

## Використання теплових насосів у теплопостачанні

### **ШОВКАЛЮК Ю. В.**

асистент НТУУ «КПІ»,  
головний інженер  
«Академтеплоенергопроект»

### **ШОВКАЛЮК М. М.**

асистент НТУУ «КПІ»

Стратегічним завданням України є зниження енергетичної залежності від поставок органічного палива, яка складає більш ніж 60%. По структурі споживання первинної енергії перше місце займає природний газ, ціна якого за останні п'ять років зросла в чотири рази (на 2007 р. сягає рівня 315-1173 грн/1000 м<sup>3</sup> для населення в залежності від рівня споживання), близько 45% газу йде на потреби опалення.

Традиційні централізовані джерела теплопостачання характеризуються низькою енергетичною та екологічною ефективністю, великими втратами теплоти в теплових мережах (при нормі 8% вони досягають 20% та вище). Не можна не враховувати також низький ексергетичний ККД використання хімічної енергії палива, який в системах опалення складає 6-10%. Потреби в енергії зростають, вартість енергоносіїв зростає, запаси органічного палива вичерпуються, а руйнування озонового шару загрожує катастрофою людству. Перспективним напрямом є застосування альтернативних джерел енергії - теплонасосних установок та створення комплексних систем тепло-холодопостачання.

### **Розвиток ТН в Україні та світі**

В останні роки в Україні теплові насоси (ТН) все частіше згадуються в засобах масової інформації, але широкого застосування ще не отримали через низку об'єктивних причин: відсутність державної підтримки, порівняно низькі ціни на інші традиційні джерела енергії, великі капітальні витрати (300-600

євро на 1 кВт встановленої теплової потужності), тривалий термін окупності, а також недостатня інформованість споживачів про переваги ТН [1]. На жаль, в Україні не існує норм, визначень та законів, які б дозволяли розвивати та використовувати цю галузь.

За даними Європейської асоціації по тепловим насосам (ЕНРА), за останні роки продаж та встановлення ТН в європейських країнах має «лавинний» характер (приріст за останні роки складає від 30% та вище) [2]. В США ще в 1993 р. кількість ТН складала близько 12% від загальної кількості опалювальних установок [3], зараз щорічно випускається близько 1 млн. ТН. В Японії експлуатується 3 млн. ТН, в Швеції 50% теплової енергії отримується за допомогою ТН [4]. В багатьох країнах існують державні дотації на застосування ТН, наприклад, у Чехії, Україна ще тільки освоює новий вид опалювального обладнання. Успіх у розвитку теплонасосного устаткування за кордоном дає надію на широке практичне використання ТН в Україні як при новому будівництві, так і при реконструкції житлового фонду на зміну традиційним котлам.

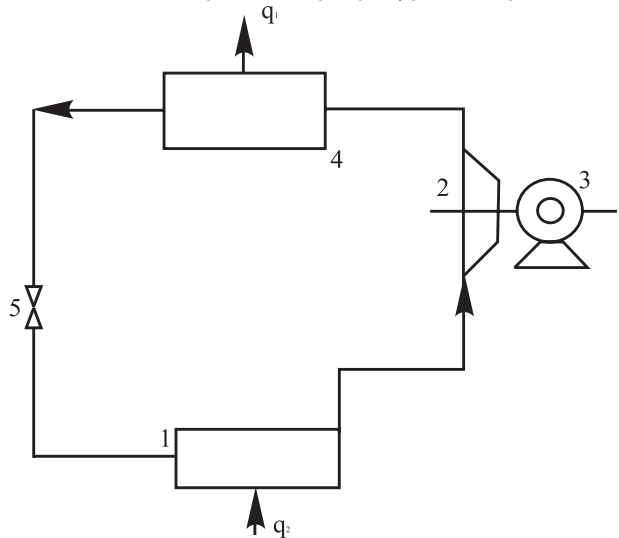
## Принцип дії ТН

Тепловий насос, або термотрансформатор - це екологічно чиста компактна установка, що дозволяє отримувати теплоту для опалення та гарячого водопостачання за рахунок перетворення низькопотенціальної теплоти в енергію більш високого температурного потенціалу. По суті ТН - це холодильна машина, але навпаки. Принцип дії зображено на мал. 1.

Теплота, що відбирається від низько потенціального джерела ( $q_2$ ), поглинається легкокиплячим робочим тілом (наприклад, фреоном) у випаровувачі 1. Робоче тіло перетворюється із рідкого стану в пару. Компресор 2 з електроприводом 3 стискує пари робочого тіла, через що їх тиск та температура підвищуються. Теплота від стиснених парів пе-

редається споживачу теплоти в теплообміннику 4, при цьому саме робоче тіло, віддаючи теплоту ( $q_1$ ) споживачам, конденсується при високому тиску. Потім тиск робочого тіла в дроселі 5 знижується до величини, при якій відбувається його випаровування. Цикл повторюється.

