

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ РОБОТИ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АКУМУЛЬОВАНОЇ ТЕПЛОТИ ҐРУНТУ

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

Викладена методика визначення оптимальних умов роботи вертикального ґрунтового теплообмінника для теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення, що забезпечують мінімум енергетичних затрат на вироблення теплоти. Визначено, що при застосуванні вертикальних зондів для теплонасосної системи тепlopостачання існує оптимальна швидкість теплоносія, якій відповідають мінімальні сумарні затрати електроенергії на систему опалення в цілому. Отримано співвідношення між характеристиками вертикального ґрунтового теплообмінника (глибина свердловини, інтенсивність відбору теплоти від ґрунту, діаметр труби, швидкість руху теплоносія) в оптимальних умовах його роботи.

Ключові слова: тепловий насос, вертикальний ґрунтовий теплообмінник, низькотемпературна система опалення, мінімальні питомі затрати зовнішньої енергії.

Abstract

The method of determination of optimal working conditions of vertical ground heat exchanger for heat pump low temperature water heating system, providing minimum energy cost for heat production is presented in this article. It was determined that there is an optimum speed of a heat carrier to which minimum total cost of electricity for heating system in a whole corresponds when using vertical probes for heat pump heating system. The correlation between the characteristics of vertical ground heat exchanger (depth of the well, the intensity of selection of heat from the soil pipe diameter, the velocity of a heat carrier) in its optimal working conditions was found.

Keywords: heat pump, vertical ground heat exchanger, low temperature heating system, the minimum unit cost of external energy.

Вступ

З метою зменшення залежності України від імпорتنих енергоносіїв потрібно впроваджувати енергоєфективні технології та забезпечити ширше застосування відновлюваних джерел енергії за допомогою теплонасосної технології [1].

Ґрунт є найбільш універсальним джерелом низькопотенціальної теплоти, який на глибині 5 м зберігає впродовж усього року постійну температуру на рівні 8–12 °С, забезпечуючи, таким чином, ефективну роботу теплового насоса (ТН) [1,2]. Підвищити температурний потенціал ґрунту можна за рахунок акумулювання теплоти в літній період в ґрунтовому акумуляторі теплоти [3]. В опалювальний період накопичена теплота може використовуватись у випарнику ТН для підігріву проміжного теплоносія. В Україні геотермальні теплонасосні системи (ТНС) опалення привертають увагу і потребують вивчення, оскільки для кожного окремого об'єкта ці системи мають проектуватися індивідуально. При цьому виникає необхідність у визначенні характеристик вертикального ґрунтового теплообмінника (ВґТО), які б забезпечували мінімальні питомі затрати електроенергії на ТНС опалення в цілому.

Результати дослідження

При використанні теплонасосної системи (ТНС) опалення з ВґТО виникає необхідність у визначенні раціонального співвідношення між характеристиками ґрунтового теплообмінника (глибина свердловини, діаметра труби, швидкості руху теплоносія в нижньому контурі ТН в залежності від

умов роботи як ґрунтового теплообмінника, так і ТНС), які б забезпечували мінімальні питомі затрати електроенергії на ТНС опалення в цілому (рис.1).

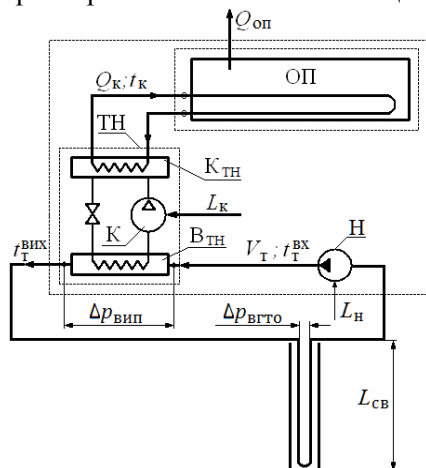


Рис. 1. Принципова схема ТНС низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти ґрунту за допомогою (ВГТО): ОП – опалюване приміщення; ТН – тепловий насос; К_{ТН} – конденсатор ТН; В_{ТН} – випарник ТН; К – компресор; Н – насос; L_к – робота приводу компресора ТН; L_н – робота приводу насоса; L_{св} – глибина свердловини.

