

Використання теплових насосів для утилізації техногенних повітряних джерел теплоти

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

Анотація

Проведено термодинамічний аналіз теплонасосної схеми використання теплоти техногенних повітряних викидів в системі низькотемпературного опалення. Умовою аналізу є оптимізація параметрів системи на основі отриманого корисного ефекту з урахуванням затрат енергії на привід компресора теплового насосу.

Отримано графічні залежності оптимального ступеня охолодження повітря на виході з випарника теплового насосу від температури джерела теплоти і розрахункової температури в низькотемпературній системі опалення.

Визначено, що при використанні даної схеми на стадії проектування системи теплонасосного опалення можливо суттєво знизити капітальні та експлуатаційні затрати. Використання отриманих залежностей в розробці систем теплонасосного опалення забезпечить максимальну енергоефективність їх роботи.

Ключові слова: тепловий насос, відпрацьоване повітря, джерело теплоти, сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, низькотемпературна система опалення.

Abstract

The thermodynamic analysis of the heat pump scheme of heat use of technogenic air emissions in the system of low-temperature heating is carried out. The condition of the analysis is the optimization of the system parameters on the basis of the obtained useful effect taking into account the energy costs for the drive of the heat pump compressor.

Graphical dependences of the optimal degree of cooling of the air at the outlet of the heat pump evaporator on the temperature of the heat source and the calculated temperature in the low-temperature heating system are obtained.

It is determined that when using this scheme at the stage of design of the system of heat pump heating it is possible to significantly reduce capital and operating costs. The use of obtained dependencies in the development of heat pump systems will ensure the maximum energy efficiency of their operation.

Keywords: heat pump, exhaust air, source of heat, total specific costs of external energy, low-temperature heating system.

В умовах зростання потреб споживачів в тепловій енергії, проблема енергозбереження для економіки України стає дуже актуальною. Це спричинено постійним зростанням дефіциту та росту цін на традиційні джерела енергії, посилення вимог до забезпечення екологічної чистоти технологічних процесів і охорони навколишнього середовища. Найбільш ефективним видом сучасної техніки нетрадиційної енергетики є теплові насоси (ТН) завдяки їх можливості використовувати поновлювану та нетрадиційну енергію [1,2].

Науково-дослідницькі розробки, що пов'язані з впровадженням теплонасосної технології генерації теплоти за рахунок утилізації техногенних повітряних джерел, перебувають на стадії окремих проектних рішень і практичних застосувань. У наявній літературі є лише поодинокі дослідження без узагальнення одержаних результатів та поширення їх на решту систем [1]. Таким чином, виконаний аналіз досліджень у сфері застосування ТН у системах теплопостачання показав, що дане питання є відкритим.

На рис.1 зображена принципова схема теплонасосної системи (ТНС) низькотемпературного водяного опалення з використанням утилізації техногенних повітряних джерел теплоти. Принцип роботи цієї схеми: низькотемпературне джерело теплоти, а саме відпрацьоване повітря з температурою t_1 (змінюється в діапазоні 10...50 °С) й об'ємною витратою V , нагнітачем подається у випарник ТН. У випарнику ТН теплоносій охолоджується і на виході його температура становить t_b . Опалюване приміщення має теплові втрати в навколишнє середовище $Q_{оп}$. Для їх компенсації використовується

тепловий потік від конденсатора ТН Q_k з температурою гріючого теплоносія t_k на вході в систему опалення.

Температура теплоносія на виході з випарника теплового насоса t_b є неоднозначною, оскільки кількість теплоти, відібраної від нижнього джерела енергії залежить як від різниці температур на вході та виході з випарника ТН, так і від витрати теплоносія. При цьому теплова потужність ТН та температура теплоносія в системі опалення є відомими величинами, які визначаються характеристиками і потребами об'єкту в тепловій енергії для забезпечення цілей теплопостачання.

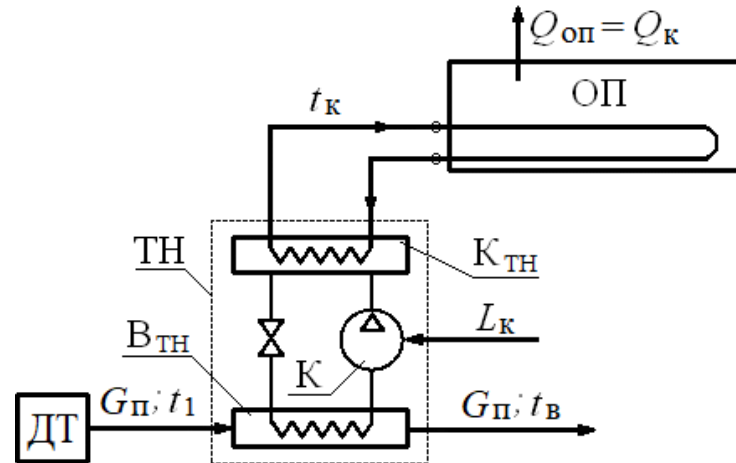


Рис. 1. Принципова схема теплонасосної системи опалення, що працює за рахунок утилізації техногенних повітряних джерел теплоти: ОП – опалюване приміщення, ДТ – джерело теплоти; ТН – тепловий насос, $K_{ТН}$ – конденсатор ТН, $B_{ТН}$ – випарник ТН, К – компресор

