

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОТИ ҐРУНТУ

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

Анотація

Розглянуто комбіновану теплонасосну схему теплопостачання промислової будівлі з використанням теплоти ґрунту та вентиляційних викидів. Визначено кількість теплових насосів необхідну для покриття затрат енергії на теплопостачання. Проведено розрахунок затрат зовнішньої енергії на систему теплопостачання у випадку використання вихідної та комбінованої схем. Побудовано графічні залежності витрат енергії та кількості працюючих теплових насосів від температури зовнішнього повітря у випадку утилізації теплоти вентиляційних викидів та без неї.

Ключові слова: комбінована теплонасосна схема, вентиляційні викиди, теплота ґрунту, затрати зовнішньої енергії, термодинамічна ефективність.

Abstract

The combined heat pump scheme of industrial building heat supply using ground heat and ventilation emissions is considered. The amount of heat pumps required to cover energy costs for heat supply has been determined. The calculation of external energy costs for the heat supply system in the case of using initial and combined schemes. The graphical dependences of energy consumption and the number of working heat pumps on the outside air temperature in the event of heat recovery of ventilation emissions and without it are constructed.

Keywords: combined heat pump scheme, ventilation emissions, ground heat, external energy costs, thermodynamic efficiency.

Вступ

Сьогодні теплові насоси є загальновизнаною альтернативою для отримання теплової енергії для потреб теплопостачання. Одним з найпоширеніших типів є геотермальний, або ґрунтовий тепловий насос, який завдяки багатьом перевагам швидко розповсюджується в світі. Однак, через потребу значних стартових капіталовкладень та високого терміну окупності (для ґрунтового теплового насосу 5 – 7 років [1]), в Україні такі системи не користуються популярністю. Виходячи з цього актуальним на сьогодні є наукові розробки з підвищення енергоефективності таких систем, і, як наслідок, зниження капіталовкладень та досягнення економічного ефекту для сприяння впровадження теплонасосних технологій в Україні в цілому. Вищезазначені задачі можуть бути вирішені шляхом розробки комбінованих теплонасосних схем теплопостачання з використанням низькотемпературних джерел енергії [2,3].

Метою роботи є визначення енергетичного ефекту від впровадження системи теплопостачання на базі ґрунтового теплового насосу з використанням низькотемпературних вентиляційних викидів промислової будівлі.

Результатидослідження

Конкретні можливості для розробки і впровадження в роботу таких нових схем виникають при розгляді та вирішенні питань опалення та вентиляції широкого класу об'єктів, серед яких школи, лікарні, дитячі садочки, торговельно-розважальні комплекси, будівлі промислового призначення та інші. Характерним для таких об'єктів є великий об'єм приміщень та великі витрати теплоти на вентиляцію. В такому випадку виникають задачі комбінування як верхніх (опалення та вентиляція), так і нижніх джерел енергії з використанням, як додаткового джерел, теплоти вентиляційних викидів.

В цьому напрямку було розроблено комбіновану схему для опалення та вентиляції виробничої будівлі з використанням теплоти вентиляційних викидів та ґрунту. Авторами [4] проведено

термодинамічний аналіз запропонованої схеми теплопостачання, на основі якого зроблені висновки щодо зменшення питомих затрат зовнішньої енергії на систему опалення і вентиляції та пониження стартових капітальних затрат на виготовлення і монтаж теплового насоса і ґрунтового теплообмінника.

Для ілюстрації результатів дослідження прийнято рішення про застосування запропонованої схеми (рис. 1) до системи теплопостачання виробничого приміщення промислового призначення, що знаходиться за адресою м. Київ, вул. Магнітогорська 1, літ.4.

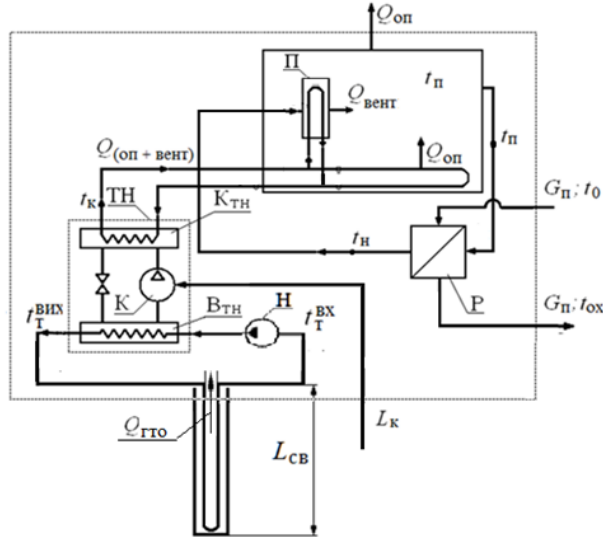


Рис. 1. Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційних викидів та ґрунту: ТН – тепловий насос; Ктн – конденсатор ТН; Втн – випарник ТН; К – компресор; П – підігрівач повітря після рекуператора; Н – насос нижнього контуру; Р – рекуператор.

