ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ ПІДПРИЄМСТВ НА ПРИКЛАДІ УСТАНОВОК HELIOTHERM

З. С. СІРКО, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. А. КОРЕНДА, І. Ю. ВИШНЯКОВ, О. С. ПРОТАСОВ,

С. М. ОХРИМЕНКО, Н. Л. ЦІРЕНЬ

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

E-mail: z.sirko@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.05.016>

Анотація. Стаття присвячена висвітленню сутності та змісту такої проблеми, як використання установок, що працюють на альтернативних джерелах енергії для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання будівель, а саме теплових насосів. Теплові насоси використовують для своєї роботи низькопотенційне тепло, яке береться з повітря, водойми та надр землі. Підприємства та організації мають різноманітні джерела низькопотенційної теплової енергії: пожежні водойми, вільні земельні ділянки на територіях та ін.

Ключові слова: тепловий насос, тепла енергія, монтаж, теплопостачання

Актуальність. Тепловий насос – пристрій для переносу теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більшою високою температурою. Термодинамічний цикл теплового насоса аналогічний холодильній машині. Однак, у холодильній машині основною метою є виробництво холоду шляхом відбору теплоти з будь-якого обсягу випарником, а конденсатор здійснює скидання теплоти в навколишнє середовище. У тепловому насосі картина зворотна. Конденсатор являється теплообмінним апаратом, що виділяє теплоту для споживача, а випарник –

теплообмінним апаратом, що утилізує низько потенційну теплоту: вторинні енергетичні ресурси і (або) нетрадиційні поновлювані джерела енергії.

Залежно від принципу роботи теплові насоси поділяються на компресійні і абсорбційні. Компресійні теплові насоси завжди наводяться в дію за допомогою механічної енергії (електроенергії), у той час, як абсорбційні теплові насоси можуть також використовувати тепло в якості джерела енергії (за допомогою електроенергії або палива). Найбільше розповсюдження отримали компресійні теплові насоси. Принципова схема компресійного теплового насоса зображена на рис.1.

Рис. 1. Принципова схема (1 – конденсатор; 2 – дросель; 3 – випарник; 4 – компресор)

У процесі роботи компресор споживає електроенергію. Співвідношення теплової енергії, що виробляється і споживаної електричної називається коефіцієнтом трансформації (або коефіцієнтом продуктивності (англ. COP - скор. від coefficient of performance) і служить показником ефективності теплового насоса. Для обчислення COP використовується наступна формула:

$$COP = \frac{Q}{E},$$

де Q – теплова енергія передана споживачеві, Вт; E – споживання електричної енергії, Вт.

Мета дослідження – визначення доцільності встановлення теплових насосів на підприємствах і організаціях (наприкладі підприємств системи Держрезерву України) на прикладі установок HELIOTERM.

Методи досліджень. Залежно від джерела відбору низько потенціального тепла теплові насоси підрозділяються на:

1) **Геотермальні** (використовують тепло землі,

наземних або підземних ґрунтових вод)

- *горизонтальні (ґрунт)*

Колектор розміщується кільцями або спіралями в горизонтальних траншеях нижче глибини промерзання ґрунту (зазвичай від 1,2 м і більше) з розрахунку: один метр труби еквівалентний 20-30 Вт. Труби заповнюються антифризом (розчин пропілен-гліколю). Відстань між трубами повинна бути не менше 0,5-0,6 м. Після нескладних математичних підрахунків визначаємо, що для отримання 10 кВт енергії, буде потрібно контур довжиною 333-500 метрів. Контур укладається досить компактно, займаючи приблизно до 600 квадратних метрів площі. Такий спосіб є найбільш економічно ефективним для житлових об'єктів за умови відсутності дефіциту земельної площі під контур. При правильному розрахунку контур мало впливає на зелені насадження. Зовнішній вид горизонтального геотермального теплового насоса з горизонтальним контуром приведений на рис. 2.

Рис. 2. Геотермальний тепловий насос з горизонтальним контуром (система “грунт-вода”)

- вертикальні (грунт, гірська порода)

Колектор розміщується вертикально в свердловині, кожен метр труби буде дорівнювати 50-60 Вт енергії. Для нормальної роботи геотермального насоса потужністю 10 кВт, буде потрібно створити контур загальною глибиною 170-200 м. Труби заповнюються, як правило, антифризом (розчин пропілен-гліколю). Свердловина заповнюється ґрунтовими водами природним шляхом, і вода проводить тепло від ґрунту чи каменю до теплоносія. При

недостатній довжині свердловини або спробі отримати від ґрунту надлишкову потужність, ця вода і навіть антифриз можуть замерзнути що і обмежує максимальну теплову потужність таких систем. Цей спосіб застосовується у випадках, коли площа земельної ділянки не дозволяє розмістити контур горизонтально або існує загроза пошкодження ландшафту або у гірській місцевості. Зовнішній вид геотермального теплового насоса з вертикальним контуром приведений на рис. 3.