Питомий корисний ефект, який отримано в результаті утилізації теплоти техногенних повітряних джерел теплоти за допомогою теплового насоса з урахуванням затрат енергії на привід компресора теплового насоса, віднесений до 1 кг повітряного джерела теплоти, визначається за співвідношенням

$$q_k = \frac{Q_k}{G_{\Pi}} = c_p(t_1 - t_b) \left[1 - \frac{1}{(\varphi - 1)\eta_{КЕС}\eta_{ЛЕП}} \right], \quad (1)$$

де c_p – питома теплоємність повітря відповідно, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$; t_1 , t_b – температура техногенного повітряного джерела на вході та виході з випарника ТН φ – дійсний коефіцієнт трансформації ТН; $\eta_{КЕС}$ – енергетичний ККД конденсаційної електростанції, приймається рівним 0,38; $\eta_{ЛЕП}$ – ККД ліній електропередач, приймається рівним [3].

На основі методу балансних рівнянь розроблено теоретичну модель схемного рішення теплонасосної системи (ТНС) теплопостачання (рис.1), а також методику термодинамічного аналізу їхньої роботи. З використанням числового методу отримано дані щодо ефективності застосування ТН у системі теплопостачання та визначено оптимальну глибину використання техногенних повітряних викидів, як нижнього джерела енергії.

Встановлено, що при утилізації теплоти техногенних повітряних джерел заданої витрати і температури в ТНС теплопостачання існує оптимальна глибина охолодження теплоносія у випарнику ТН за умов отримання максимального корисного ефекту з урахуванням затрат первинної енергії палива на привід ТН (рис.2).

Отримано залежність оптимального ступеня охолодження теплоносія нижнього джерела енергії у випарнику ТН від температур джерела теплоти та теплоносія в системі опалення при розрахунковому режимі опалення (рис.3).

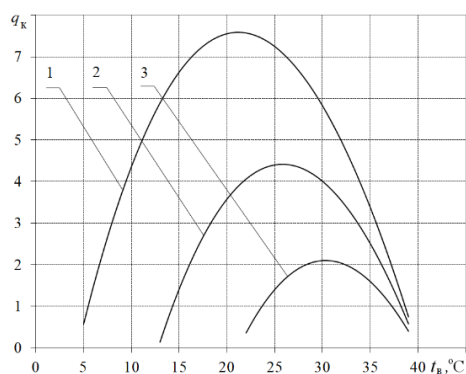


Рис. 2 Питомий корисний ефект, отриманий у результаті утилізації техногенних повітряних джерел теплоти за допомогою ТН: 1 – 3 - за розрахункової температури гріючого теплоносія в системі опалення $t_t^p = 40; 50; 60$ °С.

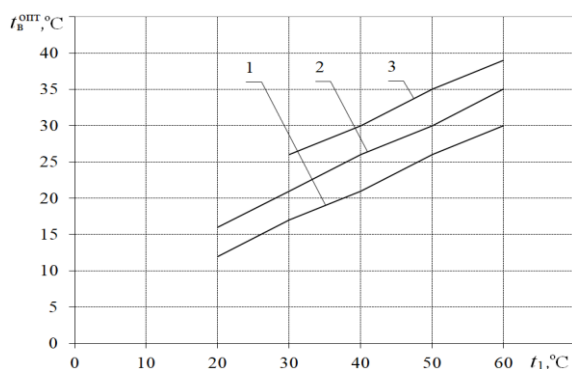


Рис. 3. Залежність оптимальної температури повітряних техногенних викидів від їхньої температури на вході у випарник ТН: 1 – 3 - за розрахункової температури гріючого теплоносія в системі опалення $t_t^p = 40; 50; 60$ °С.

Проведено термодинамічний аналіз такої схеми, на основі якого зроблені висновки щодо оптимізації умов роботи повітряних теплових насосів та зменшення питомих затрат зовнішньої енергії на вироблення теплоти в системі опалення.

Дана теплонасосна система опалення використовує температурний потенціал, який раніше скидався в навколишнє середовище. Використання даного підходу в ТН схемам опалення суттєво знижує сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, за рахунок чого можна зменшити як стартові капітальні затрати на систему ТН опалення, так і експлуатаційні затрати протягом використання даної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гершкович, В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами [Текст] / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергоминимум”, 2009. – 60 с.
2. Безродний М. К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем теплопостачання: монографія / М. К. Безродний, Н. О. Прутула. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. – 272с.
3. Безродний М. К. Теплові насоси та їх використання [Текст] : навч. посіб. / М. К. Безродний, І. І. Пуховий, Д. С. Кутра. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 312 с.

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.

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

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, docent of the Department of Theoretical and Industrial Heat Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, e-mail: nprytula@ukr.net