

Аналіз ефективності теплонасосної схеми опалення з використанням теплоти атмосферного повітря і сонячної енергії

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

Анотація

Проаналізовано ефективність теплонасосної системи опалення з використанням попередньо підігрітого за рахунок сонячної радіації атмосферного повітря. Розроблено теоретичну модель цієї системи та виконано числовий аналіз її термодинамічної ефективності. Встановлено, що застосування даної системи дозволяє забезпечити більш сприятливі температурні умови роботи теплового насоса в холодний період року, зменшити сумарні питомі затрати зовнішньої енергії на опалення в порівнянні з системою без підігріву. Отримано графічні залежності з зображенням оптимальних режимів роботи теплонасосної системи.

Ключові слова: повітряний тепловий насос, сонячний колектор, сумарні питомі затрати зовнішньої енергії, низькотемпературна система опалення.

Abstract

In this article the efficiency of a heat pump low-temperature water heating system using the preheated with solar radiation atmospheric air is analysed. A theoretical model of the system has been developed and a numerical analysis of its thermodynamic efficiency was conducted. The purpose of numerical analysis was to obtain values of solar collector specific thermal power which would be optimal to provide enough heat for the heating system during the coldest period, i.e. at rated temperature of atmospheric air, as well as other parameters of the heat pump scheme which characterise the efficiency of its operation. It was found that the use of this system makes it possible to provide more favourable temperature conditions for the operation of a heat pump in the cold period of year, to reduce total specific costs of external energy for heating in comparison with the system without preheating of atmospheric air. Graphic dependencies were obtained with the image of optimal operating conditions of the heat pump system.

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

Безперервний технологічний прогрес, який ми можемо спостерігати у світі, є досить енергоємним процесом. І левова частка енергії, що споживається різними галузями щорічно, отримується в результаті використання невідновлюваних джерел, тобто корисних копалин, запасів яких може вистачити лише на декілька сотень років. Тому останніми роками актуальним питанням у теплоенергетичній сфері стало знаходження шляхів, які б змогли зменшити навантаження на традиційні установки.

Найбільш поширеними серед нетрадиційних енергосистем є теплонасосні схеми опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, які як нижнє джерело теплоти утилізують теплоту ґрунту, ґрунтових вод або атмосферного повітря. Останній вид джерела теплоти набув особливо широкого застосування, насамперед, через низькі капіталовкладення в порівнянні з іншими джерелами енергії. Необмеженість та доступність атмосферного повітря робить повітряні теплові насоси (ТН) також більш привабливими для рядового споживача. Проте значним недоліком даних установок є втрата потужності та ефективності із зниженням температури повітря [1].

Для України температурний потенціал атмосферного повітря є недостатнім для ефективного використання теплонасосної системи для цілей опалення протягом холодного періоду року. Тому виникає задача розробки і дослідження комбінованих теплонасосних систем з використанням додаткових джерел теплоти для забезпечення роботи повітряних ТН протягом усього опалювального періоду.

Одним із таких джерел є енергія сонячного випромінювання, яка за сонячної погоди здатна забезпечувати взимку температуру води в сонячних вакуумних колекторах (СК) до 20 - 30°C [2]. Сонячна енергія може бути додатковим джерелом для підігрівання низькотемпературного теплоносія перед випарником ТН [3]. У зв'язку з цим авторами запропонована та проаналізована принципова

схема теплонасосної системи опалення з використанням теплоти попередньо підігрітого за рахунок сонячної радіації атмосферного повітря.

На рис. 1 зображена принципова схема теплонасосної системи опалення з використанням теплоти попередньо підігрітого за рахунок сонячної радіації атмосферного повітря. Теплоносій СК проходить через змійовик контактного теплообмінника (КТО), віддаючи теплоту сонячної радіації воді, яка циркулює у даному апараті. За допомогою вентилятора у КТО подається атмосферне повітря з температурою t_0 та масовою витратою $G_{\text{п}}$. Вода, що циркулює в теплообміннику, розпилюється за допомогою форсунок у його верхній частині і підігріває повітря до температури t_1 . Підігріте атмосферне повітря надходить до випарника ТН, де воно охолоджується і на виході має температуру $t_{\text{в}}$. Для компенсації витрат теплоти на опалення використовується тепловий потік від компресора ТН $Q_{\text{оп}}$ з температурою теплоносія $t_{\text{к}}$ на вході в систему опалення.