Рис. 3. Геотермальний тепловий насос з вертикальним контуром (система “грунт-вода”)

- водні (водойми)

Колектор розміщується спіралями або кільцями у водоймі

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

(озері, ставку, річці) нижче глибини промерзання. Такий варіант є ідеальним за всіма показниками: короткий контур, найбільш висока температура навколишнього середовища, як наслідок висока ефективність роботи. Один метр труби підводного контуру дорівнює 30 Вт теплової енергії. Для отримання

10 кВт тепла, потрібно 330 метра контурної труби. Це найбільш дешевий варіант, але є вимоги по мінімальній глибині і обсягом води у водоймі для конкретного регіону. Зовнішній вид геотермального теплового насоса для водойм (з притопленим контуром) приведений на рис. 4.

**Рис. 4. Геотермальний тепловий насос з притопленим контуром (система “вода-вода”)
- водні (грунтові води)**

Грунтові води є кращим джерелом енергії, завдяки тому, що навіть в зимовий час температура цього ресурсу не опускається нижче негативною позначки та знаходиться в діапазоні від +5 до +15 °С. Насоси,

які отримують енергію від ґрунтових вод, мають найбільш високий ККД. Проходячи через нього, вода віддає своє тепло. Зовнішній вид геотермального теплового насоса з використанням ґрунтових вод приведений на рис. 5.

Рис. 5. Тепловий насос з використанням ґрунтових вод (система “вода-вода”)

2) **Повітряні** (джерелом відбору тепла є повітря) використовують як джерело низькопотенційної теплової енергії повітря. Причому джерелом теплоти може бути не тільки зовнішній (атмосферне) повітря, а й витяжний вентиляційний повітря (загальнообмінної або місцевої) вентиляції будівель. Даний агрегат не вимагає монтажу підземного чи підводного контуру. Як правило, установки даного типу використовуються в тому випадку, коли інші варіанти відбору тепла не

можуть бути реалізовані. Теплова енергія повітря використовується до позначки -15°C . Якщо вдарили сильні морози, і температура опустилася нижче цього показника, за справу в загальному випадку береться додатковий теплогенератор, але теплові насоси Heloitem мають робочий діапазон температур від -25 до $+45^{\circ}\text{C}$ і додатковий теплогенератор не потрібний. Зовнішній вид повітряного теплового насоса (система “повітря-вода”) приведений на рис. 6.

Рис. 6. Повітряний тепловий насос (система “повітря-вода”)

Існують також повітряні теплові насоси, які відбирають низькопотенційне тепло з повітря і використовує його для обігріву приміщень в будинку за допомогою повітряної каналної системи (система “повітря-повітря”). Особливість даного типу повітряного теплового насоса в тому, що вони

працюють або в режимі нагріву, або в режимі охолодження. Повітряне опалення використовується в офісних будівлях, торгових центрах, промислових і складських приміщеннях. Зовнішній вид повітряного теплового насоса (система “повітря-повітря”) приведений на рис. 7.

Рис. 7. Повітряний тепловий насос (система “повітря-повітря”)

3) **Теплові насоси, які використовують вторинне тепло** (наприклад, тепло трубопроводу центрального опалення, вентиляційні викиди тощо). Подібний варіант є найбільш доцільним для промислових об'єктів, де є джерела скидного тепла, яке вимагає утилізації. Одним з найефективніших джерел даного типу являється використання відпрацьованого тепла повітряних та холодильних компресорів, оскільки воно має високу температуру.

За останні роки в різних засобах масової інформації, включаючи Інтернет видання, з'явилися численні публікації, що стосуються використання технології теплових насосів в системах опалення і гарячого водопостачання об'єктів різної сфери - від окремих будинків до житлових мікрорайонів. Виникли десятки компаній, що пропонують теплові насоси різних виробників для згаданих цілей, був прийнятий ряд урядових рішень щодо використання теплових насосів в комунальній сфері [1, 2, 3]. Однак, на сьогоднішній день

в Україні не реалізовано жодного, скільки-небудь значимого проекту, пов'язаного з використанням теплових насосних технологій. Автори мають багаторічний досвід спільного науково-технологічного співпраці з провідними технічними університетами та промисловими компаніями Західної Європи в області розробок і практичного використання теплових насосних технологій.

