

Система теплонасосного опалення та вентиляції з використанням теплоти ґрунту та вентиляційних викидів, її енергоефективність

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

Анотація

Запропоновано схему теплонасосного опалення та вентиляції з використанням теплоти ґрунту та вентиляційних викидів.

Описано термодинамічну модель системи за допомогою балансових рівнянь. Визначено основні критерії, що характеризують ефективність схеми та наведено математичні залежності цих параметрів від факторів зовнішнього впливу.

Застосовано числовий метод для визначення значень характерних величин. Побудовано графічні залежності визначальних характеристик. Проаналізовано результати досліджень, отримані числовим методом.

Сформульовано висновки щодо впливу вихідних параметрів на ефективність роботи запропонованої схеми. Зроблені рекомендації щодо умов її найбільш ефективного застосування.

Ключові слова: тепловий насос, вертикальний ґрунтовий колектор, низькотемпературне опалення, вентиляційні викиди, енергія ґрунту, термодинамічна ефективність.

Abstract

The scheme of heat pump heating and ventilation using heat of soil and ventilation emissions is developed.

The thermodynamic model of the system is described with the help of balance equations. The basic criteria characterizing the efficiency of the scheme are determined and the mathematical dependences of these parameters on the factors of external influence are given.

A numerical method is used to determine the values of characteristic values. Graphical dependences of defining characteristics are constructed. The results of researches, obtained by numerical method, are realized.

The conclusions about the influence of the initial parameters on the efficiency of the proposed scheme are formulated. Recommendations on the conditions of its most effective application are made.

Keywords: heat pump, vertical ground collector, low temperature heating, ventilation emissions, ground energy, thermodynamic efficiency.

Теплонасосні системи пропонують економічно вигідні альтернативи виробництва теплоти з різних джерел для подальшого використання в промислових, комерційних та житлових приміщеннях. Оскільки витрати на енергію продовжують зростати, енергозбереження та загальна енергоефективність стають все більш актуальними. У цьому світлі тепловий насос стає ключовим компонентом системи відновлення енергії з високим потенціалом для енергозбереження. Покращення надійності та термодинамічної ефективності роботи теплового насосу та впливу на навколишнє середовище було постійним питанням.

Однак, широкого використання в Україні теплонасосні технології досі не набули з цілого ряду причин, однією з яких є досить великі стартові капіталовкладення та високий рівень окупності, що для ґрунтового теплового насосу становить в середньому 5-7 років [1].

Сучасні тенденції досліджень в сферах теплопостачання з використанням теплових насосів загалом зосереджені на питаннях вдосконалення компонентів циклу (включаючи вибір робочої рідини), розширенні діапазону застосувань [2] та розробки нових комбінованих схем, що будуть поєднувати в собі різні джерела теплоти.

Конкретні можливості для розробки і впровадження в роботу таких нових схем виникають при розгляді та рішенні питань опалення та вентиляції широкого класу об'єктів, серед яких школи,

лікарні, дитячі садочки, торговельно-розважальні комплекси, виробництва 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 теплоти вентиляційних викидів і додатково природнього джерела, наприклад ґрунту.

В цьому напрямку було розроблено комбіновану схему для опалення та вентиляції об'єкта з використанням теплоти вентиляційних викидів та ґрунту. Проведено термодинамічний аналіз такої схеми, на основі якого зроблені висновки щодо її енергоефективності.

Принципова схема теплонасосного опалення та вентиляції приміщення показана на рис. 1.

