

# ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЕПЛОХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У МІСТІ ВІННИЦЯ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

В роботі проведено аналіз існуючого стану розвитку енергоефективних екологічно чистих систем тепло- та холодопостачання будівель. Проаналізовано зміни нормативної бази щодо визначення енергоефективності житлових будівель. Розроблено математичну модель для визначення показників енергоефективності будівлі на основі оновлених норм та проведені числові дослідження впливу різних джерел теплової енергії на показники енергоефективності.

**Ключові слова:** енергоефективність, джерело теплоти, викиди парникових газів, витрати первинної енергії

## Abstract

The paper analyzes the current state of development of energy-efficient and environmentally friendly heating and cooling systems for buildings. The changes in the regulatory framework for determining the energy efficiency of residential buildings are analyzed. A mathematical model was developed to determine the building's energy efficiency indicators based on the updated standards, and numerical studies of the influence of various sources of thermal energy on energy efficiency indicators were carried out.

**Keywords:** energy efficiency, heat source, greenhouse gas emissions, primary energy consumption

## Вступ. Постановка задачі

Енергопостачання житлового фонду України пов'язане із значними витратами паливно-енергетичних ресурсів. У комунальній сфері витрачається природний газ, вугілля, деревина, електроенергія для забезпечення нормативних показників внутрішнього повітря житлових приміщень. Останнім часом великим попитом користуються системи охолодження приміщень, в тому числі житлових. Підвищення енергоефективності систем теплопостачання та систем охолодження житлових будівель є ключем до енергонезалежності нашої країни та покращення комфортності проживання українців [1-6]. Покращення енергетичної ефективності в свою чергу призводить до підвищення економічності енергопостачання та зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище не тільки в місці використання енергії, але й в районах виробництва електроенергії.

В даній роботі пропонується системний підхід до підвищення енергоефективності, а саме, спочатку оцінка енергоефективності будівлі і потім обґрунтований вибір джерела теплоти та холоду.

Метою даної роботи є підвищення енергоефективності та екологічності теплохолодопостачання житлової будівлі шляхом її енергетичної сертифікації та обґрунтованого вибору раціонального джерела теплоти.

## Результати досліджень

Для проведення моделювання ефективності обрана п'ятиповерхова житлова будівля загальною площею 2770 м<sup>2</sup> у м. Вінниця [5, 6]. Термічні опори зовнішніх огорожень відповідають вимогам ДБН В.2.6 -31:2021 [4]. Розрахункова питома енергопотреба будівлі складає 22,6 кВт·год/м<sup>2</sup>. Питоме енергоспоживання будівлі на потреби опалення, гарячого водопостачання та охолодження складає 30,4 кВт·год/м<sup>2</sup>, що відповідає класу енергоефективності А[2].

В основі математичного опису моделі лежать такі рівняння: вираз основного рівняння теплопередачі, теплові баланси втрат теплоти через огорожувальні конструкції, рівняння для визначення приведенного термічного опору непрозорих огорожувальних конструкцій, рівняння для визначення інтенсивності випромінювального теплообміну, вирази для визначення оптичних характеристик ок-

ремних елементів будівлі, затінення тощо.

Для виявлення впливу джерела теплової енергії на загальну енергетичну та екологічність ефективність систем опалення, охолодження та гарячого водопостачання будівлі використана математична модель, побудована на основі «Методики визначення енергетичної ефективності будівель» [1].

Для проведення досліджень обрані такі варіанти джерела теплової енергії:

- низькотемпературний газовий котел потужністю до 120 кВт для забезпечення потреб системи опалення та гарячого водопостачання і використання фреонових систем кондиціонування для охолодження;
- конденсаційний газовий котел з температурним режимом (55/45°C) та тепловою потужністю до 120 кВт для забезпечення потреб системи опалення та гарячого водопостачання і використання фреонових систем кондиціонування для охолодження;
- реверсивна теплонасосна установка «грунт-вода» з температурним режимом (35/28°C) для системи опалення та охолодження та реверсивна теплонасосна установка з режимом (55/45°C) для системи підготовки гарячого водопостачання;
- реверсивна теплонасосна установка «повітря-повітря» для забезпечення потреб опалення та охолодження та електричні бойлери для забезпечення потреб системи гарячого водопостачання;
- твердопаливний котел на біомасі з ручним завантаженням тепловою потужністю понад 100 кВт для забезпечення потреб системи опалення та гарячого водопостачання і використання фреонових систем кондиціонування для охолодження;
- твердопаливний котел на паливних гранулах з автоматичним механізованим завантаженням тепловою потужністю понад 100 кВт для забезпечення потреб системи опалення та гарячого водопостачання і використання фреонових систем кондиціонування для охолодження;
- централізована система теплопостачання.

