

# АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ В ТЕПЛО НАСОСНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Проведено аналіз низько потенційних джерел теплоти для тепло насосних систем теплозабезпечення будівель.*

**Ключові слова:** енергетична ефективність, теплонасосні системи, тепло забезпечення, низько потенційні джерела теплоти.

## Abstract

*An analysis of low-potential heat sources for heat pump systems for heat supply of buildings was carried out.*

**Keywords:** energy efficiency, heat pump systems, heat supply, low potential heat sources.

## Вступ

Зробивши висновки з наслідків енергетичних криз, уряди більшості розвинених країн завчасно готували свою економіку для існування в епоху дефіциту запасів нафти і газу.

Метою роботи є опрацювання наукового обґрунтування та створення проєктних рішень по застосуванню в системах опалення та вентиляції сучасних енергозберігаючих технологій для забезпечення їх високоефективної роботи при мінімальних трудових та енергетичних витратах.

## Результати дослідження

В останні роки велика увага приділяється вивченню питань експлуатації, вдосконалення конструкції теплових насосів і систем відбору низькопотенційної теплоти, питань подальшого підвищення енергетичної ефективності ґрунтових теплонасосних установок [1]. Необхідно враховувати, що при багатьох перевагах ґрунтових теплових насосів, крім власної вартості ґрунтових теплонасосних установок, замовник оплачує дорогі земельні роботи, вартість тисяч метрів поліетиленових труб, що укладаються в землю і тонни незамерзаючої рідини, яка використовується як теплоносії зовнішнього контуру. Крім того потрібна територія для розміщення системи відбору низькопотенційної теплоти. В результаті часто вартість робіт по організації системи відбору низько потенційного ґрунтового теплоти порівнянна з вартістю самого теплового насоса. Всі аспекти згадані вище, ставлять все нові й нові задачі для розробки нових та вдосконалення вже існуючих теплонасосних схем теплозабезпечення. Такі рішення можуть суттєво вплинути на капітальні разові витрати для інсталяції ґрунтових теплонасосних установок, внаслідок підвищення енергоефективності роботи всієї схеми тепlopостачання [2], [3].

Зручним джерелом теплоти є природні незамерзаючі водойми, неглибоко залягаючі термальні води або стічні води техногенного характеру. Теплові насоси з водою в якості джерела енергії (Water-source heat pump - WSHP), по конструкції багато в чому аналогічні ґрунтовим теплонасосним установкам. При використанні в якості джерела теплоти води водойми контур поліетиленових труб укладається на його дно. Коефіцієнт перетворення енергії тепловим насосом майже такий же, як при відборі теплоти від ґрунту.

У Норвегії теплові насоси нового покоління Neat Pump [4], відбираючи теплоту з морської води, забезпечують централізоване тепlopостачання багатьох приморських міст.

У повітряних теплових насосах (Air-source heat pump - ASHP) в якості джерела теплоти низького потенціалу використовують атмосферне повітря або скидне повітря систем вентиляції. Використання

атмосферного повітря дуже перспективне в країнах з м'яким кліматом, проте його застосування в системах опалення України, за винятком Південного берега Криму, є досить проблематичним.

Так, при температурі мінус 20 ° С, теплопродуктивність теплового насоса знижується на 40% від номінального значення, зазначеного в специфікації приладу і виміряного при тестовій температурі +7 ° С. Саме з цієї причини повітряні теплові насоси не застосовувалися в країнах з холодними зимами як повноцінний нагрівальний прилад. Поява на ринку нових низькотемпературних повітряних теплових насосів серії ZubaDan Inverter Mitsubishy Electric докорінно змінило ситуацію і якісно вплинуло на споживчі пріоритети і структуру європейського ринку. Теплові насоси цієї серії пройшли успішні випробування в 2018-2021 роках [4] в умовах суворого зимового клімату в самій Японії (острів Хоккайдо), в Фінляндії. Теплопродуктивність теплового насоса підтримувалася стабільною до температур мінус 15°C, а працездатність до мінус 23 і навіть, в ряді випадків, до мінус 30°C. При цьому середньо сезонний коефіцієнт перетворення енергії (COP) досягав величини 3,5. Але все ж повітряні теплові насоси в умовах холодного клімату мають значно нижчу ефективність ніж ґрунтові ТНУ, попри впровадження нових розробок – компресорів інверторного типу.

Однією з найбільш важливих характеристик теплового насоса є температура гарячої води на виході. Залежно від її значення теплові насоси в застосуванні до повітряного опалення підрозділяються на низькотемпературні (50°C - 59°C), середньотемпературні (60°C - 69°C) і високотемпературні (вище 70°C).

Як низькопотенційне джерело тепла можливе використання: витяжного повітря, зовнішнього повітря, ґрунту, стічних вод, підземних вод, поверхневих вод (озера, моря) і т.д. Оптимальний варіант джерела низькопотенційне джерело тепла визначається в ході аналізу умов розташування проєктованих об'єктів, архітектурно-планувальних рішень і конструктивних параметрів.

Вода як джерело низько потенційної теплоти для теплового насоса досить цікава і здається практично ідеальним варіантом. При використанні води з артезіанських свердловин, які самі по собі досить затратні через буріння і необхідність прокладки значних по довжині трубопроводів, виникає проблема корозії і випадання мінеральних відкладень на поверхні теплообмінників. Відкриті водойми, такі як озера, моря і річки, можуть служити хорошим джерелом низько потенційної теплоти. Однак, для них необхідно брати до уваги мінливість обсягів, чистоти і температурних режимів водних ресурсів. Екологічні аспекти в цьому випадку також повинні бути враховані.

Вельми перспективним є варіант використання теплового потенціалу стічних вод будинку. Дане джерело мало використовується на даний момент, що пов'язано, перш за все, з біологічною та корозійною агресивністю і нерівномірним надходженням стоків в каналізаційні мережі. Надходження скидної теплоти відбувається з деяким запізненням по відношенню до часу споживання теплоти. Узгодження цих величин проводиться введенням в схемне рішення теплових насосів баків акумуляторів, які згладжують пікові навантаження в споживанні, наприклад, гарячої води. Недоліком використання стічних вод є непостійність графіку споживання гарячої води, що не дозволяє використовувати їх як основне джерело теплоти в схемах теплових насосів опалення, однак є суттєвою можливістю для впровадження схем зі стічними водами, як низькопотенційне джерело тепла для ґрунтових теплонасосних установок є комбінація їх з іншими джерелами, наприклад, ґрунтом.

Досить поширеним низькопотенційне джерело тепла є зовнішнє повітря, яке крім переваг необмеженості та досить невисокої вартості теплових насосів обладнання має також низку недоліків, таких як:

- швидке падіння коефіцієнта трансформації при зниженні температури зовнішнього повітря;
- достатньо висока гучність зовнішнього блоку;
- підвищення різниці температур конденсації і кипіння в період мінімальних температур в зимовий період, що призводить до зниження термодинамічної ефективності установки;
- необхідність проведення процедури дефростації (розмороження) випарника при утворенні на його поверхні "крижаної шуби".

Тому можна зробити висновок, що наразі застосування повітряних теплових насосів для опалення в умовах українського клімату є неефективним рішенням. Це спонукає до пошуку інших, стабільніших за температурним рівнем джерел теплоти для ґрунтових теплонасосних установок.

Одним з таких джерел поновлюваної енергії для теплового насоса є ґрунт. Температура ґрунту при сильному промерзанні поверхневих шарів на глибині 10 – 12 м не опускається нижче 5 – 8 °С [5]. Такі теплові насоси вилучають теплоту з ґрунту за допомогою ґрунтових зондів, що вводяться вертикально в глиб землі, або ґрунтових колекторів, що укладаються горизонтально вишир. Зонди і колектори

заповнюються розсоллом, тобто сумішшю з низькою температурою замерзання (незамерзаючим теплоносієм). Розсіл відбирає теплоту, накопичену в землі, і віддає його (при транспортуванні тепловим насосом) в опалювальний контур.

Порівнюючи з повітрям, як джерелом теплоти для ґрунтових теплонасосних установок ґрунт має вищу температуру в січні, коли є великий попит на теплову енергію для потреб опалення. Температура ґрунту на глибині 1 м в північній Україні восени в жовтні-листопаді складає близько 10–13°C, а в січні – близько 0–5°C.

Інтенсивність теплообміну з ґрунтом (умовний коефіцієнт тепловіддачі) для безперервно працюючих систем 5–10 Вт/(м<sup>2</sup>\*К) в залежності від складу ґрунту і його вологості. При періодичному включенні теплового насоса (наприклад, в службових приміщеннях з виключенням теплових насосів на ніч, чи на день – при використанні нічного тарифу) коефіцієнт тепловіддачі складає біля 20 – 25 Вт/(м<sup>2</sup>\*К).

### Висновок

Проведений аналіз перспектив розвитку теплонасосних технологій в Україні та світі дозволяє зробити наступні висновки:

1. Теплові насоси, незважаючи на більш високі первинні капітальні вкладення, відбирають ринок у котельних агрегатів з економічних причин - через більш низькі експлуатаційні витрати.
2. Задля впровадження в життя теплонасосних технологій необхідно обрати оптимальний тип ґрунтових теплонасосних установок для кліматичних умов регіону, розробити схему теплопостачання з найбільшою енергетичною ефективністю.
3. Впровадження ґрунтових теплонасосних установок в Україні наразі можливе лише за умови пониження капіталовкладень в інсталяцію обладнання та вдосконалення існуючих схем теплопостачання на базі ґрунтових теплонасосних установок.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами. Чинний від 01.09.2010. // Мінрегіонбуд України.- 2010. – С. 12-20.
2. Безродний М. К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М. К. Безродний, Н. О. Притула// НТУУ «КПІ» Вид-во«Політехніка». - 2016. – С. 44-165.
3. Boahen S., Anka S.K., Lee K.H., Choi J.M. Mind Performance characteristics of a cascade multi-functional heat pump in the winter season// Energy and Buildings 253,111511. – 2021.
4. Jang Y., Lee D., Kim J., Ham S.H., Kim Y. Performance characteristics of a waste-heat recovery water-source heat pump system designed for data centers and residential area in the heating dominated region// Journal of Building Engineering 62,105416. – 2022.
5. Zanetti E., Bonduà S., Bortolin S., Azzolin M., Tinti F. Sequential coupled numerical simulations of an air/ground-source heat pump: Validation of the model and results of yearly simulations.// Energy and Buildings 277,112540 –2022.

**Роксана Олександрівна Пономарчук** – студентка групи ТГ-21м, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця: e-mail: roxpon@gmail.com;

Науковий керівник: **Ольга Дмитрівна Панкевич** – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Roksana Ponomarchuk** - student of group TG-21m, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia: e-mail: roxpon@gmail.com;

Scientific adviser: **Olga Pankevich** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Systems in Construction, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa.