

ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ: АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ТЕПЛОТИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі виконано порівняльний аналіз енергетичної та екологічної ефективності різних джерел теплоти для багатоповерхового житлового будинку в м. Київ. Розглянуто теплові насоси типу «повітря–вода» та «грунт–вода», газові та твердопаливні котли, а також централізоване теплопостачання. Визначено вплив заходів на клас енергоефективності, витрати первинної енергії та викиди парникових газів. Обґрунтовано доцільність застосування реверсивних теплових насосів «повітря–вода» для досягнення класу «B» з мінімальними капіталовкладеннями.

Ключові слова: теплопостачання, енергоефективність, тепловий насос, твердопаливні котли, газові котли, централізоване теплопостачання.

Abstract

This study presents a comparative analysis of the energy and environmental performance of various heat sources for a multi-story residential building in Kyiv. The analysis covers air-to-water and ground-to-water heat pumps, gas and solid-fuel boilers, as well as district heating. The impact of these measures on energy efficiency class, primary energy consumption, and greenhouse gas emissions is determined. The feasibility of using reversible air-to-water heat pumps to achieve Class B with minimal capital investment is substantiated.

Keywords: heat supply, energy efficiency, heat pump, solid-fuel boilers, gas boilers, district heating.

Вступ

У контексті європейської кліматичної політики декарбонізація будівельного сектору є ключовим завданням для ЄС та України. Будівлі споживають близько 40% кінцевої енергії в Європі, переважно на опалення та гаряче водопостачання, що визначає роль систем теплопостачання у підвищенні енергоефективності та скороченні викидів.

Основоположним документом ЄС є Директива 2010/31/ЄС про енергетичну ефективність будівель (EPBD) зі змінами 2024 року [1], яка передбачає перехід до будівель із нульовим рівнем викидів, прискорення термомодернізації та скорочення використання викопного палива в теплопостачанні.

В Україні актуальність цих питань зумовлена євроінтеграцією та енергетичною безпекою. Законодавча база формується відповідно до європейських підходів: Закон «Про енергетичну ефективність будівель» [2] встановлює вимоги до енергетичних характеристик та сертифікації, а закони «Про енергозбереження» [3] та «Про теплопостачання» [4] регулюють відносини у сфері енергоресурсів і теплопостачання.

Нормативні вимоги до енергоефективності визначені ДБН [5], які встановлюють мінімальні показники енергоспоживання та класи енергоефективності. Досягнення високих класів (C і вище) потребує комплексного підходу: підвищення теплозахисту огорожувальних конструкцій та оптимізації інженерних систем, насамперед теплопостачання.

Особливої уваги заслуговує порівняльний аналіз сучасних технологій виробництва теплоти: теплових насосів, газових (у т. ч. конденсаційних) котлів, твердопаливних котлів на гранулах та систем централізованого теплопостачання.

Об'єктом дослідження є багатоповерховий житловий будинок із вбудованими комерційними приміщеннями, розташований у місті Київ. Згідно з попередніми теплотехнічними розрахунками, сумарне максимальне теплове навантаження будівлі становить 675,3 кВт, а річна потреба у тепловій енергії – 6702 ГДж. Такі параметри обумовлюють доцільність вибору енергоефективних та низьковуглецевих джерел теплоти, здатних забезпечити надійне теплопостачання об'єкта.

Метою роботи є аналіз ефективності різних джерел теплоти для системи теплопостачання житлового будинку з точки зору енергоефективності, економічної доцільності та рівня викидів парникових газів.

Результати дослідження

Досліджувана в роботі будівля має комплексне функціональне призначення, причому пікове навантаження гарячого водопостачання складає 23,7%, теплове навантаження системи опалення житлової частини – 63,7%, офісних і торговельних приміщень – 5,2%, пікове навантаження систем вентиляції офісних і торговельних приміщень – 7,4%.

У попередній роботі [6] розглядалися потенційні варіанти теплозабезпечення цієї будівлі на базі теплонасосних технологій і аргументовано обрано варіант використання теплових насосів типу «повітря-вода».