Виробнича будівля, в якій обладнано цех з виробництва радіоелектронного обладнання для студій ефірного та кабельного телебачення являє собою триповерхову конструкцію з горищем, без підвалу, загальною площею 1221 м², оснащена напівпромисловим ґрунтовим тепловим насосом (ґрунт-вода) моделі F1345 типу 60 виробництва компанії «NibeIndustrier AB» (Швеція) [5]. Об'єкт також обладнаний припливно-витяжною системою вентиляції, задля забезпечення повітрообміну в виробничих приміщеннях.

На основі результатів дослідження [4], де був проведений термодинамічний аналіз основних параметрів схеми і визначені питомі затрати зовнішньої енергії на вироблення теплоти на вході в об'єкт теплопостачання, для конкретної промислової будівлі було побудовано графічні залежності витрат зовнішньої енергії на привід ТН від температури атмосферного повітря (рис. 2).

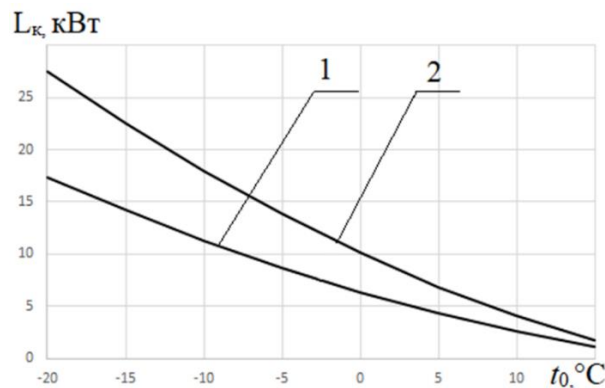


Рис. 2. Залежності витрат зовнішньої енергії від температури атмосферного повітря: 1 – схема з використанням теплоти вентиляційних викидів; 2 – базова схема.

З рис. 2 видно, що затрати зовнішньої енергії є суттєво меншими при застосуванні запропонованої схеми з рекуперацією. Також слід зауважити, що ефект від використання теплоти вентиляційних

викидів тим вищий, чим нижча температура навколишнього середовища, тобто зі збільшенням навантаження на систему теплопостачання абсолютна величина ефекту суттєво зростає.

Під час проведення досліджень було також проаналізовано погодні умови минулого опалювального періоду, з яких можна передбачити, що використання запропонованої комбінованої схеми в порівнянні з базовою може призвести до економії не тільки стартових капітальних, але і експлуатаційних витрат на систему теплопостачання. Використання вентиляційних викидів як додаткового джерела теплоти призведе до того, що близько 60 % часу опалювального періоду буде покрито за рахунок лише одного теплового насосу, в той час як для базової схеми працюватимуть 4 насоси (температура до -10°C). Виходячи з цього, можна зробити висновок, що використання схеми з рекуперацією теплоти вентиляційних викидів для конкретного промислового об'єкту суттєво знизить затрати коштів на експлуатацію системи теплопостачання.

Висновки

Визначено, що зменшення загальних затрат енергії на систему опалення і вентиляції має наслідком не тільки підвищення енергоефективності системи теплопостачання, але приводить і до зменшення капітальних затрат на спорудження теплонасосної установки (зокрема, на спорудження дорогавартісного ґрунтового теплообмінника) пропорційно зменшенню її необхідної потужності.

Також встановлено, що потреби теплоти на опалення та вентиляцію вибраної будівлі при застосуванні запропонованої схеми практично задовольняються використанням лише двох теплових насосів, один з яких працює протягом всього опалювального періоду, а другий є резервним протягом більшої частини часу і включається в роботу лише за від'ємних температур зовнішнього повітря, що майже на 60 % скорочує як енергетичні затрати, так і відповідну кількість теплонасосного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Lund, *Geothermal (ground-source) heat pumps a world overview*. China: GHC BULLETIN, 2016, p. 121.
2. Ю. М. Мацевитый, О рациональном использовании теплонасосных технологий в экономике Украины. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. № 3, с. 20–31, 2007.
3. М. К. Безродний, Н. О. Притула, *Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія*. Київ, Україна.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272с.
4. М. К. Безродний, С. О. Ословський, «Енергоефективність теплонасосно-рекуператорної системи водяного опалення і вентиляції з використанням теплоти ґрунту та вентиляційних викидів», *Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія»*, №3, с. 95-103, 2018.
5. Офіційний веб-сайт виробника обладнання: <https://www.nibe-evan.ru/>.

Безродний Михайло Костянтинович—доктор техн. наук, проф., професор кафедри теоретичної та промислової теплотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, m.bezrodny@kpi.ua.

Ословський Сергій Олександрович—аспірант, теплоенергетичний факультет, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, work.oslovskiy@gmail.com.

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

Oslovskiy Serhii O. — postgraduate, 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: work.oslovskiy@gmail.com.