

ТЕПЛОВІ НАСОСИ ТИПУ «ПОВІТРЯ–ВОДА» В НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІЙ СИСТЕМІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У М. КИЇВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто застосування теплових насосів типу «повітря–вода» як джерела теплоти для низькотемпературної системи теплопостачання багатофункціонального житлового будинку у м. Київ. Виконано обґрунтування вибору низькотемпературного графіка системи, аналіз ефективності теплових насосів за кліматичних умов Києва, оцінено сезонний коефіцієнт перетворення та потенційну економію первинної енергії. Показано, що тепловий насос типу «повітря–вода» є ефективною альтернативою традиційним джерелам теплоти за умови правильного підбору робочих параметрів.

Ключові слова: тепловий насос, низькотемпературна система, теплопостачання, енергоефективність система "повітря-вода".

Abstract

The paper considers the use of air-to-water heat pumps as a heat source for a low-temperature heat supply system in a multifunctional residential building in Kyiv. The choice of a low-temperature system schedule is justified, the efficiency of heat pumps under the climatic conditions of Kyiv is analyzed, and the seasonal conversion coefficient and potential primary energy savings are estimated. It is shown that an air-to-water heat pump is an effective alternative to traditional heat sources, provided that the operating parameters are selected correctly.

Keywords: heat pump, low-temperature system, heat supply, energy efficiency, air-water system.

Вступ

Сучасні вимоги до енергоефективності та декарбонізації будівель визначають необхідність переходу від традиційних систем теплопостачання до низькотемпературних рішень, орієнтованих на мінімізацію споживання первинної енергії [1]. Одним із найперспективніших напрямів є використання теплових насосів типу «повітря–вода» [2], які здатні забезпечувати теплоту для опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, використовуючи енергію навколишнього середовища.

Тепловий насос «повітря–вода» — це пристрій, який за допомогою електричної енергії відбирає низькопотенційну теплоту з навколишнього повітря та передає її у систему водяного опалення будинку. Його робота ґрунтується на зворотному циклі Карно та включає чотири основні складові: випарник, компресор, конденсатор, розширювальний клапан.

Низькотемпературна система опалення — це система, в якій теплоносії (вода) нагрівається до температури, що зазвичай не перевищує 55°C, а в ідеалі працює в діапазоні 35–45°C. Найпоширеніші приклади: "тепла підлога", "теплі стіни", спеціальні низькотемпературні радіатори. Основний принцип передачі теплоти в таких системах відбувається за рахунок випромінювання (радіації), а не конвекції. Великі площі (підлога, стіни) з невисокою температурою рівномірно "випромінюють" теплоту в приміщення. Так теплоносій у системах з теплою підлогою має температуру 35–45°C, а сама підлога має температуру 26–28°C. Низькотемпературні системи теплопостачання мають менші теплові втрати: трубопроводи, що транспортують теплоносій з температурою 40°C, мають значно менші втрати тепла в порівнянні з трубами, де температура 70–80°C.

Низькотемпературні системи ідеально поєднуються з сучасними високоефективними джерелами теплоти, такими як Теплові насоси, конденсаційні котли, сонячні колектори.

Кліматичні умови м. Київ характеризуються відносно тривалим опалювальним періодом, помірними зимовими температурами та достатньою кількістю днів, коли тепловий насос може працювати з високим коефіцієнтом перетворення. У поєднанні з низькотемпературними системами (температурний графік 40/30 °C або 45/35 °C) такі установки демонструють підвищену ефективність та можуть бути основним джерелом теплоти.

Метою роботи є аналіз можливості та ефективності застосування теплових насосів повітря–вода в системі теплопостачання житлового будинку у м. Київ з урахуванням його теплових навантажень та річного обсягу тепловиробництва.

Результати дослідження

Досліджувана в роботі будівля має комплексне функціональне призначення, теплові навантаження споживачів теплоти наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика споживачів теплоти житлової будівлі

Споживачі / системи	Пікові потужності, кВт		
	Опалення	Вентиляція	Гаряче водопостачання
Житлова частина	430	-	160
Офісні приміщення	15	15,3	
Торговельні приміщення	20	35	

Згідно із попередніх розрахунків сумарне максимальне теплове навантаження складає 675,3 кВт, а річна потреба у теплоті 6702 ГДж.

Для багатоповерхового будинку з вбудованими комерційними приміщеннями в місті Київ, ключовими критеріями при виборі джерел теплоти є енергоефективність, економічна доцільність, екологічність і стабільність постачання. Серед потенційних джерел теплоти можна виділити теплові насоси типу «повітря–вода», «вода–вода» та «грунт–вода», сонячна енергія (сонячні колектори), централізоване теплопостачання (ТЕЦ, котельні) або газова котельня, котельня на біомасі (паливні гранули, тріска), електроопалення (інфрачервоні панелі, електричні котли), когенераційні установки (одночасне виробництво теплоти і електроенергії).

На основі проведених розрахунків можна сформулювати такі узагальнення:

- мінімальні капітальні витрати на встановлення теплотехнічного обладнання котельні забезпечує варіант із використанням газового котла;
- найменші експлуатаційні витрати спостерігаються у випадку застосування котла на деревних паливних гранулах;
- найвища вартість виробленої теплоти характерна для системи з тепловими насосами типу «грунт–вода», тоді як найнижча собівартість досягається при спалюванні деревних гранул.

Враховуючи наведені результати, можна стверджувати, що з позиції сукупних витрат оптимальним джерелом теплоти для котельні 21-поверхового житлового будинку у м. Київ є паливні гранули з деревини. Водночас експлуатація такого обладнання супроводжується низкою додаткових вимог: утворенням золотого залишку, необхідністю організації системи очищення димових газів та забезпеченням належних умов зберігання палива, що передбачає підтримання спеціальних параметрів мікроклімату на складі.

Комплексний аналіз економічних і екологічних показників показує, що, незважаючи на вищі початкові витрати, найбільш раціональним рішенням серед розглянутих варіантів є система теплопостачання на основі теплових насосів типу «повітря–вода».

Переваги теплонасосних установок типу «повітря–вода» обумовлені простотою монтажу та відсутністю необхідності виконання свердловин або масштабних земляних робіт. Ефективність таких теплових насосів визначається вибраним температурним графіком та фактичними температурними умовами зовнішнього повітря. На основі аналізу технічних характеристик одного з виробників реверсивних чилерів [3, 4] отримано залежність коефіцієнта перетворення від температури навколишнього середовища та температури конденсації (рис. 1).

Як видно з рис. 1, робота реверсивних чилерів за температур нижчих за -5°C виробником допускається лише за умов, що температура в конденсаторі не перевищує 45°C , що повністю відповідає вимогам низькотемпературних систем. Це свідчить про необхідність забезпечення відповідності параметрів роботи споживачів теплової енергії, зокрема рушникосушарок, новим температурним режимам.

З огляду на зменшення температури теплоносія у таких системах виникає потреба у збільшенні площі теплообмінної поверхні нагрівальних приладів.

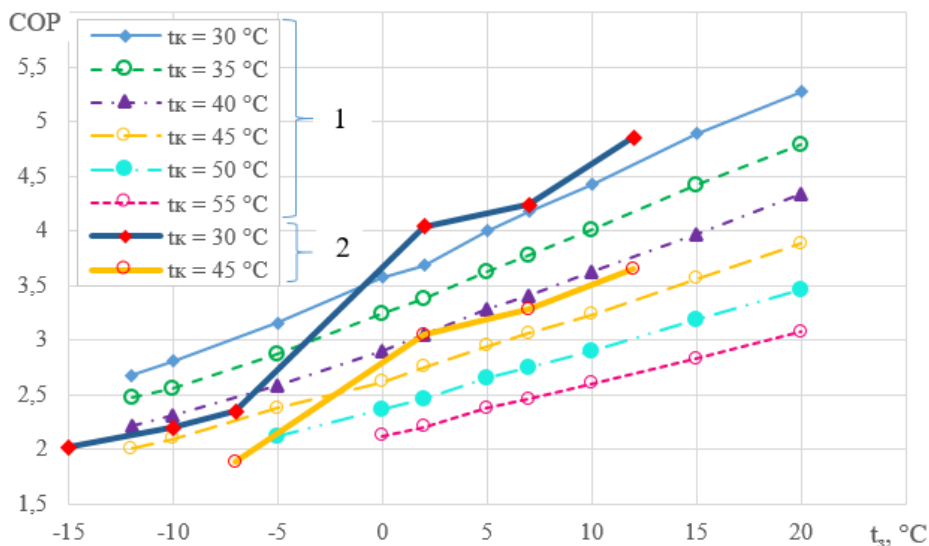


Рисунок 1 – Вплив температури навколишнього середовища на коефіцієнт перетворення (COP) за різних температур зовнішнього повітря t_3