В роботі [4] встановлено, що при використанні в ТН теплоти ґрунту існує оптимальний ступінь охолодження у випарнику ТН робочого тіла, що поступає від нижнього джерела теплоти. Однак, на відміну від інших джерел енергії, використання теплоти ґрунту досягається за допомогою проміжного контуру з проміжним теплоносієм. Тому виникає задача оптимізації параметрів цього контуру, що забезпечує оптимальний ступінь охолодження проміжного теплоносія у випарнику ТН. В роботі [2] дослідження проведені для зміни температури теплоносія на вході до випарника ТН у діапазоні 2...8 °С, у свою чергу акумулювання теплоти в літній період в ґрунтовому акумуляторі дозволяє збільшити температурний діапазон, що потребує додатково аналізу.

Таким чином, виконано аналіз оптимальних характеристик ВГТО в умовах використання заздалегідь акумульованої теплоти в ґрунті. В процесі дослідження ефективності ТНС опалення з ВГТО визначено, що існує оптимальна швидкість теплоносія у ВГТО, якій відповідають мінімальні сумарні затрати енергії на привід насоса та компресора ТН. Побудовано залежності оптимальної швидкості теплоносія від місяця опалювального періоду, з яких видно, що оптимальна швидкість зменшується до кінця опалювального сезону і зростає зі збільшенням глибини свердловини. Таким чином, оптимальна швидкість теплоносія повинна змінюватись протягом опалювального сезону. Знаючи глибину свердловини та діаметр труби ВГТО можна отримати оптимальну швидкість теплоносія, при якій зовнішні енергозатрати будуть мінімальні в залежності від місяця.

Висновки

Встановлено, що при забезпеченні оптимальної швидкості теплоносія в ТНС опалення мінімальні питомі затрати зовнішньої енергії слабо змінюються протягом опалювального періоду. При цьому спостерігається збільшення мінімальних питомих затрат зовнішньої енергії на ТНС опалення зі зростанням глибини свердловини. Геометричні параметри ґрунтового акумулятора теплоти – теплообмінника, при забезпеченні розрахункового навантаження системи опалення, мають бути погоджені з типом системи опалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП «Энергоминимум», 2009. – 60 с.
2. Гершкович В. Ф. Кое-что из американского опыта проектирования тепловых насосов / В. Ф. Гершкович // Тепловые насосы. – 2011. – № 1. – С. 12–19.
3. Беляева Т.Г. Теплообмен в системе “U-образный теплообменник – грунт” в процессах аккумуляции и извлечения теплоты / Т. Г. Беляева // Пром. теплотехника. – 2013. – № 1. – С. 72–79.
4. Безродний М. К. Оптимальні умови роботи вертикальних ґрунтових теплообмінників для теплонасосних систем теплопостачання / М. К. Безродний, Н. О. Притула, Р. В. Перевьорткін // Енергетика: економіка, технології, екологія / Науковий журнал. – 2014, – № 4. – С. 34 – 43.

Безродний Михайло Костянтинович — д-р техн. наук, професор, професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua

Притула Наталя Олександрівна — канд. техн. наук, асистент кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: npritula@ukr.net

Гобова Марія Олександрівна — студентка групи ТП-51М, факультет теплоенергетичний кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: gobovamaria@gmail.com

Науковий керівник: **Безродний Михайло Костянтинович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ.

Bezrodny Mykhailo K. — doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua

Prytula Natalia O. — candidate of technical sciences, assistant of the Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, e-mail: npritula@ukr.net

Hobova Mariia O. — student group TP-51M, Faculty of Heat and Power Engineering, Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, e-mail: gobovamaria@gmail.com

Supervisor: **Bezrodny Mykhailo K.** — doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv.