енергію повітря рекомендується застосовувати обладнання виробників, які мають найкращі характеристики у порівнянні з існуючими на ринку аналогами від інших виробників. Світові лідери з виробництва теплонасосного обладнання пропонують теплові насоси, що забезпечують високий коефіцієнт перетворення навіть при від’ємній температурі зовнішнього повітря -28 °С.

До основних виробників теплових насосів можна віднести: Daikin, Mitsubishi Electric, Fujitsu General, LG, Panasonic, ROTEX, Sanyo, Glen Dimplex, Buderus, Alpha Innotec, Waterkotte, Heliotherm, IDM, Ochsner, Rehau, Vaillant   
та інші.

В Україні теплові насоси не виробляються в повному обсязі. На сьогоднішній день є багато українських підприємств, які здійснюють випуск вітчизняних теплових насосів із використанням комплектуючих елементів закордонного виробництва, або здійснюють крупновузлове збирання імпортних теплових насосів. Крім цього, такі підприємства надають покупцям теплових насосів послуги з монтажу та сервісного обслуговування. До таких підприємств, зокрема, відносяться концерн «Укрросметалл», м. Суми, «В.Д.Е.–Україна» (м. Бровари).

Теплові насоси вимагають високих капітальних витрат. За оцінками Національної академії наук України та компанії «Інсолар-Клімат» вартість теплових насосів варіюється в залежності від встановленої потужності (рис. 7).



Рис. 7 – Індикативні показники питомої вартості теплових насосів

Впровадження технології виробництва теплової енергії з використанням теплового насосу складається з кількох початкових етапів, серед яких:

1. Ідентифікація наявних низько потенційних джерел теплової енергії для теплового насосу, в якості яких можуть розглядатися: навколишнє повітря, відкрита водойма (ріка, озеро чи море), комунально-побутові стоки, промислові теплові скиди (від технологічного обладнання), відкритий ґрунт тощо.

2. Визначення доступності для використання низькопотенційного джерела теплової енергії та можливості транспортування теплоенергії до споживачів (відстань від низькопотенційного джерела теплової енергії до споживачів теплоенергії, можливість прокладання трубопроводів, наявність котельні та її інфраструктури тощо).

3. Визначення величини доступного для використання енергетичного потенціалу низькопотенційного джерела теплової енергії.

4. Вибір типу теплового насосу (ґрунтовий, водяний або повітряний) в залежності від:

* виду наявного низькопотенційного джерела теплової енергії (повітря, вода або ґрунт);
* виду теплоносія («вода-вода», «повітря-вода», «повітря-повітря», «вода-повітря»);
* сфери застосування (опалення або гаряче водопостачання).

5. Визначення та аналіз основних техніко-економічних показників теплового насосу:

* добового та сезонного графіку споживання теплової енергії;
* теплової потужності, в залежності від необхідного обсягу споживання теплоенергії споживачем та доступного для використання енергетичного потенціалу низькопотенційного джерела теплової енергії;
* електричної потужності;
* коефіцієнту перетворення (СОР).

6. Визначення наявності запасу електричної потужності в місці встановлення теплового насосу (запас потужності повинен бути не меншим сумарної електричної потужності теплового насосу та циркуляційних насосів).

7. Вибір теплового насосу відповідного типу та теплової потужності.

Рекомендації щодо вибору теплових насосів наведено у таблиці 4.

