

## ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕВЕРСИВНОГО ЧІЛЛЕРА «ВОДА-ВОДА» З ГРУНТОВИМ ТЕПЛООБМІННИКОМ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*Проаналізовано технологічні та конструктивні особливості ґрунтових теплообмінників, оцінено показники роботи реверсивного чіллера з ґрунтовим теплообмінником для різних температур теплоносія на виході з випарника. Виявлено економічно ефективні режими роботи реверсивного чіллера «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником.*

**Ключові слова:** реверсивний чіллер «вода-вода», економічна ефективність, ґрунтовий теплообмінник, розчин етиленгліколю.

### *Abstract*

*The technological and design features of ground heat exchangers are analyzed, reversing chiller performance indicators with ground heat exchanger for different temperatures of the coolant at the outlet of the evaporator are estimated. The economically efficient modes of reversing chiller "water-water" with ground heat exchanger are revealed.*

Keywords: reversible chiller "water-water", economic efficiency, ground heat exchanger, solution of ethylene glycol

### **Вступ**

Ґрунт поверхневих шарів Землі фактично являє собою тепловий акумулятор необмеженої ємності, тепловий режим якого формується під впливом сонячної радіації і потоку радіогенного тепла до глибини 10-20 метрів [1].

Температурний режим шарів ґрунту, розташованих нижче глибин проникнення тепла сонячної радіації, практично не залежить від сезонних, а тим більше добових змін параметрів зовнішнього клімату. Таким чином, на порівняно невеликій глибині від поверхні є шари ґрунту, температурний потенціал яких в холодну пору року значно вище, ніж у зовнішнього повітря, а в жарку пору року - значно нижче.

При влаштуванні в ґрунті вертикальних або горизонтальних реєстрів труб (систем збору низькотемпературної теплоти ґрунту) з циркулюючим в них теплоносієм, відбувається відбір теплової енергії від ґрунту і відведення споживачеві.

Ґрунт поверхневих шарів Землі, в зв'язку з його повсюдною доступністю і досить високим температурним потенціалом, є найбільш перспективним джерелом теплової енергії низької температури для випарників реверсивних чіллерів.

Оскільки ґрунт є досить складною і різноманітною структурою при проектуванні систем збору низькотемпературної теплоти ґрунту слід використовувати раніше розроблені методики [2, 3].

При моделюванні теплового режиму систем необхідно також враховувати хіміко-мінералогічну природу ґрунтового скелета, його механічну структуру, кількісні співвідношення між фазами середовища, що заповнює проміжки між твердими частинками скелета, і їх взаємне розташування в поровому просторі, а також багато інших фізико-хімічних параметрів ґрунтового масиву.

Важливою характеристикою реверсивного чіллера та ґрунтового теплообмінника є температура теплоносія на виході з випарника. Ця температура впливає не тільки на теплообмінні характеристики ґрунтового теплообмінника, але й на перепад тиску в чіллері та на його коефіцієнт перетворення.

Мета роботи – оцінка ефективності реверсивного чіллера «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником для різних значень температури теплоносія на виході з випарника.

## Результати дослідження

Грунтові теплообмінники в основному виконують за двома конструктивними схемами: горизонтальні ат вертикальні.

Монтаж горизонтальних ґрунтових теплообмінників проводять у попередньо прориті траншеї. Вибір механізмів при цьому залежить від ґрунтових умов [2]. Спочатку робиться розмітка траси теплообмінника і намічається місце підключення до теплофікаційного контуру. У міру риття траншеї ґрунт виймається, і на дно траншеї укладають трубопровід. Через кожні кілька метрів трубопровід присипається землею. Потім трубопровід вставляється в спеціально зроблений отвір в фундаменті і закладається.

На практиці застосовуються наступні два варіанти вертикальних ґрунтових теплообмінників [3]:

– "труба в трубі" - всередині обсадної труби коаксіально розташовується труба подачі теплоносія, а потік теплоносія, що повертається по міжтрубному зазору, відбирає тепло ґрунту через стінку обсадної труби;

– U-подібна труба - по одній гілці теплоносій подається вниз, а по іншій повертається назад, при цьому теплообмін з ґрунтом відбувається по всій довжині труби, однак через менші діаметри труб (при тому ж діаметрі свердловини) поверхню теплообміну виходить істотно менше, ніж в попередньому варіанті.

Для більшої гарантії все стики труб, що укладаються в землю, повинні з'єднуватися термічною зварюванням, а не з'єднуватися чисто механічними способами. Існують два види зварювання - встик і з сполучними муфтами. При зварюванні в стик рівні кінці труб нагрівають, потім прикладають один до одного і сплавляють. При зварюванні з сполучними муфтами кінці труб і поверхня муфти нагрівають, а потім кінець труби вставляється в муфту і приварюється там. Поліетиленові труби можна з'єднувати обома способами.

Вертикальні ґрунтові теплообмінники опускаються в попередньо пробурені свердловини. Найчастіше застосовується мокре обертальне або шнекове буріння.

При мокрому обертальному бурінні необхідно передбачити заходи (використання сталевих обсадних труб, глінізація), щоб свердловини залишалися відкритими досить значний час до того, як в них будуть вставлені труби.

Герметичний ґрунтовий теплообмінник (U- подібний, або типу труба в трубі), попередньо випробуваний під тиском, занурюється в свердловину. Перед зануренням в заповнену буровим розчином свердловину U-подібний теплообмінник заповнюється водою, щоб запобігти його спливання. Для глибоких свердловин до нижнього кінця теплообмінника підвішується додатковий вантаж.

Під час проведення досліджень використана методика розрахунків ґрунтового теплообмінника [3] та технічні характеристики реверсивних чіллерів «вода-вода» DYNACIAT [4]. Різниця температур теплоносія в ґрунтовому теплообміннику прийнята 2°C, розрахункова теплова потужність системи опалення – 100 кВт [5], температура теплоносія на виході з конденсатора реверсивного чіллера – 45°C, термін роботи системи – 15 років.

Результати числових досліджень наведені на рис. 1.

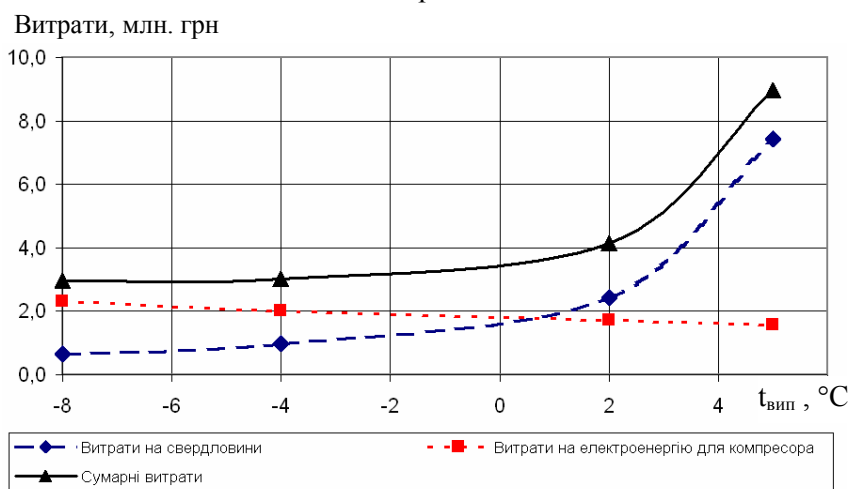


Рисунок 1 – Залежність витрат при роботі реверсивного чіллера «вода-вода» з ґрунтовим теплообмінником від температури теплоносія на виході з випарника

Як видно з рис. 1, економічно доцільним діапазоном температури теплоносія на виході з випарника є  $-8^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}$ . Такі температури відповідають мінімальній сумі витрат на створення ґрунтового теплообмінника та на електроенергію для компресорів реверсивних чіллерів «вода-вода».

Слід зауважити, що для температури теплоносія  $5^{\circ}\text{C}$  є можливість використання очищеної води, а для менших температур – розчину етиленгліколю. Заповнення ґрунтових теплообмінників водою, за орієнтовними розрахунками, дозволить зменшити витрати на створення всієї системи на 1,0...1,5 млн. грн.

Аналіз отриманих результатів показав, що значна частка витрат всієї системи припадає на розробку вертикальних ґрунтових теплообмінників. Тому велику увагу в майбутньому слід приділити проблемі інтенсифікації теплообміну та підвищенню теплотойому в ґрунтовому теплообміннику.

При зниженні температури теплоносія на виході з випарника зменшується одинична потужність чіллера, що вимагає додаткового збільшення капітальних витрат на основне обладнання. Тому для прийняття остаточного рішення щодо вибору раціональної температури теплоносія на виході з випарника необхідно виконати проектування теплової схеми конкретного об'єкту з врахуванням його режимних та технологічних особливостей.

Не дивлячись на значні капіталовкладення теплонасосні технології з ґрунтовими теплообмінниками мають ряд переваг перед традиційними джерелами енергії: перспективність даних технологій в майбутньому, зменшення шкідливих викидів в місці розташування опалюваного об'єкту, доступність електроенергії, простота та зручність регулювання, високий рівень автоматизації, висока енергоефективність.

### Висновки

В роботі проаналізовано конструктивні та технологічні особливості ґрунтових теплообмінників, виконано оцінку витрат на ґрунтовий теплообмінник та на електроенергію для компресора реверсивного чіллера «вода-вода» в залежності від температури теплоносія на виході з випарника чіллера.

Виявлено, що в першому наближенні раціональні температури теплоносія на виході з випарника знаходяться в межах  $-8...0^{\circ}\text{C}$ . Перевагою варіанту з температурою  $5^{\circ}\text{C}$  є можливість заповнення ґрунтових теплообмінників очищеною водою замість водного розчину етиленгліколю.

Проблема збільшення теплотойому в ґрунтових теплообмінниках є особливо актуальною, оскільки значна частка витрат всієї системи припадає на розробку вертикальних ґрунтових теплообмінників.

Не дивлячись на значні капіталовкладення в теплонасосні технології впроваджуючи такі системи можна досягати економії викопного палива; шкідливих викидів в місці виробництва теплоти, зменшення витрат на обслуговування, вирівнювання графіку споживання електроенергії.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Степанова Н. Д. Оцінка ефективності джерел енергії для системи теплоснабження. // Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві. – 2017. – №1. – С. 118-122.
2. Сидорчук Б. П. Про задачу визначення передаточної функції ґрунтового теплообмінника / Б. П. Сидорчук // Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2014. – Вип. 3(67). – С. 332-338.
3. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных возобновляемых источников энергии. – М.: Москомархитектура. ГУП "НИАЦ", 2001. – 139 с.
4. Технічні характеристики реверсивного чіллера DYNACIAT. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ciat.com>
5. Степанов Д.В. Теплонасосна установка для теплоснабження ДНЗ №10 в м. Жмеринка. / Д. В. Степанов, М. В. Обуховський // Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність в галузях економіки України 2017», м. Вінниця, 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/egeu2017/paper/viewFile/3340/2795>

**Степанов Дмито Вікторович** — канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

**Обуховський Максим Васильович** — студент групи ТЕ-17мі, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: 380680426625maks@gmail.com

***Stepanov Dmytro V.*** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

***Obuhovsky Maksym V.*** — student of TE-17mi group, Faculty of Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 380680426625maks@gmail.com