

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

**О. В. Медведський**

к.т.н.

**В. Р. Білецький**

к.т.н.

**Н. П. Вензовська**

викладач

*Тепловий насос – це універсальний прилад, що забезпечує виконання трьох операцій – опалення, гаряче водопостачання та кондиціонування.*

*Основна відмінність теплового насосу від всіх інших джерел тепла полягає у виключній можливості використовувати безкоштовну поновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища. Близько 75–80 % від потужності, яку видає тепловий насос, фактично*

«викачується» з навколишнього середовища, використовуючи розсіяну енергію ґрунту, води та повітря. І тільки 20–25 % енергії необхідно затратити для роботи самого теплового насоса.

*Ключові слова:* тепловий насос, ефективність, теплопостачання, джерело теплоти.

*Тепловой насос - это универсальный прибор, обеспечивающий выполнение трех операций - отопление, горячее водоснабжение и кондиционирование.*

*Основное отличие теплового насоса от всех остальных источников тепла заключается в исключительной возможности использовать бесплатную возобновляемую низкотемпературную энергию окружающей среды. Около 75-80% от мощности, которую выдает тепловой насос, фактически «скачивается» из окружающей среды, используя рассеянную энергию почвы, воды и воздуха. И только 20-25% энергии необходимо затратить для работы самого теплового насоса.*

*Ключевые слова:* тепловой насос, эффективность, теплоснабжения, источник теплоты.

Зростаючий попит на теплові насоси в країнах Євросоюзу вказує на виправданість у використанні низькотемпературних джерел енергії, яка, в першу чергу, базується на значній економії коштів на опалення будинку. Тим не менше, тепловий насос виправдує себе тільки в добре утепленому будинку, з тепловтратами не більше 100 Вт/м<sup>2</sup>. Отже, чим краще утеплений будинок, тим більш вигідніша його експлуатація. Це, в свою чергу, накладає додаткові вимоги до якісного проектування та використання якісних будівельних та теплоізоляційних матеріалів.

Дослідженнями провідних виробників теплонасосного обладнання встановлено (рис. 1), що чим менша різниця ( $\Delta T$ ) між температурою джерела теплоти ( $T_x$ ) та температурою теплоносія в опалювальному контурі ( $T_T$ ), тим більший коефіцієнт перетворення тепла – **COP** (з англійської мови – coefficient of performance).

**Коефіцієнт перетворення** – це відношення отриманої внаслідок конденсації вивільненої високотемпературної енергії тепла до витрат, що полягають у необхідності підведення зовні додаткової механічної енергії на стиск холодоагенту у компресорі теплового насоса. Визначити коефіцієнт перетворення можна за допомогою **p-h** діаграми, скориставшись формулою:

$$COP = \frac{h_2}{h_3 - h_4} \quad (1)$$

де:  $h_2$  – ентальпія на початку стиску холодоагенту, Вт×год/кг;

$h_3$  – ентальпія в кінці стиску – на початку тепловиділення, Вт×год/кг;

$h_4$  – ентальпія в кінці зрідження холодоагенту, Вт×год/кг.

Коефіцієнт перетворення для сучасних теплових насосів знаходиться в межах 3,5–5,5, що означає – у скільки разів тепловий насос віддає більше енергії від тієї що затратив на її отримання. Встановлено, що зниження температури нагрівального середовища на 1 К підвищує коефіцієнт перетворення на 2,5 %, а збільшення температури низькотемпературного джерела на 1 К підвищує коефіцієнт перетворення на 2,7 %.

Відповідно до рис. 1 виходить, що вигідніше опалювати приміщення низькотемпературними системами опалення: типу «тепла підлога» або повітряним опаленням (типу «повітря-повітря»), тому що в цих випадках температура теплоносія за медичними вимогами і будівельними нормами не буде перевищувати гранично допустиму величину у 40 °С, а коефіцієнт перетворення має найвище значення ( $COP=5,7$  для системи «тепла підлога» та  $COP=3,3$  для радіаторного опалення).