Таблиця 4

**Рекомендації щодо вибору теплових насосів**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Система теплопостачання | | | | | |
| Автономна | | | Централізована | | |
| ГВП | Опалення | | ГВП | Опалення | |
| **Потенційне тепло-забезпечення** | До 100% | До 90% | | До 100% | До 80% | |
| **Потенційні об’єкти застосування** | Лікарні, пологові будинки, школи, дитсадки, басейни, гуртожитки та інші об’єкти комунального, бюджетного, житлового сектору | | | Всі об’єкти, приєднані до централізованого теплопостачання | | |
| **Тип теплового насосу** | Повітряний, ґрунтовий, водяний, на комунально-побутових стоках | | | Водяний, на комунально-побутових стоках, на техногенних теплових скидах | | |
| **Додаткова система тепло-постачання, додаткове обладнання** | Бак-акумулятор | | Обов’язкова система резервного теплопостачання (наприклад, газовий або електричний котел), потрібен бак-акумулятор | Бак-акумулятор | | Обов’язкова система резервного теплопостачання (наприклад, газовий або електричний котел), потрібен бак-акумулятор |
| **Розміщення теплового насосу** | Безпосередньо у споживача | | | На міській або районній котельні. В окремій будівлі | | |

Теплові насоси можуть бути рекомендовані для впровадження в житлово-комунальному господарстві України як технологія, що забезпечує ефективне використання енергії навколишнього середовища та призводить до зменшення експлуатаційних витрат і забруднення навколишнього середовища.

В залежності від загального коефіцієнту корисної дії, теплові насоси можуть зараховуватись до частки відновлювальної енергетики та забезпечувати скорочення викидів парникових газів у атмосферу.

1. **Висновки щодо застосування теплових насосів в системах теплопостачання**

На сьогодні теплові насоси широко застосовуються у всьому світі. Кількість теплових насосів, що працюють в Японії, Європі та США обчислюється десятками мільйонів штук. Забезпечення теплопостачання житлових і виробничих приміщень на основі енергетичних технологій з використанням теплових насосів – один з напрямків світової відновлюваної енергетики, який найбільш динамічно розвивається. Щорічне зростання кількості встановлюваних майже у тридцяти країнах таких систем оцінюється в 10%. Величина встановленої теплової потужності досягає 10100 МВт, а щорічне виробництво теплової енергії становить близько 59000 ТДж (16470 ГВтгод).

На ринку України теплові насоси не набули широкого застосування, однак умови для їх впровадження вже визначилися. Застосування децентралізованих систем теплопостачання на базі теплонасосних установок у районах, де теплові мережі відсутні, або у нових житлових районах дозволить уникнути багатьох технологічних, економічних та екологічних недоліків централізованого теплопостачання. Наприклад, при модернізації індивідуального теплового пункту застосування теплових акумуляторів і теплового насоса з потужністю приводу компресора 6,5 кВт дозволило забезпечити потреби системи гарячого водопостачання з розрахунковою піковою потужністю 180 кВт. В адміністративних будівлях, де необхідно забезпечувати значний приплив свіжого повітря, схеми з тепловим насосом класу «повітря-повітря» дозволяють економити до 65% тепла на підігрівання припливного повітря.

Перспектива застосування теплових насосів може бути оцінена при розгляді конкретних задач енергозбереження. При цьому тільки комплексний підхід до їх використання, комбінування процесів виробництва тепла і холоду, утилізація теплоти відхідних газів та витяжного повітря, раціональне поєднання теплонасосного й електричного обігрівання, оптимальний вибір джерел низькопотенціальної теплоти, теплоакумуляторів і температурного режиму роботи установки можуть компенсувати недолік, пов’язаний з її високою вартістю.

**Опис теплонасосного обладнання, встановленого в лабораторії**

У лабораторії Інституту енергозбереження та енергоменджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського підприємством ДП «Вайлант група Україна» встановлено тепловий насос **flexoTHERM** з ґрунтовим контуром та повітряний тепловий насос **aroTHERM**.

Тепловий насос flexoTHERM здатен використовувати будь-яке доступне джерело відновлюваної енергії (ґрунт, вода, повітря), що дозволяє суттєво спростити процес проектування, установки та експлуатації теплонасосної системи.