В якості низькопотенціальної теплоти можуть виступати атмосферне повітря, вода річок, озер, моря, ґрунт, каналізаційні скиди, або низькопотенціальні вторинні енергоресурси підприємств.



Мал. 1. Принцип дії ТН

## Ефективність теплових насосів

ТН - це єдині установки, які виробляють в 3-7 разів більше теплової енергії, ніж споживають електричної на привід компресора, тому є найбільш ефективними: їхнє застосування в 1,2-2,5 разів вигідніше газових котельних, вартість виробленої теплоти в 1,6-3,7 разів нижча вартості централізованого опалення. Особливо ефективними ТН є у великих адміністративних будівлях, театрах, вокзалах, храмах та ін. Для ТН немає проблем з

придбанням палива, транспортними витратами, немає штату обслуговуючого персоналу, відсутнє забруднення навколишнього середовища, не потрібні значні землевідводи під територію котельні, вони практично безшумні в роботі, вибухо- та пожежобезпечні. Системи з ТН довговічні: термін експлуатації ґрунтового зонду може досягати 100 років, необхідна лише заміна компресора по закінченню терміну служби (15 років). Ще одною перевагою ТН є можливість переключення з режиму опалення на режим охолодження, що дозволяє використовувати його в літній період як кондиціонер, при цьому коливання вологості та температури в приміщеннях мінімальні. Традиційні джерела теплоти на основі процесу горіння найчастіше використовують теплоносії 95/70°C, а в ТН - низькопотенційний теплоносіє 50-60°C. Чим нижче температура теплоносія, тим ТН є більш ефективним. В порівнянні з гарячим водопостачанням опалення потребує більших витрат енергії (приблизно в 3 рази).

Ефективність ТН визначають за допомогою таких показників [5]:

1. Найбільш часто використовують коефіцієнт перетворення - відношення корисної теплової енергії, що отримується на виході з теплового насосу, до енергії, яка витрачається на стиснення холодоагенту:  $\varepsilon = Q_k / L$

2. Співвідношення корисної продуктивності - відношення корисної енергії на виході з установки до енергії, що підведена:  $СКП = Q_{кор} / Q_{підв}$ . Ця величина дає змогу підрахувати вартість теплової енергії, що вироблена ТН, з урахування вартості енергії, підведеної до установки, та усіх втрат енергії в установці.

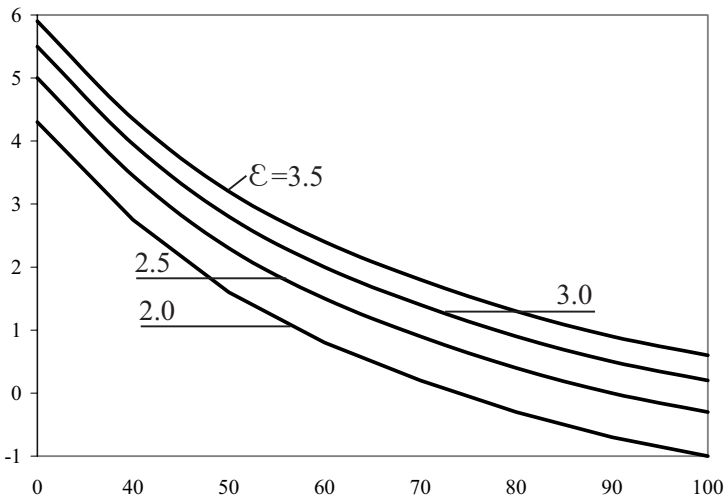
3. Коефіцієнт використання палива - відношення корисної енергії на виході з установки до кількості енергії, що міститься у первинному паливі:  $K = Q_{кор} / Q_{пал}$ . Ефективність використання

енергії первинного палива в сучасному малопотужному автономному котлі та парокомпресійному ТН стає однаковою, якщо коефіцієнт перетворення буде рівний 3,6...3,8.

Таблиця 1

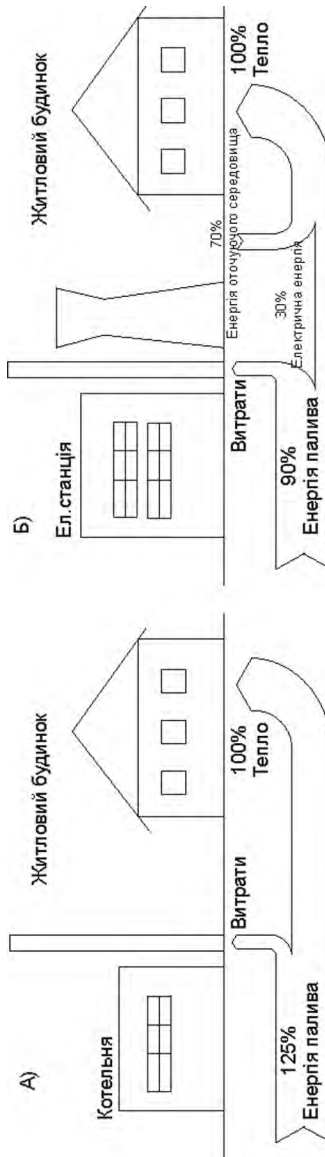
Енергетична ефективність ТН [6]

Джерело низькопотенц. енергії	Зворотня вода (15...25°C)	Водойма (5...15°C)	Стічні води (25...30°C)	Відпрацьоване повітря (20...30°C)	Повітря
Споживач	Гаряче водопостачання (50...60°C)	«Тепла підлога» гаряче водопост. (40...50°C)	Гаряче водопостачання басейнів (25...31°C)	Технологічний процес сушки (30...40°C)	Повітряне опалення приміщень (20...25°C)
$\epsilon$	4,0...4,2	4,2...4,5	4,5...5,0	3,1...3,3	3,6...3,7

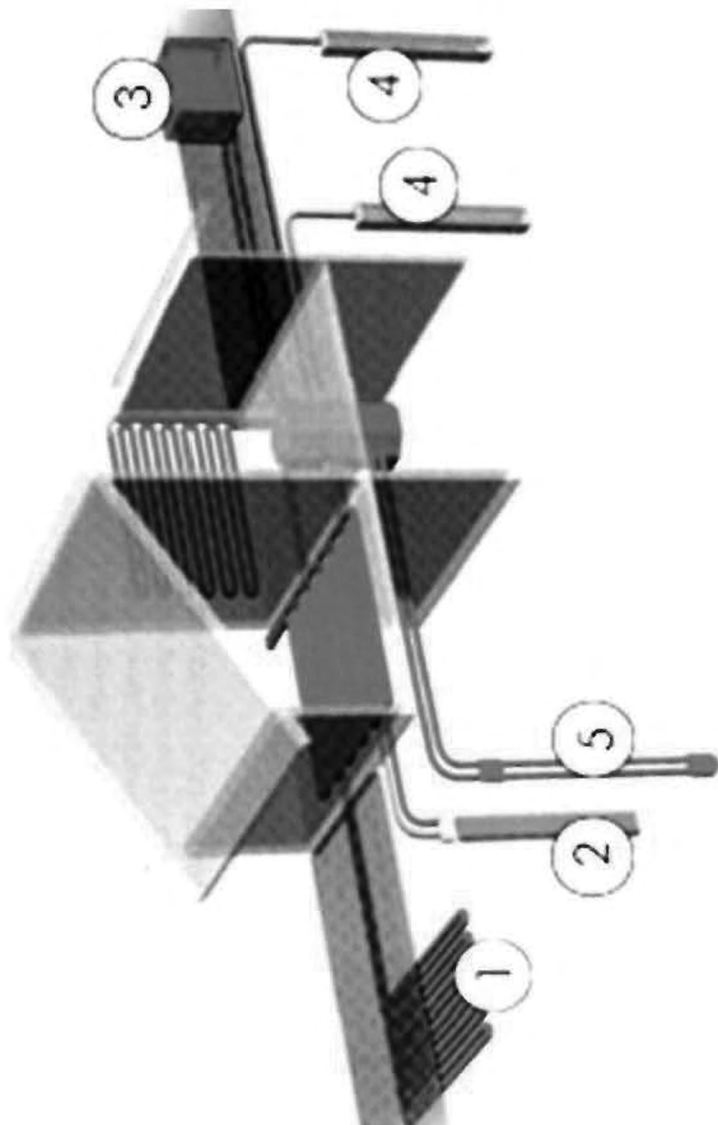


Мал.2. Залежність економії палива від ККД теплогенераторів традиційної системи, %

(економія віднесена до 100 м<sup>2</sup> опалювальної площі утепленого будинку) [5]



Мал.3. Схема потоків енергії при опаленні від котельні (а) та теплонасосному опаленні (б)