Сьогодні світ весь час прагне до вдосконалення. В області енергетики це виражається в розвитку енергоефективних технологій. Ще 15-20 років тому більшість новозбудованих будівель розраховувалися за середніми тепловтратами до 100 Вт/м². Зараз практикуючому інженеру-теплотехніку важко уявити собі приміщення з втратою тепла вище, ніж 75 Вт/м², а бувають випадки, коли до уваги береться цифра в 25 Вт/м².

Внаслідок зниження питомих тепловтрат будівлі актуальною стала тематика низькопотенційних систем опалення.

Актуалізація сталася через те, що знизилися розрахункові температурні режими систем, а це спричинило за собою зменшення габаритних розмірів опалювальних приладів (у більшості випадків радіаторів).

Загальні переваги, недоліки і особливості експлуатації теплових насосів. Основною перевагою теплових насосів є можливість перемикання з режиму опалення взимку на режим кондиціонування влітку: просто замість радіаторів до зовнішнього колектору підключаються фанкойли або система «холодні стелі».

Тепловий насос надійний, його роботою керує автоматика. В процесі експлуатації система не потребує спеціального обслуговування, можливі маніпуляції не вимагають особливих навичок і описані в інструкції.

Тепловий насос компактний (його модуль за розмірами не перевищує звичайний холодильник) і практично безшумний.

До недоліків геотермальних теплових насосів, які використовуються для опалення, слід віднести велику вартість встановленого обладнання (300-1200 \$ за 1 кВт встановленої потужності), необхідність складного і дорогого монтажу зовнішніх підземних або підводних теплообмінних контурів. Період окупності теплових насосів становить 4-9 років, при терміні служби 15-20 років до капітального

ремонту. Існує і альтернативний погляд на економічну доцільність установки теплонасосів. Так, якщо установка теплонасоса проводиться на кошти, взяті в кредит, економія від використання теплового насосу може бути менше, ніж вартість використання кредиту. Тому масове використання теплонасосів в приватному секторі можна очікувати, якщо вартість теплонасосного обладнання буде порівнянна з витратами на установку газового опалення та підключення до газової мережі.

Основним недоліком теплового насоса є зворотна залежність його ефективності від різниці температур між джерелом теплоти і споживачем. Це накладає певні обмеження на використання систем типу «повітря - вода». Реальні значення ефективності сучасних теплових насосів становлять близько $COP = 2,0$ при температурі джерела $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, і порядку $COP = 5,0-6,0$ при температурі джерела $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Це призводить до того, що для забезпечення заданого температурного режиму споживача при низьких температурах повітря необхідно використовувати обладнання зі значною надлишковою потужністю, що пов'язане з нераціональним використанням капіталовкладень (втім, це стосується і будь-яких інших джерел теплової енергії). Всі, навіть найефективніші теплові насоси є нагрівають воду в системі опалення не більше $+62\text{ }^{\circ}\text{C} \div$

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

+65 °С, причому, чим вище температура води, що нагрівається, тим менше ефективність і надійність теплового насоса. Якщо тепла із зовнішнього контуру все ж недостатньо для опалення в сильні морози, практикується експлуатація насоса в парі з додатковим генератором тепла (в таких випадках говорять про використання бівалентної схеми опалення). Коли вулична температура опускається нижче розрахункового рівня (температури бівалентності), в роботу включається другий генератор тепла - найчастіше невеликий електронагрівач, рідше газовий або твердопаливний котли.

Оптимальна потужність теплонасосної установки становить 60-70% від необхідної встановленої потужності, що також впливає на закупівельну вартість установки опалення тепловим насосом. В цьому випадку тепловий насос забезпечує не менше 95 % потреби споживача в

тепловій енергії за весь опалювальний сезон. При такій схемі середньосезонний коефіцієнт перетворення енергії для кліматичних умов Центральної Європи дорівнює порядку $COP = 3$.

Потенціал застосування низькопотенційного тепла в Україні

ТЕПЛОТА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Атмосферне повітря є необмеженим джерелом низькопотенційної енергії. Технічно досяжний ресурс теплоти атмосферного повітря обмежується тільки технічними характеристиками теплового насоса. У кліматичних умовах України можуть використовуватися серійні теплові насоси у кліматичному виконанні на температури від -15 °С до -20 °С [3]. Діаграму енергетичного потенціалу використання теплоти атмосферного повітря для регіонів України приведений на рис. 8.