З метою забезпечення максимальної ефективності використання теплових насосів практикується їх експлуатація у парі з додатковим генератором тепла (бівалентна схема опалення). Так як кількість дійсно холодних днів не перевищує 10–15 % від тривалості опалювального сезону, як правило, потужність теплового насоса призначають на рівні 70–80 % від розрахункової. Усі потреби будинку у теплі покриваються тепловим насосом доти, поки вулична температура не опуститься нижче певного розрахункового рівня (температури бівалентності). Із цього моменту в роботу включається другий генератор тепла (електронагрівник, газовий або твердопаливний котел, сонячний колектор тощо).

Чим більший коефіцієнт завантаження теплового насоса, тим доцільніше його використання. Наприклад, системи нагріву води для тваринницьких ферм працюють у постійному режимі, протягом всього року. Їх коефіцієнт завантаження (використання потужності протягом року) може сягати 80 %. В системах опалення приватного будинку коефіцієнт завантаження обладнання складає близько 30–40 %. В першому випадку річна економія та окупність теплового насоса рівної потужності буде в 2–3 рази вищою.

Чим більша теплова потужність необхідна, тим доцільніше використання теплових насосів. По-перше, питома вартість для теплових насосів великої потужності в 3–5 рази нижча, ніж для теплових насосів малої потужності. По-друге, чим більші обсяги споживання теплоти, тим більша економія від застосування теплових насосів в абсолютному вимірі.

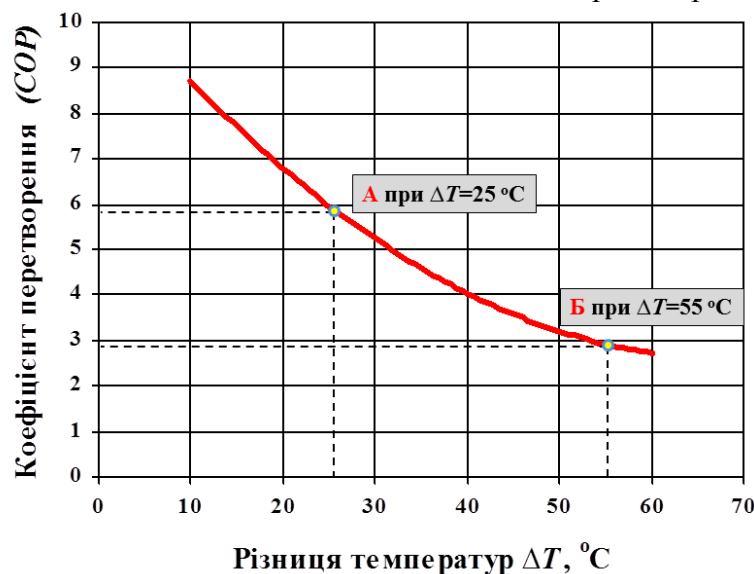
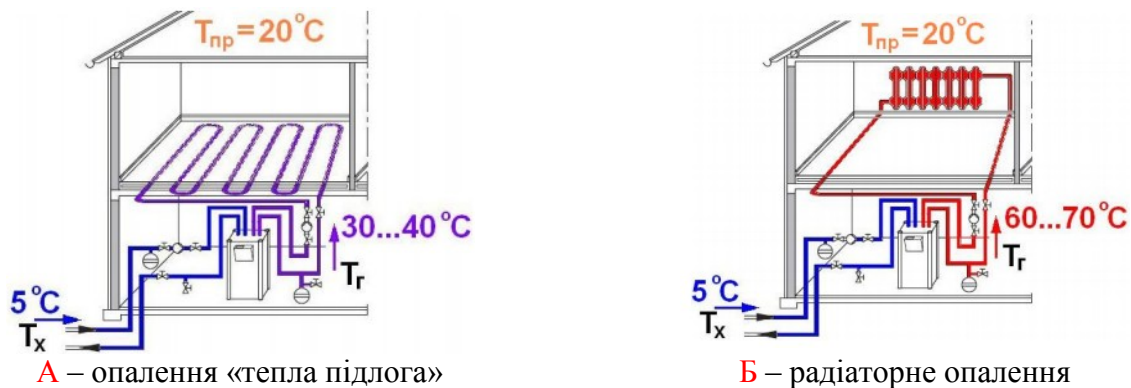


Рис. 1. Ефективність теплового насоса у різних системах опалення. Залежність коефіцієнта  $COP$  від різниці температур  $\Delta T = T_r - T_x$

Безперечними перевагами теплових насосів є економічність, широкий спектр застосування, екологічність, універсальність та безпека.

**Економічність.** Ефективність використання теплових насосів вища, ніж у будь-яких котлів, що спалюють паливо, а коефіцієнт ефективності ( $E$ ) теплових насосів завжди більше одиниці. Наприклад, за умови потужності на привод компресора 1 кВт та потужності низькотемпературного джерела 3,0 кВт отримуємо коефіцієнт ефективності рівний  $E=4,0$  (рис. 2).

**Широкий спектр застосування.** На нашій планеті існує безліч розсіяного сонячного тепла. Ґрунт та повітря є скрізь, тому не існує проблем з низькопотенційним джерелом енергії. Теплові насоси, незалежно від погодних умов та наявності викопного палива, зберуть це тепло для споживачів. Усе, що потрібно для цього – електрична енергія. Якщо вона

недоступна, це теж не проблема – деякі моделі теплових насосів можуть працювати в парі зі сонячними колекторами, вітрогенераторами, дизель-генераторами і т.д.

**Екологічність.** Тепловий насос не тільки заощаджує гроші, але й береже навколишнє середовище – не спалює викопне паливо. Тому навколо будинку на ґрунті немає слідів сірчаної, азотистої, фосфорної кислот і бензольних з'єднань. На ТЕЦ скорочується витрата газу або вугілля на виробництво електрики, при цьому зменшуються викиди до атмосфери окисів типу  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ . Застосовувані у теплових насосах хладони не містять хлорвуглецю та є озонобезпечними.

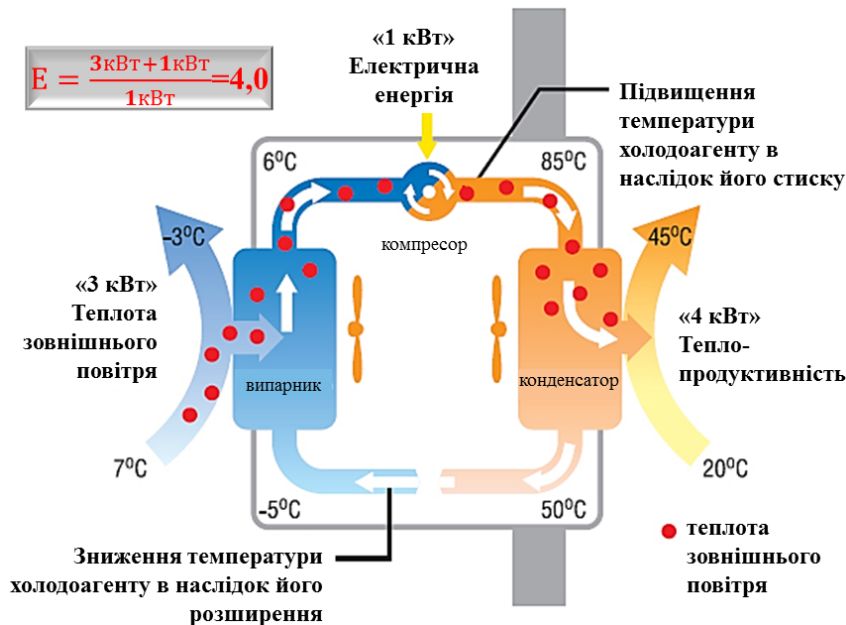


Рис. 2. Визначення коефіцієнта ефективності

**Універсальність.** Теплові насоси, обладнані реверсивним клапаном, працюють як на опалення, так і на охолодження. Теплонасос може відбирати тепло з повітря приміщення, охолоджуючи його. Влітку надлишкове тепло можна використовувати для підігріву побутової води.