Як видно з результатів моделювання, найменші значення витрати первинної енергії (62 та 66 кВт·год/м<sup>2</sup>) та питомих викидів парникових газів (11,3 та 12 кг/м<sup>2</sup>) мають варіанти з котлами на біомасі. Попри низькі сезонні ККД такого твердопаливного обладнання, їх ефективність пов'язана із відносно низьким фактором використання первинної енергії для такого відновлюваного енергоресурсу як біомаса та малими значеннями коефіцієнтів викидів парникових газів під час спалювання біомаси, тому що біомаса є CO<sub>2</sub> - збалансованим видом палива. Адже кількість утвореного вуглекислого газу CO<sub>2</sub> при спалюванні біомаси прирівнюється до кількості CO<sub>2</sub>, що поглинає деревина при зростанні.

Проте такі варіанти, на нашу думку, не можуть бути використані для житлової будівлі в умовах щільної міської забудови за теперішнього рівня розвитку газочисних технологій від золи та окислів вуглецю і азоту.

Найменшу ефективність має варіант з централізованим джерелом теплопостачання.

Високі значення питомих витрат первинної енергії (164 та 152 кВт·год/м<sup>2</sup>) та питомих викидів парникових газів (31,6 та 29,2 кг/м<sup>2</sup>) мають варіанти з низькотемпературним та конденсаційним газовими котлами. Навіть використання конденсаційного газового котла для забезпечення теплових потреб, згідно отриманих результатів, не можна рекомендувати для впровадження.

Відносно низьку енергетичну та екологічну ефективність має також варіант з встановленням фреонових теплонасосних систем «повітря-повітря» та електробойлерів для підготовки гарячої води. Хоча коефіцієнт сезонної ефективності при роботі системи опалення та охолодження для такого варіанту досить високий (3,0 та 5,0), проте великі питомі витрати первинної енергії при використанні електронагріву не дозволяють вважати цей варіант близьким до оптимального. Крім того, в кліматичних умовах м. Вінниці є необхідність використовувати пікове джерело теплоти в найбільш холодний період року, коли коефіцієнт перетворення такого теплонасосного обладнання впаде до одиниці.

Отже, для забезпечення потреб опалення, гарячого водопостачання та охолодження даної будівлі пропонується використати реверсивний тепловий насос «грунт-вода» з обов'язковим розрашуванням фанкойлів в кожному опалюваному приміщенні.

## Висновки

Проаналізовано об'єкт дослідження, виявлено, що така житлова будівля потребує проведення енергетичної сертифікації для визначення її відповідності нормативам по енергоефективності будівель.

Розроблена математична модель для визначення показників енергоефективності житлової будівлі. Виявлено, що питома енергоспоживання будівлі на опалення та охолодження складає 22,6 кВт·год/м<sup>2</sup>, що відповідає класу будівлі «А».

Виявлено, що найкращі показники енергоефективності (питомі витрати первинної енергії 62 та 66 кВт·год/м<sup>2</sup>) мають варіанти з використанням твердопаливних котлів на біомасі для теплопостачання житлової будівлі. Найгірші результати – центрального теплопостачання. Також низькі показники (164 та 152 кВт·год/м<sup>2</sup>) у варіантів газового низькотемпературного і конденсаційного котла та у теплонасосної установки «повітря-повітря».

Для забезпечення потреб опалення, охолодження та гарячого водопостачання пропонується використати реверсивну теплонасосну установку «грунт-вода» та систему фанкойлів для підтримання оптимальних температур в приміщеннях, оскільки варіанти з котлами на біомасі мають суттєві проблеми із відведенням продуктів згорання в умовах щільної міської забудови

В роботі складений локальний кошторис на будівельні роботи із створення системи теплохолодопостачання житлової будівлі. Виявлено, що кошторисна вартість складає 1 727 тис. грн., чисті грошові надходження 2 743 тис. грн., чиста поточна вартість 884,3 тис. грн., термін окупності за кулятивним методом складає 3,5 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ №169 від 11.07.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/z0822-18#Text>. (дата звернення: 09.12.2023)
2. Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель, затвержені Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 27 жовтня 2020 року № 260. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text> (дата звернення: 09.12.2023)
3. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячого водопостачання. ДП УкрНДНЦ, 2022.
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. К.: Мінрегіонбуд України, 2012 р. Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2022/06/dbn-v.2.6-31.pdf> (дата звернення: 09.12.2023).
5. Степанов Д. В. , Скородзієвська Л.В., Іщенко М. В. Вибір джерела для системи теплопостачання житлового будинку./. Доповідь на МНТК «Інноваційні технології в будівництві - 2022», Вінниця, 2022. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2022/paper/viewFile/16694/13858> (дата звернення:09.12.2023)
6. Степанов Д. В., Іщенко М. В., Мартиненко В. В. Показники ефективності джерела теплоти для житлового будинку // Доповідь на Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17729/14725> (дата звернення: 09.12.2023)

**Іщенко Максим Володимирович**, студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет  
**Степанов Дмитро Вікторович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)

**Ischenko Maxim**, student on Department of thermal power engineering, Vinnytsia National Technical University  
**Stepanov Dmitro**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [Stepanovdv@ukr.net](mailto:Stepanovdv@ukr.net)