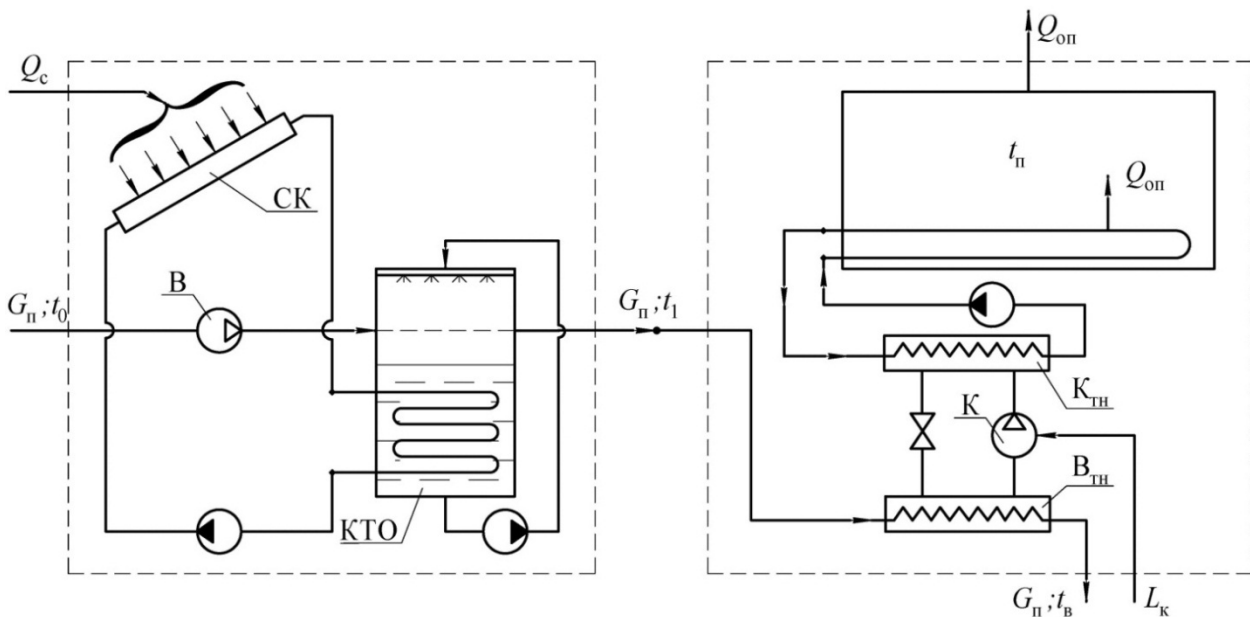


Рис. 1. Принципова схема теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення з використанням теплоти підігрітого за рахунок сонячної радіації атмосферного повітря:

$K_{\text{тн}}$ – конденсатор ТН; $B_{\text{тн}}$ – випарник ТН; K – компресор; B – вентилятор; $СК$ – сонячний колектор; $КТО$ – контактний теплообмінник для підігріву атмосферного повітря.

Аналіз представленої вище схеми показав, що використання додаткового джерела теплоти (у вигляді сонячної енергії) для повітряного ТН при будь-якій температурі зовнішнього повітря приводить до збільшення температури повітря t_1 на вході до випарника ТН і це збільшення залежить від загальної потужності СК. Метою чисельного аналізу був вибір відносної теплової потужності системи СК, що забезпечує витрату теплоти на опалення в найбільш холодний період, тобто при розрахунковій температурі атмосферного повітря, а також інших параметрів теплонасосної схеми, що характеризують ефективність її роботи. У результаті розрахунків були отримані графічні залежності з зображенням максимальних значень відносної потужності СК, що повністю забезпечують потреби теплоти на опалення в розрахунковий період. При цьому теплота атмосферного повітря не буде використовуватись, а необхідна витрата теплоти в випарнику ТН буде повністю покриватись за рахунок сонячної енергії. Тому за даних умов повітря грає роль лише проміжного теплоносія при передачі теплоти від СК до системи опалення. Хоча в цьому випадку необхідність у повітряних ТН відпадає, заміна їх на ТН типу «вода-вода» з використанням теплоти теплоносія безпосередньо від СК не є економічно вигідною. Такий висновок обумовлений тим, що СК є відносно дорогим обладнанням, тому доцільним є зменшення їх площі за рахунок використання саме повітряного ТН через низькі капіталовкладення. Значення критичних температур t_1 і, як результат, граничні значення відносної потужності СК дають змогу оцінити граничні площі СК за різних розрахункових температур атмосферного повітря.

Ефективність роботи теплонасосної системи низькотемпературного водяного опалення з урахуванням затрат енергії на привід компресора ТН і вентилятора, що нагнітає повітря у випарник ТН, охарактеризовано величиною питомих затрат зовнішньої енергії на опалення, яка являє собою відношення затраченої зовнішньої енергії на одиницю отриманої теплоти для задоволення потреб опалення. Використання сонячної радіації як додаткового джерела теплоти для повітряних ТН в загальному випадку приводить до суттєвого зниження затрат зовнішньої енергії на вироблення теплоти в низькотемпературних теплонасосних системах опалення. Виявлено, що перевага використання досліджуваної схеми порівняно з вихідною, тобто без застосування СК, проявляється за високих значень аеродинамічного опору випарника ТН. Таким чином, комбіноване використання теплоти атмосферного повітря і сонячної енергії в повітряних теплових насосах дає можливість забезпечити потреби теплоти на опалення при значному зменшенні необхідної теплової потужності або площі сонячних колекторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гершкович, В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами [Текст] / В. Ф. Гершкович. – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП “Энергомимум”, 2009. – 60 с.
2. Безродний М. К. Термодинамічна та енергетична ефективність теплонасосних схем тепlopостачання: монографія / М. К. Безродний, Н. О. Притула. – 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.

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

Місюра Тимofій Олександрович, студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Sconosciuto.T@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

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

Misiura Tymofii 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: Sconosciuto.T@gmail.com.