**Безпека.** Теплові насоси вибухо- та пожежобезпечні. У процесі опалення відсутні небезпечні гази, відкритий вогонь або шкідливі суміші. Деталі теплонасоса не нагріваються до високих температур, здатних стати причиною пожежі. Зупинка теплового насоса не приведе до його поломки, ним можна сміливо користуватися після тривалого простою. Також виключене замерзання рідин у компресорі або інших складових частинах.

До недоліків теплових насосів, які використовуються для опалення, слід віднести велику вартість встановленого обладнання та зворотна залежність їх ефективності від різниці температур між джерелом теплоти і споживачем. Так, зворотна залежність ефективності використання теплових насосів від різниці температур між джерелом теплоти і споживачем накладає певні обмеження на використання систем типу «повітря-вода». Реальні значення коефіцієнту трансформації сучасних теплових насосів становлять 2 при температурі джерела - 20 °С, і приблизно 4 за температури джерела +7 °С. 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). Вирішенням цієї проблеми є застосування бівалентної схеми опалення, при якій основне (базове) навантаження несе тепловий насос, а пікові навантаження покриваються допоміжним джерелом (газовий або електрокотел). Оптимальна потужність теплонасосної установки становить 60–70 % від необхідної встановленої потужності, що також впливає на закупівельну вартість установки опалення тепловим насосом. У 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 становить не менше 3.

#### **Висновки.**

Тепловий насос не тільки заощаджує гроші, але й береже навколишнє середовище – не спалює викопне паливо. Тому навколо будинку на ґрунті немає слідів сірчаної, азотистої, фосфорної кислот і бензолних з'єднань. На ТЕЦ скорочується витрата газу або вугілля на виробництво електрики, при цьому зменшуються викиди до атмосфери окисів типу CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PbO<sub>2</sub>. Застосовувані у теплових насосах хладони не містять хлорвуглецю та є озонобезпечними.

Теплові насоси, обладнані реверсивним клапаном, працюють як на опалення, так і на охолодження. Теплонасос може відбирати тепло з повітря приміщення, охолоджуючи його. Влітку надлишкове тепло можна використовувати для підігріву побутової води. Теплові насоси вибухо- та пожежобезпечні. У процесі опалення відсутні небезпечні гази, відкритий вогонь або шкідливі суміші. Деталі теплонасоса не нагріваються до високих температур, здатних стати причиною пожежі. Зупинка теплового насоса не приведе до його поломки, ним можна сміливо користуватися після тривалого простою. Також виключене замерзання рідин у компресорі або інших складових частинах.

#### **Список використаних джерел**

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії України / НАН України, Інститут відновлюваної енергетики, Держ. ком. України з енергозбереження. – К., 2005. – 45 с.
2. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://saee.gov.ua/uk/ae/termo-energy>.
3. Рей Д. Тепловые насосы : пер. с англ. / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М. : Энергоиздат, 1982. – 224 с.
4. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / за ред. В. І. Кравчука, В. О. Дубровіна. – Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2010. – 184 с.
5. Європейський ринок теплових насосів в 2014 році. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://сахара.ua/informaciya/statti/jevropejskij-rinok-teplovih-nasosiv-v-2014-rotsi>.
6. Heat pumps on the rise – time to move to system integration! [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ehpa.org/about/news/article/heat-pumps-on-the-rise-time-to-move-to-system-integration>.
7. Снежкін Ю. Ф. Енергоефективні теплонасосні технології : стан і перспективи впровадження в Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://old.minregion.gov.ua/attachments/content>.
8. Принцип дії теплового насоса. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page\\_id=118](http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page_id=118).
9. Тепловий насос – технологія, що постійно змінюється. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://сахара.ua/ru/informaciya/statti/teplovij-nasos-tehnologija-scho-postijno-rozvivajetsja>.
10. Климатическая техника будущего : магнит вместо компрессора. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.tehnoclimate.com.ua/vse-novosti/novosti\\_kompanii/klimaticheskaya\\_tehnika\\_buduwego\\_magnit\\_vmesto\\_kompressora/](http://www.tehnoclimate.com.ua/vse-novosti/novosti_kompanii/klimaticheskaya_tehnika_buduwego_magnit_vmesto_kompressora/)
11. European Heat Pumps Association. Market and statistics report. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ehpa.org/market-data/>