Рис. 8. Енергетичний потенціал повітря в Україні

■ технічно-досяжний: 9,01 млн. т у.п./рік
■ технічно-доцільний: 3,48 млн. т у.п./рік

Переваги роботи теплових насосів з використанням в якості джерела теплоти атмосферного повітря: необмежене джерело теплоти; невисокі початкові капіталовкладення; можливість розміщення установок на будь-якому об'єкті.

Недоліки роботи теплових насосів з використанням в якості джерела теплоти атмосферного повітря: невисокий коефіцієнт трансформації при температурах повітря нижчих за нуль; при невисоких температурах зовнішнього повітря необхідно використовувати спеціальні пристрої для запобігання обмерзанню зовнішнього блоку.

ТЕПЛОТА ПОВЕРХНЕВИХ, ГРУНТОВИХ ТА СТИЧНИХ ВОД

Середня температура поверхневих вод близько 10 °С, мінімальна – 0 °С. Грунтові води мають досить стабільну температуру протягом всього року в діапазоні 7÷12 °С. Допустимий ступінь охолодження води тепловими насосами складає 2 °С (умова льодоутворення). Практичне використання цього ресурсу є складним з огляду на природоохоронні обмеження та високі капіталовкладення [3].

Грунтова вода охолоджується у випарнику теплового насоса максимально на 5°С. У порівнянні з іншими низькотемпературними джерелами теплоти, забезпечує найвищий коефіцієнт перетворення. Для використання теплоти ґрунтової

води застосовуються свердловини, колодязі. З метою виключення взаємного впливу, відстань між водозабірними та водоприймальними свердловинами повинна бути не меншою 50-80 м, а відстань між однотипними свердловинами – не меншою 30-50 м.

Річкова і озерна вода мають суттєвий недолік – низьку температуру в зимовий період (може досягати 0 °С). При проектуванні системи необхідно особливу увагу приділяти запобіганню заморожування випарника ТН.

Крім того для вилучення теплоти озерної води у теплових насосах використовується петльовий придонний теплообмінник з пластикових труб з циркулюючим етиленгліколем, загальною довжиною декілька сотень метрів, тому є небезпека аварії з витокм етиленгліколю і забрудненням навколишнього середовища.

Також можуть використовуватися геотермальні води та води, що відкачуються з видобувних шахт залізорудного та вугільного комплексів. Використання 20 % теплоти шахтних вод за допомогою теплових насосів дозволить покрити всі технологічні потреби шахтного фонду у тепловій енергії. Значним та більш досяжним є потенціал теплоти систем водовідведення, стоків промислових підприємств та комунально-побутового господарства. Діаграму

The map displays the distribution of three types of enterprises across the regions of Ukraine. The regions are outlined in black, and the cities are marked with black dots. The data is presented as follows:

Region	City	Red Bar	Green Bar	Yellow Bar
Волинська	Луцьк	4976	9516	981
Рівненська	Рівне	1701	822	106
Житомирська	Житомир	499	187	1155
Київська	Київ	1607	2229	1603
Чернігівська	Чернігів	924	478	179
Сумська	Суми	1026	486	171
Львівська	Львів	4976	9516	981
Тернопільська	Тернопіль	744	174	117
Хмельницька	Хмельницький	636	239	117
Вінницька	Вінниця	117	0	0
Черкаська	Черкаси	3879	1735	681
Полтавська	Полтава	774	320	938
Харківська	Харків	8225	1088	2971
Луганська	Луганськ	9501	6009	1653
Донецька	Донецьк	9501	6009	1653
Закарпатська	Ужгород	1222	663	346
Івано-Франківська	Івано-Франківськ	379	142	320
Чернівецька	Чернівці	204	60	0
Херсонська	Херсон	3879	1735	681
Миколаївська	Миколаїв	1222	663	346
Одеська	Одеса	3879	1735	681
Запорозька	Запоріжжя	379	142	320
Дніпропетровська	Дніпропетровськ	379	142	320
Хмельницька	Хмельницький	636	239	117
Вінницька	Вінниця	117	0	0
Тернопільська	Тернопіль	744	174	117
Львівська	Львів	4976	9516	981
Волинська	Луцьк	4976	9516	981

- теоретичні ресурси теплової енергії стічних вод – 8,5 млн. т.у.п./рік
- технічно-досяжні ресурси теплової енергії стічних вод – 4,1 млн. т.у.п./рік
- економічно-доцільні об'єми використання теплової енергії стічних вод – 1,6 млн. т.у.п./рік

Ґрунт має здатність акумулювати сонячну енергію протягом тривалого періоду, що забезпечує порівняно рівномірну температуру джерела теплоти протягом року і тим самим, високий ККД роботи теплового насоса [3].

Температурний діапазон поверхні землі на глибині 1 м становить $3\div 17^{\circ}\text{C}$, а в шарах до 15 м – $8\div 12^{\circ}\text{C}$. Більш того, у верхніх шарах землі мінімум температури досягається на кілька місяців пізніше піку морозів.

ТЕПЛОТА ҐРУНТУ

повинна становити близько мінус 15 °С. Замість розсолу в контурі можна використовувати фреон, який кипить безпосередньо у трубах теплозбірника, така схема підвищує ККД, але її експлуатація складна. Діаграму енергетичного потенціалу використання теплоти поверхневих та стічних вод для регіонів України наведено на рис. 10.

наведено на рис. 10.

■ теоретично можливі об'єми використання теплової енергії ґрунту і ґрунтових вод – 19,3 млн. т.у.п./рік

■ економічно-доцільні об'єми використання теплової енергії ґрунту і ґрунтових вод – 1,2 млн. т.у.п./рік

рахунок постійної високої температури джерела теплоти; невисокі експлуатаційні затрати; простота обслуговування

горизонтальних геотермічних
теплообмінників; для установки
вертикальних геотермальних
теплообмінників необхідна велика
площа ділянки; великі капітальні

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

затрати на інсталяцію обладнання; використання горизонтального ґрунтового теплообмінника потребує значної площі для його розміщення.

ТЕХНІЧНО ДОСЯЖНИЙ ПОТЕНЦІАЛ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ

Наявні ресурси теплової енергії довкілля багаторазово перевищують прогнозований рівень споживання всіма секторами промисловості України.

На сьогоднішній день для вирішення проблем енергозбереження тепловий насос є найбільш перспективним серед джерел нетрадиційної енергетики. Використання відновлювальних джерел енергії дає можливість обмежити використання традиційних палив, зменшити забруднення довкілля. Потенціал енергозбереження від впровадження теплових насосів різного типу наведений в діаграмі на рис. 11.

Рис. 11. Потенціал енергозбереження

■ загальний

■ економічно-досяжний до 2025 р.

1 – водооборотні цикли в енергетиці і промисловості; 2 – тепло відкритих водойм; 3 – геотермальна енергія; 4 – верхній шар ґрунту; 5 – стічні води; 6 – шахтні води; 7 – вентиляційні викиди.

В табл. 1 наведені температурні рівні, характерні для основних джерел теплоти, що використовуються в системах на

основі теплових насосів в режимі опалення, гарячого водопостачання та вентиляції.

1. Температурні рівні основних джерел теплоти

Джерело теплоти	Температурний діапазон
Зовнішнє повітря	-10/+5
Витяжна вентиляція	15/25
Озерна вода	0/10
Річкова вода	0/10
Морська вода	3/8
Ґрунт	0/10
Ґрунтові води	>10
Геотермальна вода	20/50

Основною перевагою теплових насосів є можливість перемикання з режиму опалення взимку на режим кондиціонування влітку: просто замість радіаторів до зовнішнього колектору підключаються фанкойли або система «холодних стель».

Тепловий насос надійний, його роботою керує автоматика. В процесі експлуатації система не потребує спеціального обслуговування, можливі маніпуляції не вимагають особливих навичок і описані в інструкції.

Теплові насоси HELIOTERM

Виробник теплових насосів компанія HELIOTERM (Австрія) існує на ринку понад 30 років. За цей час її продукція зарекомендувала себе як високоякісними, ефективними та надійними джерелами тепла, вона включає в себе повітряні, ґрунтові та водяні теплові насоси.

Теплові насоси HELIOTERM мають наступні переваги:

- екологічність (абсолютно безпечні для навколишнього середовища);

- високий коефіцієнт перетворення (COP=5-7 в залежності від виду теплового насоса);

- система три в одному (опалення, гаряче водопостачання і охолодження будівлі);

- можливість дистанційного керування (функція Web-control)

- довговічність конструкції;

- низький рівень шуму (до 55 дБ);

- можливість повної енергонезалежності (поєднання теплового насоса з сонячною електростанцією).

Зовнішній вид теплових насосів HELIOTERM зображений на рис. 12.

Рис. 12. Теплові насоси HELIOTERM

Теплові насоси HELIOTERM

мають наступні модифікації:

1. Повітряні теплові насоси (повітря-вода) Comfort Compact (теплова потужність 8-18 кВт, COP=4,0-5,0), використовуються для опалення та гарячого водопостачання приватних будинків.

2. Повітряні теплові насоси (повітря-вода) Basic Comfort у поєднанні з сонячними батареями (теплова потужність 8-18 кВт, COP=4,0-5,0), використовуються для опалення та гарячого водопостачання приватних будинків.