Мал.4. Види ТН устаткування

На мал.2 представлені дані можливої економії палива при заміні традиційних теплогенераторів децентралізованого теплопостачання ТН з різними коефіцієнтами перетворення. Як бачимо, ТН з  $\epsilon = 2.0$  програє по затратам палива будь-якому генератору з  $\text{ККД} > 70\%$ . Для того, щоб ТН міг відбирати енергію від навколишнього середовища при відносно низькій температурі, до нього необхідно підвести електроенергію. Звичайно, при теплонасосному опаленні потрібно в декілька разів менше енергії, ніж при прямому перетворенні електроенергії в теплову. Але таке порівняння є не зовсім коректним, так як електроенергія виробляється на електростанціях з дуже низьким ККД, тому більш правильним є оцінка ефективності ТН по первинній енергії палива, витраченій на одиницю теплоти, що споживається (див. мал. 3а, 3б)

Тобто, при використанні теплового насосу можна отримати корисної теплоти більше, ніж її міститься в затраченому на його виробництво палива, але не набагато, а на декілька десятків процентів більше, що при окремих випадках може забезпечити значний економічний ефект.

## Класифікація ТН

В теперішній час експлуатується велика кількість насосних установок, що відрізняються за тепловими схемами, робочими тілами та обладнанням. В літературних джерелах немає єдиної сталої думки, зустрічаються різні позначення та терміни. Усі типи ТН можна класифікувати за низкою ознак: за циклами їхньої роботи (повітряно-компресійні, з механічною компресією пари, абсорбційні, використання подвійного циклу Ренкіна, цикл Стирлінга, цикл Брайтона та ін.)

- за принципом взаємодії робочих тіл (відкритий, замкнений через теплообмін в апаратах поверхневого типу);

- за призначенням (стаціонарні, пересувні, для акумулювання теплової енергії, її транспорту, утилізації теплоти, що скидається);



- за продуктивністю (великі, середні, малі);
- за температурним режимом,
- за режимом роботи (безперервні або циклічні, стаціонарні, нестаціонарні з акумуляцією);
- за видом холодильного агенту (повітряні, аміачні, фреонові, на сумішах);
- за видом енергії, що споживається (електроенергія, вторинні енергоресурси).

## **Види ТН за джерелами теплоти**

За видами можна розглядати такі ТН (мал.4, [7]):

1. Використання теплоти землі. Ґрунт має стабільну температуру протягом року. Колектор закладається горизонтально в землі, повністю безпечна для навколишнього середовища робоча рідина протікає через земляний колектор, відбираючи теплоту землі (витрачається 1 кВт електроенергії, а одержується 5,6 кВт теплової). Тепловий потік до випаровувача з ґрунту складає 20-25 Вт/м, оптимальна глибина та крок розміщення трубок складає відповідно 1,5 та 2 м.

2. Використання зондів. Зонд може бути горизонтального і вертикального закладання. Як підвид існує зонд з самоциркуляцією, заповнений газом  $\text{CO}_2$ . Заощаджене тепло землі в зонді, направленою вуглекислим газом, призводить до його випаровування. Пари газу піднімаються і віддають це тепло у верхній частині зонда в теплообмінник. Тепло із цього теплообмінника передається холодоагенту в контур теплового насоса,  $\text{CO}_2$  конденсується і збігає по стінках зонду вниз. Такий тип дозволяє отримувати коефіцієнт використання природної енергії 7.

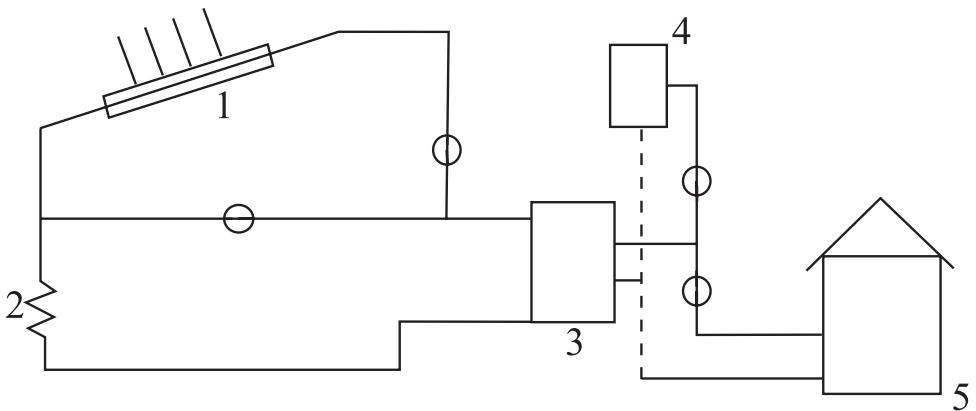
3. Використання теплоти повітря. Теплота відбирається з повітря за допомогою повітряного теплообмінника. Застосування таких ТН обмежене (до температури зовнішнього повітря  $-15^\circ\text{C}$ ), необхідні енерговитрати на розморожування батареї. Коефіцієнт використання природної енергії 2,9-3,9.