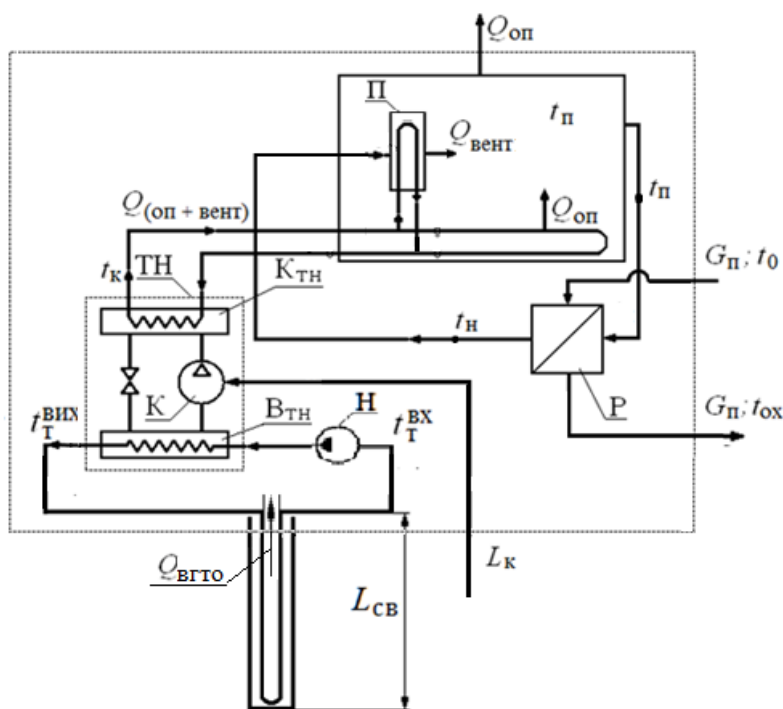


Рис. 1. Принципова схема комбінованої теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення та вентиляції з використанням теплоти вентиляційних викидів та ґрунту: ТН – тепловий насос; КТН – конденсатор ТН; ВТН – випарник ТН; К – компресор; П – підігрівач повітря після рекуператора; В – вентилятор;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

Особливістю наведеної схеми є поєднання ґрунтового теплового насоса з системою водяного опалення та вентиляції приміщення, а також з рекуператором для використання теплоти вентиляційних викидів. За цією схемою свіже атмосферне повітря попередньо підігрівається в рекуператорі за рахунок теплоти відпрацьованого атмосферного повітря і направляєється в опалюване приміщення, де догрівається до необхідної температури припливного повітря. Ґрунтовий тепловий насос, що є джерелом теплоти для всієї системи, забезпечує як необхідний догрів вентиляційного повітря, так і витрату теплоти для системи водяного опалення об'єкта теплопостачання.

В результаті термодинамічного аналізу представленої схеми були визначені параметри в її вузлових точках, що дало змогу оцінити питомі затрати зовнішньої енергії (на привід компресора теплового насоса) на вироблення одиниці теплоти для задоволення потреб системи опалення і вентиляції об'єкта.

За розробленою методикою були проведені числові розрахунки параметрів системи, аналіз результатів яких дозволив зробити наступні висновки:

1. Запровадження запропонованої комбінованої схеми збільшує температуру повітря, що подається на підігрівачі вентиляційної системи. Це в свою чергу зменшує навантаження на

теплообмінники вентиляції та покращує умови їх роботи, зменшуючи ризик обмерзання повітропроводів.

2. Запропонована теплонасосна схема призводить до зменшення питомих затрат енергії на вироблення одиниці теплоти для задоволення потреб водяного опалення і вентиляції приміщення.

3. Енергоефективність системи теплопостачання підвищується зі збільшенням як коефіцієнта рекуперації рекуператора, так і відносної витрати теплоти на вентиляцію в порівнянні з витратою теплоти на опалення.

4. 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 дорогівартісного ґрунтового теплообмінника) пропорційно зменшенню її необхідної потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. J. Lund Geothermal (ground-source) heat pumps a world overview / B. Sanner, L. Rybach, R. Curtis, G. Hellstrom // GHS BULLETIN. – September 2004. – P. 1 – 102.
2. Steward, F. R. Optimum arrangement and use of heat pumps in recovery waste heat / F. R. Steward //Energy Conversion Mgmt. – 1984. Vol. 24 – № 2. – pp. 123–129.
3. Безродний М. К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М. К. Безродний, Н. О. Пritула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272с.

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

Пritула Наталя Олександрівна, канд. техн. наук, доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, npritula@ukr.net.

Ословський Сергій Олександрович, студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, work.oslovskiy@gmail.com.

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

Pritula Natalia O. — candidate of technical sciences, senior lecturer 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

Oslovskiy Sergiy O. — student, 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.