

УДК 504.61:621.311.22

© З.С. Сірко, к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В.А. Коренда, І.Ю. Вишняков, О.С. Протасов, Н.В. Бірківська

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА ПІДПРИЄМСТВАХ**

*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, водойм та надр землі. Підприємства та організації мають різноманітні джерела низькопотенційної теплової енергії: пожежні водойми, вільні земельні ділянки на територіях.*

### **ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, МОНТАЖ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

**Постановка проблеми.** Тепловий насос – пристрій для переносу теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більш 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. В тепловому насосі картина зворотна. Конденсатор є 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), в 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.

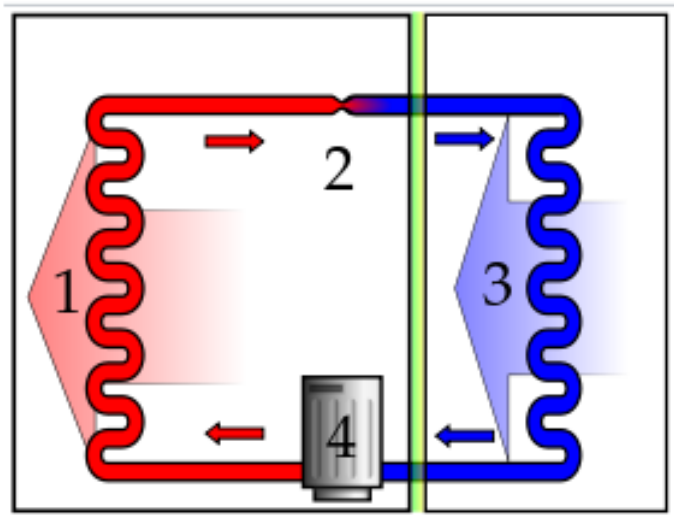


Рис. 1 – Принципова схема: 1 – конденсатор; 2 – дросель; 3 – випарник; 4 – компресор.

В 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.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Залежно від джерела відбору низькопотенційного тепла теплові насоси розділяються на:

1) геотермальні (використовують тепло землі, наземних або підземних ґрунтових вод):

- горизонтальні (ґрунт),

- вертикальні (грунт, гірська порода),
- водні (водойми, ґрунтові води);

2) повітряні;

3) теплові насоси, які використовують вторинне тепло [5].

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 фірм 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/м<sup>2</sup>. Зараз практикуючому інженеру-теплотехніку важко уявити собі приміщення з втратою тепла вище, ніж 75 Вт/м<sup>2</sup>, а бувають випадки, коли до уваги береться цифра в 25 т/м<sup>2</sup>.

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). Крім того, люди більше почали цінувати незалежність і власний комфорт, чого практично неможливо досягти при використанні будь-якого з традиційних котлів [4, 6].

В 2005 році Королівський Технологічний Інститут Стокгольму та Інститут гідромеханіки Національної Академії наук і СП «Укрінтерм» об'єднали свої зусилля у вивченні досвіду Швеції по використанню теплових насосів та його адаптації до українських умов [7, 8, 9]. Зокрема, в 2006 році на черговий виставці «Акватерм» був вперше в Україні показаний діючий тепловий насос шведського виробництва, згодом встановлений в одному з корпусів Київського політехнічного інституту. Було проведено ряд семінарів,

конференцій та нарад з представниками різних органів влади і підприємств, що займаються проблемами теплопостачання, а також представниками проектних організацій. У квітні 2007 року силами представників Королівського Технологічного Інституту (проф. Рональд Венерштен і проф. Берн Пальм) були проведені перші курси по тепловим насосам для студентів теплотехнічного факультету Київського політехнічного інституту.

Основною перевагою теплових насосів є можливість перемикання з режиму опалення взимку на режим кондиціонування влітку: просто замість радіаторів до зовнішнього колектору підключаються фенкойли або системи «холодний стеля».

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 теплових насосів. Так, якщо установка теплового насоса проводиться на кошти, взяті в кредит, економія від використання теплового насосу може бути менше, ніж вартість використання кредиту. Тому масове використання теплових насосів 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 °C, і порядку COP = 4.0 при температурі джерела +7 °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 нерациональним 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  $+50\text{ }^{\circ}\text{C} \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 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.

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

**Результати дослідження.** Можливості впровадження теплових насосів на підприємствах та організаціях системи Держрезерву наведені нижче в таблиці 1. 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 м<sup>3</sup>) та господарсько-технічного корпусів (опалюваний об'єм 8263 м<sup>3</sup>), 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 м<sup>3</sup> опалюваного об'єму становить 70 Вт/м<sup>3</sup>, 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. Враховуючи середньостатистичний коефіцієнт перетворення COP = 3 електрична потужність насосів для адміністративно-побутового корпусу становитиме 111,1 кВт, господарсько-технічного корпусу - 192 кВт.

На території підприємства знаходиться пожежне озеро з площею 600 м<sup>2</sup> 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 тепловий насос потужністю 16 кВт для покриття навантаження системи гарячого водопостачання в адміністративному корпусі. Тому для даного

підприємства найбільш актуальним буде встановлення ґрунтових теплових насосів.

Таблиця 1 – 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
1	2	3	4	5	6
Аграрні активи					
1	ДП «Златодар»	Опалення будівель - електроротли	-	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові, повітряні, водяні при наявності пожежної водойми	Так
2	ДП «Кіровоградський КХП № 2»	Опалення будівель - електроротли	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

Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6
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-котельні - 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
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 - електротопли	-	Горизонтальні або вертикальні ґрунтові	Так

Продовження табл. 1

<b>Склади та холодильники</b>					
1	2	3	4	5	6
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"	Котельні 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 "Укрпрод-контракт"	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Кам'яне вугілля, дрова	Вертикальні ґрунтові	Так



Продовження табл. 1

<b>Нафтобази</b>					
19	ДО "Комбінат "Айстра"	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Дрова	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водоюми	Ні
20	ДО "Комбінат "Рекорд"	Твердопаливна котельня - опалення будівель	Дрова	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водоюми	Ні
21	ДО "Комбінат "Естафета"	Централізоване	-	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водоюми	Ні
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	Природ- ний газ, дрова	Вертикальні та горизонтальні ґрунтові при наявності пожежної водоюми	Ні

**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 разів менша. 2. Впровадження теплових насосів є 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

### **Література**

1. Закон України «Про альтернативні джерела енергії».
2. Закон України №1959-VIII від 21.03.2017 "Про внесення змін до Закону України "Про тепlopостачання" щодо стимулювання виробництва теплової енергії з альтернативних джерел енергії".
3. Теплонасосні установки в харчовій та іншій галузях: публікація в рамках проекту UNIDO «Підвищення нергоефективності 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. Енергетична ефективність теплонасосних схем тепlopостачання: моногр. / М.К. Безродний, Н.О. Притула. – 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 тепlopостачання. – 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](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.