

АНАЛІЗ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ У СИСТЕМАХ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАКЛАДІВ ОСВІТИ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано енерго-екологічну ефективність використання теплових насосів у системах теплозабезпечення закладів освіти. Розглянуто принципи роботи теплових насосів, їх основні типи та технічні характеристики. Оцінено енергетичну, екологічну й економічну доцільність впровадження теплонасосних технологій у навчальних закладах. Показано, що застосування теплових насосів дозволяє знизити споживання традиційних енергоресурсів, скоротити викиди парникових газів та підвищити рівень екологічної безпеки.

Ключові слова: теплові насоси, енергоефективність, заклади освіти, екологічна безпека, теплозабезпечення, відновлювані джерела енергії.

Abstract

The paper analyzes the energy and environmental efficiency of using heat pumps in heat supply systems of educational institutions. The principles of operation, main types, and technical characteristics of heat pumps are considered. The energy, environmental, and economic feasibility of implementing heat pump technologies in educational buildings is evaluated. It is shown that the use of heat pumps reduces the consumption of traditional energy resources, decreases greenhouse gas emissions, and increases the level of environmental safety.

Keywords: heat pumps, energy efficiency, educational institutions, environmental safety, heat supply, renewable energy sources.

Вступ

Системи теплозабезпечення закладів освіти в Україні традиційно базуються на використанні природного газу та централізованого теплопостачання, що характеризуються високими енерговитратами та значним негативним впливом на довкілля. Зростання вартості енергоносіїв, зношеність теплових мереж і підвищені вимоги до екологічної безпеки зумовлюють необхідність впровадження енергоефективних технологій.

Одним із перспективних напрямів модернізації систем опалення є застосування теплових насосів, які використовують енергію навколишнього середовища та забезпечують високий коефіцієнт перетворення енергії. Тому актуальним є аналіз енерго-екологічної ефективності теплонасосних систем у закладах освіти.

Результати дослідження

У ході дослідження було проаналізовано особливості застосування теплових насосів у системах теплозабезпечення закладів освіти з урахуванням кліматичних умов України, режиму експлуатації навчальних будівель та вимог до енергоефективності й екологічної безпеки. Встановлено, що теплові насоси є ефективним інструментом використання відновлюваної енергії довкілля, що дозволяє суттєво скоротити споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів.

Основним показником ефективності роботи теплових насосів є коефіцієнт перетворення енергії COP, значення якого для сучасних систем становить у середньому 3–5. Це означає, що на кожен кіловат-годину спожитої електричної енергії система виробляє 3–5 кіловат-годин теплової енергії. Для комплексної оцінки роботи протягом опалювального періоду використовується сезонний коефіцієнт ефективності SCOP, який для систем, встановлених у навчальних закладах, може досягати значень 4,0–4,8 за умови належної теплоізоляції будівель [2-3].

Дослідження показали, що найбільш доцільними для використання у закладах освіти є теплові насоси типу «повітря–вода» та «грунт–вода». Повітряні теплові насоси мають перевагу у простоті мон-

тажу та нижчих капітальних витратах, що є важливим фактором для бюджетних установ. Водночас їх ефективність зменшується за низьких температур зовнішнього повітря, що може потребувати застосування резервних або гібридних систем опалення. Геотермальні теплові насоси забезпечують стабільну роботу незалежно від сезонних коливань температури та характеризуються високими значеннями SCOP, однак потребують значних початкових інвестицій [1,4].

Особливу увагу в роботі приділено оцінці екологічного ефекту впровадження теплових насосів. У порівнянні з традиційними газовими котельнями теплонасосні системи практично не створюють локальних викидів забруднюючих речовин. Перехід закладу освіти на тепловий насос дозволяє скоротити викиди діоксиду вуглецю на 70–80 %, а також усунути викиди оксидів азоту, сірки та твердих частинок. Це позитивно впливає на якість атмосферного повітря та санітарно-гігієнічні умови перебування учнів і персоналу.

Економічний аналіз показав, що впровадження теплових насосів забезпечує зменшення річних витрат на опалення на 20–40 % залежно від типу системи та тарифів на енергоносії. Хоча термін окупності теплонасосних систем без урахування фінансової підтримки може бути тривалим, використання державних, регіональних та міжнародних програм енергоефективності значно підвищує економічну доцільність таких проєктів. Додаткове підвищення ефективності можливе за умови поєднання теплових насосів із заходами з термомодернізації будівель [5].

Висновки

За результатами проведеного дослідження встановлено, що використання теплових насосів у системах теплозабезпечення закладів освіти є перспективним напрямом підвищення енергоефективності та екологічної безпеки. Теплонасосні технології дозволяють ефективно використовувати відновлювану енергію навколишнього середовища, суттєво зменшуючи залежність навчальних закладів від традиційних енергоносіїв.

Проведений аналіз показав, що теплові насоси забезпечують високі показники енергетичної ефективності, що підтверджується значеннями COP та SCOP, характерними для сучасних систем. Це створює передумови для зменшення загального енергоспоживання будівель та зниження експлуатаційних витрат на опалення і гаряче водопостачання.

Важливим результатом дослідження є підтвердження значного екологічного ефекту від впровадження теплових насосів. Скорочення викидів парникових газів, відсутність процесів горіння та зменшення локального забруднення атмосферного повітря сприяють покращенню екологічної ситуації та створенню безпечного середовища для навчання і праці.

Економічна оцінка засвідчила, що теплонасосні системи є найбільш ефективними за умов комплексного підходу, який включає термомодернізацію будівель, оптимізацію режимів роботи систем опалення та залучення фінансових механізмів підтримки енергоефективних проєктів. У довгостроковій перспективі це забезпечує стабільне зниження витрат бюджетних коштів та підвищує енергетичну незалежність закладів освіти.

Таким чином, впровадження теплових насосів у закладах освіти відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, поєднуючи енергетичну ефективність, економічну доцільність та екологічну безпеку, і може бути рекомендоване як один із пріоритетних напрямів модернізації систем теплозабезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Калініченко О. О. Теплові насоси в системах опалення та гарячого водопостачання. Київ : Освіта України, 2020. 176 с.
2. Сотник І. М. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії. Харків : ХНЕУ, 2019. 198 с.
3. Heat Pumps in Buildings: A Technical Guide / IEA. Paris, 2020.
4. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення: 05.03.2026).
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2021. 96 с.

Олійник Дар'я Володимирівна — студент групи ЕКО-226, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dashaolijnyk@gmail.com.

Полив'ячук Андрій Павлович — д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: polyvianchuk_a@vntu.edu.ua.

Кватернюк Сергій Михайлович — д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kvaternuk@vntu.edu.ua.

Daria Olijnik V. — student of group ECO-22b, Faculty of Civil Engineering, Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dashaolijnyk@gmail.com.

Polyvianchuk Andriy Pavlovich — D.Sc., Professor, Professor of Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: polyvianchuk_a@vntu.edu.ua.

Kvaterniuk Serhii Mykhailovych — D.Sc., Professor, Professor of Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kvaternuk@vntu.edu.ua.