*Сфера застосування* теплового насосу flexoTHERM, в першу чергу, включає приватні домогосподарства, бо обладнання дозволяє забезпечити комфортну температуру протягом року. Взимку тепловий насос працює для опалення, а влітку, завдяки вбудованій функції активного/пасивного охолодження, забезпечує кондиціонування будинку. Тепловий насос flexoTHERM здатен також безперебійно забезпечувати споживача гарячою водою. Крім того, теплові насоси flexoTHERM добре зарекомендували себе для нагрівання води у басейні – у літній період коефіцієнт перетворення СОР здатен досягати значення 8 у цьому режимі. Разом з тим, теплові насоси flexoTHERM можуть використовуватися і для теплопостачання ресторанів, готелів і санаторіїв, офісних та виробничих приміщень.

Максимальна температура подачі теплоносія в систему опалення 65 ºС.

**Хід роботи**

1. Провести зовнішній огляд теплового насосу flexoTHERM exclusive, ознайомитися з функціональною схемою теплового насосу (рис. 1).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |



Рис. 1 – Зовнішній вигляд теплового насосу flexoTHERM exclusive

За результатами спостережень відповісти на представлені нижче запитання, навести необхідні пояснення/обґрунтування своєї відповіді.

1. *Яка теплова потужність встановленого в лабораторії теплового насосу? \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*
2. Ознайомитися з функціональною схемою теплового насосу flexoTHERM exclusive (рис. 2).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1 – конденсатор,  2 – проміжний випарник / теплообмінник,  3 – фільтр,  4 – дросельний клапан,  5 – фільтр,  6 – дросельний клапан,  7 – компресор,  8 – випарник,  9 – чотириходовий клапан |

Рис. 2 – Функціональна схема теплового насосу flexoTHERM exclusive

1. З допомогою меню користувача заповніть таблиці даними на момент проведення вимірювань.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Індикатори витрати енергії** | **Покази** | |
| **03.11.2017** | **12.04.2018** |
| Витрата енергії за день, кВт∙год.:  Опалення  ГВП | 34,6  0 |  |
| Витрата енергії за місяць, кВт∙год.:  Опалення  ГВП | 36,8 |  |
| Загальні витрати енергії, кВт∙год.:  Опалення  ГВП | 11876  139 |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Поточні дані / Live Monitor** | **Покази** | |
| **03.11.2017** | **12.04.2018** |
| Тиск у контурі будівлі, бар | 1,2 |  |
| Тиск у зовнішньому контурі, бар | 0,8 |  |
| Розрахункова температура лінії подачі, °С | 65,5 |  |
| Поточна температура лінії подачі, °С | 58,5 |  |
| Зовнішній контур ‑ температура на вході, °С | 6,3 |  |
| Зовнішній контур ‑ температура на виході, °С | 3 |  |
| Електрична споживана потужність, кВт | 3,5 |  |

1. Обрати режим фахівця («Уровень специалиста», код 17) та заповнити даними наступні таблиці.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Меню перевірки ‑ Статистика** | **Покази** | |
| **03.11.2017** | **12.04.2018** |
| Компресор, години | 2048 |  |
| Компресор, запуски | 2488 |  |
| Насос будівлі, години | 4911 |  |
| Насос будівлі, запуски | 1366 |  |
| Зовнішній насос, години | 2099 |  |
| Зовнішній насос, запуски | 2944 |  |
| EEV (електричний розширювальний клапан), кроки | 937631 |  |
| EEV-VІ (електричний розширювальний клапан вприскування), кроки | 1187076 |  |
| Напрацювання ТЕН, години | 2673 |  |
| Переключення ТЕН | 257 |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Меню перевірки –  Тестування датчиків** | **Покази** | |
| **03.11.2017** | **12.04.2018** |
| Т01 Насос контуру будівлі: продуктивність, % | 21 |  |
| Т33 Положення EEV, % | 19 |  |
| Т34 Положення EEV-VІ, % | 0 |  |
| Т83 Контур будівлі: витрата, л/год. | 720 |  |
| Т86 Температура накопичувача, °С | -99 |  |
| Т97 Зовнішній контур: температура  на вході, °С | 15,3 |  |
| Т98 Зовнішній контур: температура  на виході, °С | 15,1 |  |
| Т101 Зовнішній контур: тиск, бар | 1,2 |  |
| Т121 Температура на виході компресора, °С | 63,7 |  |
| Т122 Температура на вході компресора, °С | 51,6 |  |
| Т123 Температура EEV-VІ на вході, °С | 14,8 |  |
| Т123 Температура EEV-VІ на виході, °С | 15,4 |  |
| Т127 Високий тиск, бар | 12,4 |  |
| Т128 Температура конденсації, °С | 14,8 |  |
| Т129 Низький тиск, бар | 12,4 |  |
| Т130 Температура випарювання, °С | 14,5 |  |
| Т146 Температура зовнішнього повітря, °С | 9,2 |  |