3. Повітряні теплові насоси (повітря-вода) Solid Split з можливістю встановлення сонячних батарей (теплова потужність 30-55 кВт, COP=4,0-5,0), використовуються для опалення та гарячого водопостачання приватних та багатоквартирних будинків.

4. Ґрунтові теплові насоси (росіл-вода) Solid з можливістю встановлення сонячних батарей (теплова потужність 30-120 кВт, COP=6,0-7,0), використовуються для опалення та гарячого водопостачання приватних, багатоквартирних та інших будинків.

5. Водяні теплові насоси (вода-вода) Solid з можливістю встановлення сонячних батарей (теплова потужність 30-120 кВт, COP=6,0-7,0), використовуються для опалення та гарячого водопостачання приватних, багатоквартирних та інших будинків.

Результати досліджень.

Можливості впровадження теплових насосів на підприємствах та організаціях системи Держрезерву наведені нижче в таблиці 2.

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

2. Можливості впровадження теплових насосів на підприємствах та організаціях системи Держрезерву.

№ п/п	Назва підприємства	Джерело теплопостачання	Паливо	Тип теплових насосів, які можна встановити	Доцільність встановлення
Аграрні активи					
1	ДП «Златодар»	Опалення будівель - електротягли	-	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
2	ДП «Кіровоградський КХП № 2»	Опалення будівель - електротягли	Кам'яне вугілля	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
3	ДП «Куліндорівський КХП»	Газова котельня - опалення будівель	Природний газ	Вертикальні ґрунтові, насоси, що використовують тепло компресорного обладнання, повітряні.	Так
4	ДП «Охтирський КХП»	Газова котельня - опалення будівель	Природний газ	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
5	Філія ДП «Охтирський КХП» «Хлібна база 82»	Газова міні-котельня - опалення будівель,	Природний газ	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
6	ДП «Стрийський КХП № 1»	Газова котельня - опалення будівель,	Природний газ	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
7	ДП «Чортківський КХП»	Газова та твердопаливна міні-котельня - опалення будівель	Природний газ, дрова	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
8	ДП «Хлібна база № 73»	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Кам'яне вугілля, дрова	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, водяні при наявності пожежної водойми	Так
9	ДП «Хлібна база № 76»	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Кам'яне вугілля, дрова	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, водяні при наявності пожежної водойми	Так

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

№ п/п	Назва підприємства	Джелело теплопостачання	Паливо	Тип теплових насосів, які можна встановити	Доцільність встановлення
10	ДП «Хлібна база № 77»	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Кам'яне вугілля, дрова	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові при наявності пожежної водойми	Так
11	ДП «Хлібна база № 85»	Опалення будівель - електрокотли	-	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові	Так
Склади та холодильники					
12	ДО "Комбінат "Прогрес"	Газова котельня - опалення будівель	Природний газ	Вертикальні ґрунтові	Так
13	ДО "Комбінат "Дніпро"	Газова котельня - опалення будівель	Природний газ	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові	Так
14	ДО "Комбінат "Салют"	Опалення будівель - електрокотли	-	Вертикальні ґрунтові	Так
15	ДО "Комбінат "Світанок"	Опалення будівель - електрокотли	-	Вертикальні ґрунтові	Так
16	ДО "Комбінат "Трикутник"	Котельня газова та твердопаливна - опалення будівель	Природний газ; вугілля	Вертикальні ґрунтові	Так
17	ДО "Комбінат "Троянда"	Котельня на вугільних брикетах - опалення будівель	Вугільні брикети	Вертикальні ґрунтові	Так
18	ДО "Укрпродконтр акт"	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Кам'яне вугілля, дрова	Вертикальні ґрунтові	Так
Нафтобази					
19	ДО "Комбінат "Айстра"	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Дрова	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водойми	Ні
20	ДО "Комбінат "Рекорд"	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Дрова	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водойми	Ні
21	ДО "Комбінат "Естафета"	Централізоване	-	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водойми	Ні

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

№ п/п	Назва підприємства	Джелело теплопостачання	Паливо	Тип теплових насосів, які можна встановити	Доцільність встановлення
22	ДО "Комбінат "Зірка" (ділянка Запоріжжя)	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Дрова	Водні	Ні
23	ДО "Комбінат "Зірка" (ділянка Бердянськ)	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Дрова	Водні	Ні
24	ДО "Комбінат "Планета"	Котельні газова та твердопаливна - опалення будівель	Природний газ, дрова	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водойми	Ні