Розглядаючи варіанти теплопостачання з позиції їх інтеграції у систему і забезпечення мінімально допустимого за [5] класу енергоефективності будівлі було визначено енергопотребу на опалення, охолодження, вентиляцію, гаряче водопостачання та освітлення, розраховане енергоспоживання будівлі на опалення, охолодження та гаряче водопостачання, знайдені питомі витрати первинної енергії та питомі викиди парникових газів для забезпечення житлової будівлі енергією.

Враховуючи існуючі характеристики (за архітектурно-будівельними кресленнями) визначено клас енергетичної ефективності будівлі з різними джерелами теплоти. Досліджувані варіанти порівнювалися із варіантом теплозабезпечення від традиційних газових котлів (варіант 1), для якого питоме енергоспоживання склало 163,8 кВт·год/м², а її клас енергоефективності «G». Порівняння варіантів викладено на рис. 1.

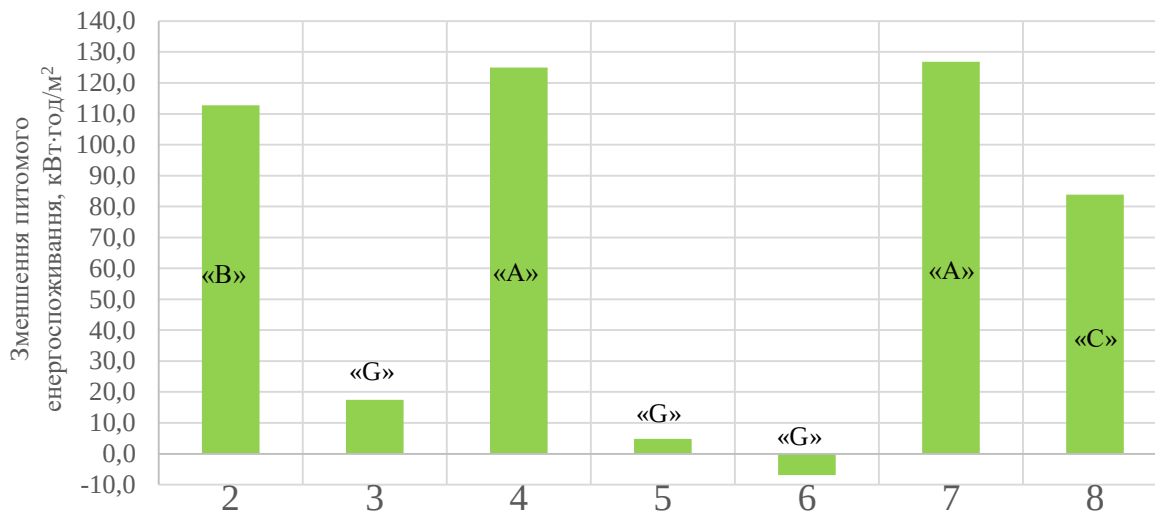


Рисунок 1 – Результати дослідження впливу різних факторів на показники питомого енергоспоживання та клас енергоефективності будівлі

Позначення варіантів джерел теплоти та заходів із підвищення енергоефективності будівлі:

- 1 – традиційний газовий котел;
- 2 – теплонасосна установка «повітря – вода»;
- 3 – конденсаційний газовий котел;
- 4 – теплонасосна установка «повітря – вода» та рекуператор теплоти на системах вентиляції;
- 5 – традиційний газовий котел і збільшення вдвічі товщини теплової ізоляції стін;
- 6 – котел на паливних гранулах з деревини;
- 7 – теплонасосна установка «грунт – вода»;
- 8 – централізоване теплопостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в ІТП за погодними умовами та рекуператор теплоти на системах вентиляції

Як видно із рис. 1, досягнути мінімально допустимого класу енергоефективності можна використовуючи як джерело теплоти теплонасосну установку «повітря-вода» з та без рекуператора теплоти в системах вентиляції, теплонасосну установку «грунт-вода» та централізоване теплопостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного графіка і коригуванням в ІТП* за погодними умовами з

рекуператором теплоти на системах вентиляції. У досліджуваних варіантах рекуператор теплоти в системах вентиляції приймався із коефіцієнтом корисної дії 0,7.

Під час порівняння вище вказаних варіантів з позиції витрати первинної енергії, то тут бере гору варіант використання як джерела теплоти котла на біопаливі (зменшення на 60,9%), що все одно не дає можливості досягти цьому варіанту класу енергоефективності «С».

