

ФІНИК І. В.

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3254-9236>e-mail: Finyk_Ira@i.ua

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ

В роботі досліджено що економічність є основною перевагою теплових насосів. Фінансові затрати в період опалювального сезону порівняно з природним газом менші практично втричі. Для підключення не потрібно отримання жодних дозволів. Робота теплонасосних установок абсолютно безпечна та екологічна. З давніх часів теплонасосні установки застосовували як альтернативні системи опалення. Такі системи є надійними, мають тривалий термін роботи і є найбільш екологічними. Теплонасосні установки розглядаються, як новий ступінь на шляху до розвитку ефективніших і безпечніших систем. Головне опалення будинку за допомогою теплонасосної установки має вагомий переваги перед експлуатацією газових котлів. Енергозберігаючі технології для приватних побудов, повільно, але впевнено витісняють традиційні види опалення. Єдине, що утримує повсюдне впровадження установок, це необхідність у значному початковому вкладенні грошей. Більшість виробників вже давно працюють над здешевленням технології, тому перспективи використання теплових насосів у системах теплопостачання приватних будинків досить оптимістичні. Незабаром очікується збільшення кількості продажів на 10-15%. Встановлено, що на відміну від котла, конвектора та іншого типу нагрівача теплонасосна установка не виготовляє тепло. Вона переносить тепло з одного середовища до іншого. Наприклад, теплонасосна установка повітря-вода налаштована на охолодження повітря поза межами будівель і нагрівання води в бойлері. Завдяки цьому можна досягти ефективності понад 100%. Тепловий насос споживає електроенергію та генерує тепло. Співвідношення цих показників характеризує його продуктивність. Але реальний ККД теплового насоса може значно коливатися. Чим менша температура на вході та вище на виході, тим нижча ефективність. За експертною оцінкою можливо спрогнозувати, що більше ніж 70% теплової енергії для систем опалення та гарячого водопостачання в розвинених країнах станом на 2023 рік буде вироблятися теплонасосними установками, які використовують різні види низькопотенційних джерел теплоти.

Ключові слова: тепловий насос, енергоресурс, теплонасосна установка, джерело теплоти, конденсатор, компресор.

Iryna FINYK

Vinnytsia National Technical University

FEATURES OF THE USE OF HEAT PUMPS IN THE HEATING SYSTEMS OF PRIVATE HOUSES

In the paper, it is investigated that economics is the main advantage of thermal pumps. The financial costs during the heating season are almost three times lower than natural gas. You do not need any permissions to connect. The operation of heat pump units is absolutely safe and environmentally friendly. Since ancient times, heat pump units have been used as alternative heating systems. Such systems are reliable, have a long term of operation and are the most environmentally friendly. Heat pump units are seen as a new step toward the development of more efficient and safer systems. The main heating of the house with the help of a heat pump unit has significant advantages over the operation of gas boilers. Energy-saving technologies for private building, slowly but confidently remove traditional types of heating. The only thing that keeps the widespread introduction of installations is the need for a significant initial investment of money. Most producers have long been working on cheaper technology, so the prospects of using heat pumps in the heat supply systems of private houses are rather optimistic. The number of sales is expected to increase by 10-15% soon. It has been established that in contrast to the boiler, the convector and other type of heater the heat pump unit does not produce heat. It transfers heat from one environment to another. For example, the heat pump installation of air-water is set for cooling of air outside of buildings and heating of water in boiler. This results in over 100% efficiency. The heat pump consumes electricity and generates heat. The ratio of these indicators characterizes its productivity. But the real efficiency of the heat pump can vary considerably. The lower the inlet temperature and the higher the outlet temperature, the lower the efficiency. According to expert estimates, it is possible to predict that more than 70% of thermal energy for heating systems and hot water supply in developed countries as of 2023 will be produced by heat pump units that use different types of low-potential heating sources.

Keywords: heat pump, energy resources, heat pump unit, heat source, condenser, compressor.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Автором роботи встановлено, що на відміну від котла, конвектора та іншого типу нагрівача теплонасосна установка не виготовляє тепло. Вона переносить тепло з одного середовища до іншого. Наприклад, тепловий насос повітря-вода налаштований на охолодження повітря поза будівлею і нагріває воду в бойлері. Завдяки цьому можна досягти ефективності понад 100%.

Тепловий насос споживає електроенергію та генерує тепло. Співвідношення цих показників характеризує його продуктивність. Але реальний ККД теплового насоса може значно коливатися. Чим менша температура на вході та вище на виході, тим нижча ефективність.

Аналіз досліджень та публікацій

В роботі наведено дані [8] про різноманітність лінійки потужності теплових насосів, що робить

можливим забезпечення теплопостачання приватного будинку. Досліджено, що в даний час ЖКГ неефективно витрачає енергоресурси [1]. Встановлено загальну потужність теплових насосів, при щорічному виробленні тепла [2]. За експертною оцінкою можливо спрогнозувати, що більше ніж 70% теплової енергії для систем опалення та гарячого водопостачання в розвинених країнах станом на 2023 рік буде вироблятися теплонасосними установками, які використовують різні види низькопотенційних джерел [6] теплоти.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження особливостей використання теплових насосів в системах теплопостачання приватних будинків.

Виклад основного матеріалу

Основним споживачем енергетичних ресурсів є житлово-комунальне господарство (ЖКГ). В даний час ЖКГ неефективно витрачає енергоресурси [1]:

- втрати теплоти у теплових мережах перевищують нормативні;
- термін служби теплотрас у 4–6 разів нижчий за нормативний;
- ККД деяких котельень - 40%;
- модернізації потребують 30% систем водопостачання, 17% каналізаційних мереж;
- витікання та невраховані витрати води становлять 15 %.

Дана інформація чітко відображає проблему енергозбереження та підвищення енергоефективності будівель та споруд. Особливо вона є актуальною для приватних будинків.

Одночасно з проблемами енергозбереження відбувається:

- виснаження природних ресурсів;
- економічна нестабільність цін на нафту;
- глобальна зміна клімату.

Тому чи варто дивуватися тому, що відновлювані джерела енергії сьогодні перебувають у центрі загальної уваги, оскільки є альтернативою традиційним. До них слід зарахувати і теплонасосне обладнання, виробництво якого зростає швидкими темпами в Європі. За прогнозами до 2023 року у всіх розвинених країнах світу теплопостачання здійснюватиметься за допомогою теплових насосів.

У світовій практиці найперспективнішими технологіями в системах теплопостачання вважаються технологічні рішення з використання теплонасосних установок (ТНУ).

Тепловий насос – пристрій для перенесення теплової енергії від джерела з нижчою температурою до джерела з більш високою температурою, що дозволяє за допомогою витрат електричної енергії використовувати низькотемпературну теплову енергію ґрунту, повітря, води, господарсько-побутових стоків, шахтних вод, промислових скидів для отримання теплоносія придатного для тепло- та холодопостачання приміщень, будівель, споруд.

При цьому витрачаючи 1 кВт×год електроенергії на роботу насоса можна отримати близько 2,5-3,5 кВт ×год теплової енергії.

Загальна встановлена потужність теплових насосів на сьогодні складає 15723 МВт при щорічному виробленні теплоти $86,673 \times 10^{15}$ Дж [2]. Встановлена потужність геотермальних теплонасосних систем [3] становить близько 6700 МВт під час виробництва енергії обсягом $23,3 \times 10^{15}$ Дж/год.

Такий великий обсяг використання ТНУ у розвинених країнах пояснюється значними перевагами теплонасосних установок перед іншими системами теплопостачання:

- мають високий ступінь автоматизації;
- відрізняються високою надійністю, налагодженою системою виробництва та технічного обслуговування;
- приносять високу ефективність (на кожен кіловат електричної енергії, витрачений на привід компресора, можна отримати від 3 до 8 кВт теплової енергії залежно від температури низькопотенційного джерела) [4];
- характеризується високим рівнем заводської готовності обладнання, простотою монтажу, підключення та технічного обслуговування [5].

За експертною оцінкою, більше ніж 70% теплової енергії для систем опалення та гарячого водопостачання в розвинених країнах станом на 2023 рік буде вироблятися теплонасосними установками, які використовують різні види низькопотенційних джерел [6] теплоти:

- теплота охолоджувальної води енергетичних установок;
- теплота, що виходить після технологічних процесів;
- теплота стічних вод;
- теплота води систем питного водопостачання;
- теплота вентиляційних викидів;
- теплота мас води в різних водоймах (річки, озера, ставки, моря);
- теплота ґрунту та підземних джерел.

Критерієм ефективності термодинамічного циклу теплового насоса є коефіцієнт перетворення теплоти:

$$\varphi = 1 + \frac{Q_u}{L_k} \quad (1)$$

де Q_u – кількість теплоти, підведена з низькопотенційного джерела до випарника теплонасосної установки;

L_k – робота стиснення компресора.

Зменшення перепаду температур між ізотермами циклу Ренкіна викликає скорочення роботи стиснення та зростання коефіцієнта перетворення теплоти. Використання R142b в теплових насосах дає можливість реалізувати в парокompресійних ТНУ термодинамічний цикл з верхньою температурою відведення теплоти на рівні 90°C [7].

Зменшити температурний перепад без значного впливу на ефективність системи опалення можна за умови використання нового напрямку у теплофікації – «теплі підлоги». Технології створення «тепліх підлог» відпрацьовані та розширюють обсяги використання, а ТНУ з «теплыми підлогами» – це ще не заповнена ніша комунальної теплоенергетики.

Лінійка потужності теплових насосів досить різноманітна, тому робить можливим забезпечення теплопостачання приватного будинку. Головним пріоритетом при реалізації такого проекту є наявність джерела низькотемпературної теплової енергії та економічна ефективність самого проекту. Перед встановленням ТНУ постає потреба в проекті опалення, також попередньо проводиться розрахунок теплових втрат у приміщенні – це потрібно для того, щоб підібрати найбільш ефективний насос, який постачатиме теплом у необхідній кількості. Для монтажу обладнання потрібна оцінка технічних умов.

При встановленні ТНУ необхідно дотримуватись наміченого плану робіт:

- буріння свердловини;
- встановлення зондів та їх занурення на глибину;
- занурення колектора, до якого встановлені теплообмінники;
- опускання труб з теплоносієм, а також з холодоагентом;
- розведення труб та їх з'єднання;
- встановлення баків, забезпечених термометром та нагрівальним елементом;
- підключення до електромережі;
- підключення до системи опалення будинку;
- пробний запуск системи.

Застосування теплових насосів є економічно виправданим, якщо тепла енергія використовується безпосередньо на місці установки обладнання.

У системах теплопостачання для приватних будинків потрібно враховувати протяжність теплових мереж споживача, які вимагають капітальних вкладень під час будівництва і експлуатації, але в перспективному баченні окупуються при використанні. Розглянемо можливу схему підключення ТНУ для приватних будинків на рис. 1, розроблену на основі досліджень [8]:

Щоб забезпечити ефективну роботу теплового насоса, необхідно дотримуватися низки умов:

- приміщення має бути якісно утепленим (тепловтрати не можуть перевищувати 100 Вт/м²);
- тепловий насос вигідно використовувати для низькотемпературних опалювальних систем. Цей критерій відповідає системі теплої підлоги [9], оскільки її температура 35-40°C. ККД багато в чому залежить від співвідношення між температурою вхідного контуру і вихідного.

Принцип дії ТНУ:

- холодоагент надходить у випарний контур і змінює свій агрегатний стан. При переході з рідкого стану в газоподібний з середовища поглинається тепло;
- за допомогою компресора газ під значним тиском переміщується в місце де необхідно віддати тепло. При цьому температура самого холодоагенту збільшується в декілька разів;
- стиснутий газ у теплообміннику конденсується, віддаючи при цьому накопичену енергію;
- тепло, що вивільнилося, передається рідині, яка циркулює в системі опалення будинку.

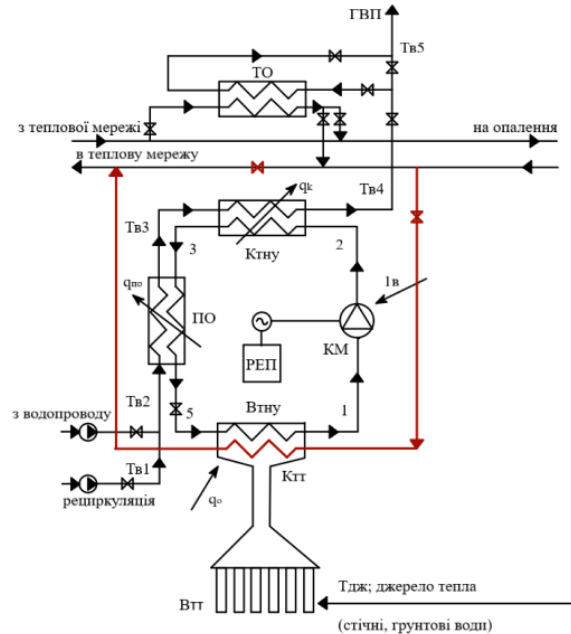


Рис. 1. Схема підключення ТНУ для приватних будинків, розроблена на основі досліджень [8]

- де ТНУ – теплонасосна установка;
- КМ – компресор;
- К_{тну} – конденсатор ТНУ;
- ПО – переохолоджувач;
- В_{тну} – випарник ТНУ;
- ТТ – тепла труба;
- К_{тт} – конденсатор ТТ;
- В_{тт} – випарник ТТ;
- РЕП – регулятор електроприводу;
- ТО – теплообмінник.

Енергія здатна без обмеження постійно переміщатися від пристрою, де здійснюється її відбір, до радіаторів опалення, тому цей процес нагадує спосіб перекачування будь-яких рідких або газоподібних речовин. Навіть незважаючи на те, що тепловий насос, який використовується для опалення будинку, споживає значну кількість електроенергії, в результаті такий спосіб обігріву обійдеться значно дешевше за використання традиційних печей і котлів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Застосування теплових насосів є економічно виправданим, якщо тепла енергія використовується безпосередньо на місці установки обладнання.

У енергодефіцитних регіонах з електричної потужності використання теплових насосів має розглядатися лише як перспективний напрямок, так як при переході з централізованого опалення на насос (навіть за наявності у безпосередній близькості джерела низькотемпературного тепла) [10] може спричинити зростання навантаження на енергосистему у зв'язку із споживанням насосом електроенергії.

Література

1. Проценко В.П., Радченко В.Е. Коефіцієнт перетворення парокompресійних теплових насосів//Теплоенергетика. 1998. №8.
2. Всесвітній геотермальний конгрес WGC-005 // Теплоенергетика. 2006. № 3.С. 78-80.
3. Васильєв Г.П., Шилкін Н.В. Використання низькопотенційної теплової енергії землі в теплонасосних системах // АВОК. 2003. № 2.
4. Жидович І.С., Трутаєв В.І. Системний підхід до оцінки ефективності теплових насосів // Новини теплопостачання. 2001. №11.
5. Горшков В. Г. Теплові насоси. Аналітичний огляд // Методичка промислового устаткування. 2004. № 2.
6. Петін Ю. М. Досвід виготовлення теплових насосів в ЗАО «Енергія» // Енергетична політика. 2001. Вип. 3.
7. Джеджула В. В. Управління альтернативними джерелами енергії у системі інноваційного розвитку підприємств [Текст] / [В. В. Джеджула] // Процесне та соціально-компетентне управління інноваційним розвитком підприємницьких систем : монографія / за наук. ред. О. М. Полінкевич. – Луцьк : Вежа-Друк, 2017. – Розд. 5.1. – С. 146-155.
8. Огуречников Л.А. Аналіз ефективності низькотемпературних енергозберігаючих технологій // Енергетика. 2006. № 6. С. 42-51.
9. Джеджула В. В., Єпіфанова І. Ю. Енергозбереження як напрям підвищення безпеки критичних систем житлових будинків. Вісник Хмельницького національного університету. 2022. №2. Т. 1. С. 72-76.
10. Джеджула В. В. Альтернативні джерела енергозбереження фермерських господарств [Текст] / В. В. Джеджула, Л. Л. Демченко // Індивідуальний житловий будинок : збірка. - Вінниця : Континент, 2001. - С. 137-141.

References

1. Protsenko V.P., Radchenko V.E. Koeffitsient peretvorennia parokompresiiynykh teplovykh nasosiv//Teploenerhetyka. 1998. №8.
2. Vsesvitnii heotermalnyi konhres WGC-005 // Teploenerhetyka. 2006. № 3.S. 78-80.
3. Vasyliiev H.P., Shylkin N.V. Vykorystannia nyzkopotentsiinoi teplovoi enerhii zemli v teplonasosnykh systemakh // AVOK. 2003. № 2.
4. Zhydovych I.S., Trutaiev V.I. Systemnyi pidkhid do otsinky efektyvnosti teplovykh nasosiv // Novyny teplopustachannia. 2001. №11.
5. Horshkov V. H. Teplovi nasosy. Analitichnyi ohliad // Metodychka promyslovoho ustatkuvannia. 2004. № 2.
6. Petin Yu. M. Dosvid vyhotovlennia teplovykh nasosiv v ZAO «Enerhiia» // Enerhetychna polityka. 2001. Vyp. 3.
7. Dzhedzhula V. V. Upravlinnia alternatyvnymy dzherelamy enerhii u systemi innovatsiinoho rozvytku pidpriemstv [Tekst] / [V. V. Dzhedzhula] // Protsesne ta sotsialno-kompetentne upravlinnia innovatsiinyim rozvytkom pidpriemnytskykh system : monohrafiia / za nauk. red. O. M. Polinkevych. – Lutsk : Vezha-Druk, 2017. – Rozd. 5.1. – S. 146-155.
8. Ohuriechnikov L.A. Analiz efektyvnosti nyzkotemperaturnykh enerhozberihaiuchykh tekhnolohii // Enerhetyka. 2006. № 6. S. 42-51.
9. Dzhedzhula V. V., Yepifanova I. Yu. Enerhozberzhennia yak napriam pidvyshchennia bezpeky krytychnykh system zhytlovykh budynkiv. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. 2022. №2. T. 1. S. 72-76.
10. Dzhedzhula V. V. Alternatyvni dzherela enerhozberzhennia fermerskykh gospodarstv [Tekst] / V. V. Dzhedzhula, L. L. Demchenko // Indyvidualnyi zhytlovyi budynok : zbirka. - Vinnytsia : Kontynent, 2001. - S. 137-141.

Рецензія/Peer review : 21.07.2022 р.

Надрукована/Printed :02.08.2022 р.