Розглянемо встановлення водного теплового насосу на прикладі ДО «Комбінат», «Естафета» в м. Славута. На підприємстві знаходяться дві опалювані будівлі адміністративно-побутового (опалюваний об'єм 4532 м³) та господарсько-технічного корпусів (опалюваний об'єм 8263 м³), крім цього в адміністративно-побутовому корпусі також присутня система гарячого водопостачання душових сіток та умивальників (в розрахунках орієнтуємось на 20 чоловік виробничого персоналу). Необхідна теплова потужність теплового насосу на 1 м³ опалюваного об'єму становить 70 Вт/м³, для гарячого водопостачання при витраті на 1 людину 50 літрів води при температурі 45°C - 800 Вт/людину. Теплове навантаження адміністративно-побутового корпусу становитиме 333,25 кВт (3 них на гаряче водопостачання 16 кВт),

господарсько-технічного корпусу - 578,27 кВт.

На території підприємства знаходиться пожежне озеро з площею 600 м² та середньою глибиною 3 м. На 10 кВт теплової потужності насоса потрібно до 300 м.п. колектора. З врахуванням конструкції водойми та особливостей прокладки колектора, на підприємстві можна встановити лише водяний тепловий насос HELIOTHERM Solid (вода-вода) потужністю 16 кВт для покриття навантаження системи гарячого водопостачання в адміністративному корпусі. Тому для даного підприємства найбільш актуальним буде встановлення ґрунтових теплових насосів.

Іншим прикладом послужить адміністративна будівля ДО «Айстра» в м.Чернігів. Опалюваний об'єм будівлі становитиме 1450 м³, в будівлі гаряча вода використовується для рукомийників, кількість працюючого

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

персоналу що постійно перебуває у будівлі 25 чоловік. Теплове навантаження системи опалення становитиме 46,0 кВт, системи гарячого водопостачання – 5,2 кВт, сумарне 51,2 кВт. Враховуючи географічне розташування будівлі, особливості ландшафту, правила пожежної безпеки та ін. для покриття теплового навантаження даної будівлі найбільше підходить тепловий повітряний насос HELIOTERM Solid Split (повітря-вода) потужністю 55 кВт.

Висновки.

1. Використання теплових насосів передбачає лише оплату за електроенергію на роботу та технічне обслуговування установки, сума у порівнянні з витратами на центральне опалення або роботу газових або електричних котлів аналогічної потужності в декілька раз менша.

2. Впровадження теплових насосів являється перспективним напрямком використання альтернативних джерел енергії для забезпечення потреб систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання будівель, але даний процес суттєво залежить від місцезнаходження об'єкта та наявності доступу до певного оптимального для нього джерела низько потенціальної теплової енергії.

3. Термін окупності від впровадження теплового насоса, не

зважаючи на високу собівартість установки (300-1200\$ за 1 кВт потужності) та складний монтаж зовнішніх підземних або підводних теплообмінних контурів, становить на даний момент 4-9 років. Але в останній час спостерігається тенденція поступового зниження собівартості обладнання та його монтажу

4. Незважаючи на свою ефективність теплові насоси (особливо повітряні) далеко не завжди повноцінно покривають теплове навантаження будівель в сильні морози (особливо повітряні), тому необхідно поєднувати їх експлуатацію з додатковим джерелом тепла: електричним, газовим або твердопаливним котлом, які будуть вмикатися при досягненні вуличної температури певного критичного значення (точки бівалентності).

5. Найефективнішим джерелом низькопотенціальної теплової енергії являються геотермальні води, оскільки значення їх температури знаходиться в межах 20-50 °С, коефіцієнт перетворення теплового насоса при цьому найвищий;

6. Також високоефективними джерелами низькопотенціальної теплоти являються скидне тепло від водооборотних процесів в енергетиці та промисловості, вентиляційні скиди та відпрацьоване тепло повітряних і холодильних компресорів та ін.

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цирень Н.Л.

7. Найбільшим потенціалом з природних низькотемпературних джерел тепла являються тепло ґрунтів

і ґрунтових вод, повітря, а також річкових, озерних і морських вод.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії»

2. Закон України №1959-VIII від 21.03.2017 "Про внесення змін до Закону України "Про теплопостачання" щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії"

3. Теплонасосні установки в харчовій та іншій галузях: публікація в рамках проекту UNIDO «Підвищення нергоєфективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України» / В.Ф. Мокляк, О.М. Рябчук. К.: ЮНІДО, 2015.

4. Безродний М.К., Притула Н.О. Енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: моногр. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 208 с.

5. Пісарев В.Є. Теплові насоси та холодильні установки. Навчальний посібник. К.: КНУБА, 2002. 124с.

6. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврін В.С., Дабіжа Н.О. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання [монографія]// під під ред. акад. НАН України А.А. Долінського; НАН України, Ін-т техн. теплофізики. К.: [б. в.], 2008. 104с.

7. Ткаченко С.Й., Остапенко О.П. Парокомпресійні теплонасосні установки в системах теплопостачання. Вінниця: ВНТУ, 2009. 177с.

8. Руководство по проектированию и монтажу тепловых насосов Dimplex [Електронний ресурс]// Режим доступу http://geowatt.kz/downloads/HP_planning_and_installation_Rus.pdf

9. Васьков Е.Т. Термодинамические основы тепловых насосов: учебное пособие/

СПб гос.архит. строит. ун-т. СПб, 2007. 127 с.

References

1. Law of Ukraine "On Alternative Energy Sources"

2. Law of Ukraine №1959-VIII of 21.03.2017 "On Amendments to the Law of Ukraine" On Heat Supply "To stimulate the production of thermal energy from alternative energy sources"

3. Moklyak V.F., Ryabchuk O.M. (2015) Heat pump installations in food and other industries: publication in the framework of the UNIDO project "Improving energy efficiency and stimulating the use of renewable energy in agri-food and other small and medium enterprises (SMEs) of Ukraine". UNIDO.

4. Bezrodniy M.K., Prytula H.O. (2012) Energy efficiency of heat pump schemes of heat supply: [monograph]. NTUU "KPI". 208.

5. Pisarev V.E. (2002) Heat pumps and refrigeration units. KNUBA.124.

6. Snezhkin Y.F., Chalaev D.M., Shavrin V.S., Dabizha N.O. (2008) Heat pumps in heat and cold supply systems [monograph] NAS of Ukraine, Institute of thermophysics.104.

7. Tkachenko S.Y., Ostapenko O.P. (2009) Steam compression heat pump installations in heat supply systems. VNTU. 177.

8. Guide for the design and installation of Dimplex heat pumps [Electronic resource] // Access mode http://geowatt.kz/downloads/HP_planning_and_installation_Rus.pdf

9. Vaskov E.T. (2007) Thermodynamic bases of heat pumps/ St. Petersburg State Arch. builds. un-t. - СПб, 2007. 127 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

З.С. Сирко, В.А. Коренда, И.Ю. Вишняков, А.С. Протасов, С.Н.

Охрименко, Н.Л. Цирень

Аннотация. Стаття посвящена обоснованию сущности и содержания такой проблемы, как использование установок, работающих на

Сірко З.С., Коренда В.А., Вишняков І.Ю., Протасов О.С., Охріменко С.М., Цірень Н.Л.

альтернативных источниках энергии для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий, а именно тепловых насосов. Тепловые насосы используют для своей работы низкопотенциальное тепло, которое берется из воздуха, водоемов и недр земли. Предприятия и организации имеют различные источники низкопотенциальной тепловой энергии: пожарные водоемы, свободные земельные участки на территориях и др.

Ключевые слова: тепловой насос, тепловая энергия, монтаж, теплоснабжение

Prospect for the using of heat pumps for heating of buildings in enterprises
Z.S. Sirko, V.A. Korenda, I.Y. Vyshnyakov, O.S. Protasov, S.M. Ochrimenko,
N.L. Tsiren

Abstract. *Heat pump - a device for transferring thermal energy from a source of low potential thermal energy to a consumer with a higher temperature. The thermodynamic cycle of a heat pump is similar to a refrigerating machine. Depending on the principle of operation, heat pumps are divided into compression and absorption. The most commonly used compression heat pumps.*

In recent years, numerous publications on the use of heat pump technology in heating and hot water supply facilities of various spheres - from individual homes to residential neighborhoods have appeared in various media.

The authors of the publication have many years of experience in joint scientific and technical cooperation with leading technical universities and industrial organizations in the field of development and practical use of heat pump technology.

The authors analyze the possibilities of introducing heat pumps at enterprises and organizations of the State Reserve System of Ukraine. It has been shown that the amount of expenses in comparison with central heating or operation of gas and electric boilers of similar power is several times smaller. It is noted that the implementation of heat pumps is a promising direction in the use of alternative energy sources to meet the heating, ventilation and hot water supply needs of buildings. The payback period from the introduction of heat pumps at enterprises is 4-9 years, depending on the location of the object and the type of source of low-temperature heat.

The article meets the requirements of the State Tax Code of Ukraine and can be recommended for publication.

Key words: heat pump, heat energy, assembling, heat supply