Проаналізовано зменшення питомих викидів парникових газів (відносно варіанту 1) для досліджуваних джерел теплоти, що показано на рис 2.

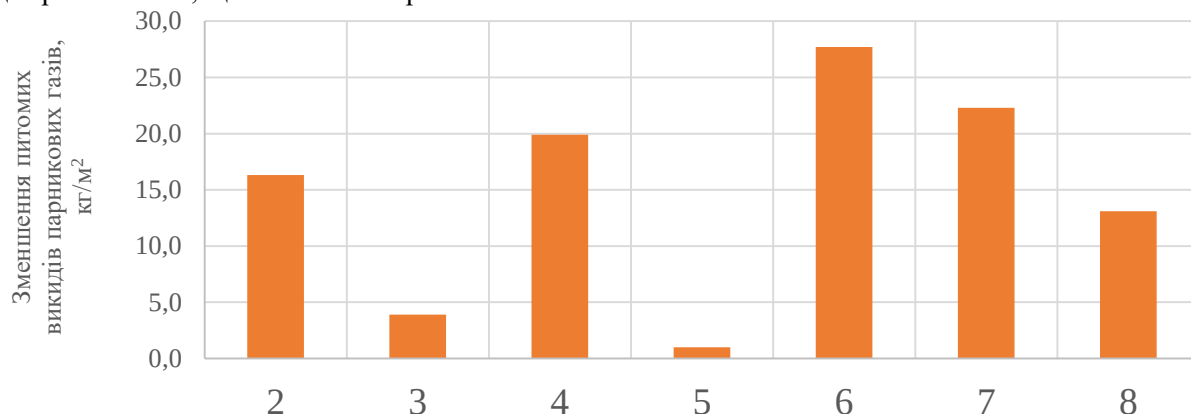


Рисунок 1 – Результати дослідження впливу різних факторів на питомі викиди парникових газів

Як видно з результатів досліджень, встановлення теплових насосів різних типів, рекуператорів у системах вентиляції із тепловими насосами та із централізованим та встановлення рекуператорів в системі вентиляції з тепловими насосами, котла на біопаливі дозволяють суттєво зменшити питомі викиди парникових газів (на 16,3...27,7 кг/м²).

Висновки

Досліджено вплив семи енергоефективних заходів на показники енергетичної та екологічної ефективності будівлі у порівнянні із влаштуванням теплопостачання за рахунок традиційного газового котла.

Виявлено, що заміна газового котла на тепловий насос типу «грунт – вода» дозволяє забезпечити клас «А» енергоефективності будівлі і відповідне зменшення енергоспоживання, витрат первинної енергії і викидів парникових газів.

Встановлення рекуператорів в системах вентиляції дозволяє забезпечити клас енергоефективності «С», а найбільше з запропонованих рішень зменшує витрати первинної енергії варіант використання котла на біопаливі, одночасно цей варіант є ще найбільш доречним з екологічної точки зору.

Враховуючи енергетичні та екологічні показники пропонується використати в якості джерела теплоти та холоду реверсивні теплові насоси типу «повітря – вода», що дозволить досягти класу енергоефективності «В», зменшити питомі викиди парникових газів. Крім того такий варіант потребує менших капіталовкладень, оскільки немає необхідності бурити ґрунт і влаштовувати ґрунтові теплообмінники.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Directive (EU) 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) (as amended in 2024). EUR-Lex [website]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/31/2021-01-01> (дата звернення: 23.03.2026).
2. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2017. № 33. Ст. 359. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення: 23.03.2026).
3. Про енергозбереження : Закон України від 01.07.1994 № 74/94-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1994. № 30. Ст. 283. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 23.03.2026).
4. Про теплопостачання : Закон України від 02.06.2005 № 2633-IV. Відомості Верховної Ради України. 2005. № 28. Ст. 375. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2633-15> (дата звернення: 23.03.2026).
5. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – [Чинний від 2022-05-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2021. 27 с.

6. Степанова Н.Д., Ковтун К. Р. Теплові насоси типу «повітря–вода» в низькотемпературній системі тепlopостачання житлового будинку у м. Київ. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України 2025», Вінниця: ВНТУ, URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egcu/egcu2025/paper/view/26484>. (дата звернення 20.03.2026 р.)

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.