Як засвідчують результати розрахунків [5], зниження температури теплоносія на вході у опалювальний прилад з 75 °C до 45 °C зменшує її теплову потужність на 60–64 %, а до 30 °C — на 85,5–87,9 %. Це узгоджується зі зменшенням середньологарифмічного температурного напору, який падає з 50 °C до 23 °C та 9,4 °C відповідно.

Висновки

Оцінювання екологічних та економічних чинників, пов'язаних із вибором джерела теплопостачання для житлового будинку в м. Київ, засвідчує необхідність комплексного та зваженого підходу. З огляду на сукупність економічних і природоохоронних критеріїв, найбільш обґрунтованим рішенням для житлової забудови у м. Київ є впровадження котельні на пелетах або деревній трісці, оскільки такі системи забезпечують оптимальний баланс між вартістю теплоти, екологічною безпекою та енергетичною автономністю. Теплові насоси типу «повітря–вода» можуть бути ефективним доповненням або альтернативою за умов доступної електроенергії або при високій енергоефективності будівлі. Газові котельні, хоча й забезпечують стабільність роботи, характеризуються високою собівартістю теплоти та потребують додаткового аналізу з урахуванням можливих змін газових тарифів та посилення екологічних вимог.

Обґрунтовано необхідність та доцільність застосування низькотемпературних систем формування мікроклімату в житлових будівлях. Показано, що теплові насоси типу «повітря–вода» є ефективним рішенням для житлової забудови високої щільності, оскільки забезпечують підвищену ефективність за роботи при знижених температурах теплоносія та не потребують складних монтажних робіт. На основі аналізу технічних параметрів теплових насосів (реверсивних чилерів) встановлено, що їх функціонування за низькотемпературного графіка сприяє підвищенню коефіцієнта перетворення (COP), що безпосередньо підвищує енергоефективність системи. Визначено оптимальний температурний режим прямої мережної води для умов зовнішніх температур нижче –5 °C, який не повинен перевищувати 45 °C.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Снісарчук Д. М., Степанова Н.Д. Доцільність впровадження низькотемпературних систем створення мікроклімату будівель. Матеріали ЛІІІ Науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії ВНТУ, 20 – 22 березня 2024 р., Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20817/17234>. (дата звернення 17.11.2025 р.)

2. Іванюк М. М., Степанова Н. Д. Енергоефективність двомодульної системи тепlopостачання громадської будівлі у місті Вінниця. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)»*, 15.06.2025 – 16.06.2025, Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/viewFile/23206/19209> (дата звернення 17.11.2025 р.).
3. Water chillers. Heat pumps.AQUACIAT POWER. URL: <https://surl.li/flhjgk> (дата звернення 17.11.2025 р.).
4. Inverter Air-Cooled Liquid chillers & Reversible Air to Water Heat Pumps. Ereba 17-21. URL: https://www.hosbv.com/data/specifications/14389_CIAT%207449145%20-%20EREBA%2017%20HT.pdf. (дата звернення 17.11.2025 р.).
5. Степанова, Н. Д., & Снісарчук, Д. М. (2025). Моделювання показників роботи рушникосушарки в низькотемпературній системі створення мікроклімату. *Наука та прогрес транспорту*, (1(109), 85–92. <https://doi.org/10.15802/stp2025/324710>.

Степанова Наталія Дмитрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Stepanovand@i.ua

Ковтун Катерина Русланівна, студентка групи ТЕ-25м, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kovtunkata70@gmail.com.

Stepanova Nataliya D., Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia, Stepanovand@i.ua

Kovtun Kateryna R., student of TE-25m group, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kovtunkata70@gmail.com.