Часто такі ТН застосовують у багатоповерховому будівництві в системах кондиціонування повітря, а залишки теплової енергії використовуються для потреб гарячого водопостачання.

4. Використання теплоти підземних вод. Від забірної свердловини подається вода в теплообмінник теплового насосу, там відбирається теплота і вода повертається в дренажну свердловину. Різновиди таких ТН: використання теплової енергії вод відкритих та закритих водойм та каналізаційних вод. Це 6,5 кВт теплової енергії (собівартість 3,39 коп.) на 1 кВт використаної електроенергії.

5. Зонд свердловини. В свердловину вставляється U-подібна труба, і в цьому контурі циркулює вода або спеціальна суміш, що відбирає теплоту землі.

6. Сонячний підігрів. В якості джерела теплоти використовується теплоносій, що підігрівається за допомогою плоских сонячних колекторів, що розміщуються на даху будівлі. Сонячний колектор можна використовувати спільно з ґрунтовим (мал.5)



Мал. 5. Використання сонячного підігріву в схемах з ТН.

1 - сонячний колектор; 2 - ґрунтовий випаровувач; 3 - тепловий насос; 4 - бак; 5 - будівля.

Сонячний та ґрунтовий колектори доповнюють один одного. Встановлено, що розміри сонячного колектора повинні бути більше  $3 \text{ м}^2$  на  $1 \text{ кВт}$  втрат. При сонячному колекторі площею  $30 \text{ м}^2$  з ґрунтовим випаровувачем  $100 \text{ м}^2$  досягається  $\epsilon = 3,4$ ; якщо використовувати лише ґрунтовий випаровувач, то його площа повинна бути  $300 \text{ м}^2$  та  $\epsilon$  буде  $2,7$ .

Тепло, що скидається. Нерегулярний характер таких скидів потребує використання теплового акумулятора, куди надходить теплота води з ванних, душових, від посудомийних і пральних машин, від повітря, що вентилюється, від технологічних установок. Потім ця теплота з підвищенням потенціалу перекачується в резервуар з гарячою водою. Для рішення про необхідність застосування ТН необхідно прийняти до уваги збіг в часі та витрату потоків, що скидаються та потребу в теплоті, потенціал теплоти.

#### **Можливі області застосування ТН:**

- для опалення та гарячого водopостачання житлово-комунального сектору, басейнів, культурних споруд;
- в системах кондиціонування повітря;
- в льодових стадіонах, холодокомбінатах, молокозаводах та ін.;
- в метрополітені для утилізації викидів систем вентиляції;
- в сільському господарстві при використанні енергії витяжного повітря, відходів, теплоти парного молока;
- на промислових підприємствах для утилізації теплоти технологічних скидів, градирень, тощо;
- у виробництві, де необхідне охолодження безперервно працюючого обладнання (трансформатори, скловиробництво);
- в сушильних установках для утилізації теплоти повітря, що видаляється.

В деяких країнах широке застосування мають системи опалення, в яких ТН застосовується одно-

часно з традиційним паливним теплогенератором. Такі системи використовують зовнішнє повітря в якості більшої частини опалювального сезону, однак реальний коефіцієнт перетворення для цих систем повинен розраховуватись з урахуванням роботи другого теплджерела.

Можна передбачити, що в Україні ТН передовсім знайдуть застосування в районах, де не прокладені газопроводи, та в будівлях, що обладнані кондиціонерами. У відповідності з «Енергетичною стратегією України на період до 2030 р.», використання ТН може забезпечити щорічно зниження споживання первинних енергоресурсів в комунальному секторі на 15-40%.

*По матеріалам журналу  
«Нова тема»*

## Література

1. Кучко М. Барьеры на пути использования тепловых насосов для нужд теплоснабжения в Украине // Тезисы V междунар. конф. «Проблемы промышленной теплотехники». - К.: ИТТФ, 2007. - С. 245-246.  
2. [www.ghp.com.ua](http://www.ghp.com.ua).
3. Украина: энергосбережение в зданиях. - К.: Энерг. Центр Евросоюза, 1995. - 274 с.  
4. [www.ekobuilding.com.ua](http://www.ekobuilding.com.ua).
5. Н.М. Мхитарян. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. - К.: Наукова думка, 2000. - 420 с.  
6. [www.cenef.kiev.ua](http://www.cenef.kiev.ua).
7. [www.ine.com.ua](http://www.ine.com.ua).