1. На функціональній схемі записати значення зафіксованих параметрів температури та тиску.
2. Розрахувати значення коефіцієнта перетворення та порівняти його з інформацією, поданою у документації виробника.

**Розрахункове завдання**

Підібрати тепловий насос flexoTHERM exclusive для опалення і гарячого водопостачання споруджуваного житлового будинку з сучасною теплоізоляцією та двома контурами опалення: одним регульованим і одним нерегульованим (рис. 8) згідно варіанту.

Розробити комерційну пропозицію, використовуючи сайт виробника **kp.vaillant.ua**. До комерційної пропозиції приєднати титульний аркуш, специфікацію, найбільш релевантну принципову схему, технічний розрахунок та детальний опис обладнання.

Як зміняться результати, якщо підбір обладнання здійснюється для старого будинку, в якому не проводилися роботи з утеплення?

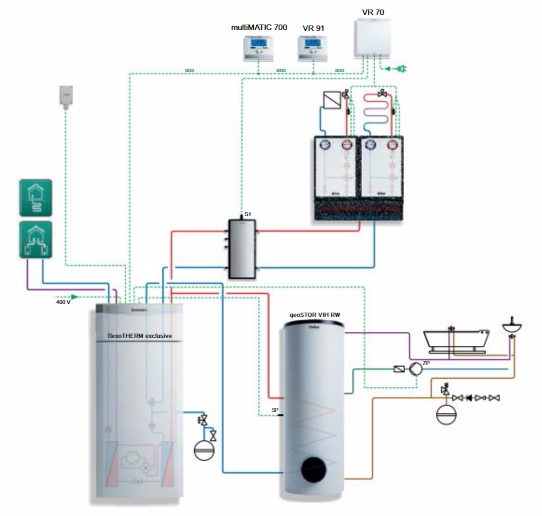


Рис. 8 – Принципова схема теплопостачання приватного будинку з використанням теплового насосу flexoTHERM exclusive

До звіту про виконання лабораторної роботи кожній бригаді необхідно додати роздруковану комерційну пропозицію з обов’язковими складовими: титульний аркуш, специфікація, принципова схема, технічний розрахунок.

Таблиця 2

**Вихідні дані для виконання розрахункового завдання (група ОН-41)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вихідні умови замовника** | **Номер бригади** | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| Розташування об’єкта | Житомирська обл. | Одеська обл. | Київська обл. | Львівська обл. |
| Кількість мешканців | 4 | 3 | 2 | 6 |
| Опалювальна площа, м2 | 300 | 220 | 150 | 350 |

Таблиця 3

**Вихідні дані для виконання розрахункового завдання (група ОН-42)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Вихідні умови замовника** | **Номер бригади** | | | |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| Розташування об’єкта | Херсонська обл. | Хмельницька обл. | Вінницька обл. | Миколаївська обл. |
| Кількість мешканців | 4 | 3 | 2 | 6 |
| Опалювальна площа, м2 | 150 | 120 | 150 | 230 |