

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 620.9

DOI 10.31649/2311-1429-2023-1-134-139

Д. В. Степанов
Н. Д. Степанова
С. М. Оникієнко
В. В. Мартиненко

ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

Вінницький національний технічний університет

Наведено актуальність приділення уваги енергоефективності будівель, що дозволить зменшити споживання викопних палив та електроенергії та скоротити шкідливі викиди в навколишнє середовище. Проаналізовано показники енергоефективності громадської будівлі, а саме термічні опори огорожувальних конструкцій, питому енергопотребу на опалення, охолодження та гаряче водопостачання, питоме енергоспоживання будівлі на опалення та охолодження, питомі витрати первинної енергії та питомі викиди парникових газів.

Оцінено вплив посилення нормативного термічного опору зовнішньої стіни будівлі на необхідну товщину утеплювача. Вказано, що за умов великого коефіцієнту скління фасаду і дотримання нормативних термічних опорів огорожень будівля не відповідає вимогам щодо питомої енергопотреби на опалення, охолодження та гаряче водопостачання.

Досліджено вплив джерела теплоти для опалення будівлі на її питоме енергоспоживання, клас енергоефективності, питомі витрати первинної енергії та питомі викиди парникових газів. Розглянуті варіанти використання газового котла, конденсаційного газового котла, електронагрівників, котла на гранулах з біомаси та підключення до централізованої системи теплопостачання. Обґрунтовано ефективність впровадження реверсивного теплонасосного обладнання для теплохолодопостачання будівель.

Ключові слова: енергоефективність, енергоспоживання, енергопотреба, термічний опір, витрати первинної енергії, викиди парникових газів

Вступ. Постановка задачі

У житлово-комунальному комплексі залишається низькою ефективність використання енергії на потреби опалення та охолодження будівель. Близько 40 % загального споживання енергоресурсів в Україні відбувається в будівлях. Це обумовлено тим, що значна частина існуючих в Україні будівель характеризується високими втратами теплоти через огороження, неефективними системами розподілу теплоти в будівлі, наявністю зношених теплових та електричних мереж, втрати енергії в яких сягають 45-50 %.

Важливим завданням є оцінка енергетичних характеристик будівель, формування системи порівняння будівель за рівнями ефективного використання енергії, підвищення вимог до характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем в будівлях, розробка засобів стимулювання та заохочення власників будівель до підвищення рівня енергоефективності [1, 2]. Трактуючи норми Закону «Про енергоефективність будівель», розуміємо, що енергоаудит проводиться з метою систематизованої оцінки ефективності споживання енергетичних ресурсів і розроблення економічно обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення рівня енергоефективності будівель різного призначення [3, 4].

Особливим видом енергоаудиту є енергетична сертифікація будівель, яка крім визначення енергетичної ефективності будівлі включає оцінювання відповідності показників енергоефективності встановленим мінімальним вимогам. Кожна проектувана або термомодернізована будівля повинна відповідати одночасну ряду критеріїв, а саме: за термічним опором огорожувальних конструкцій та за енергопотребою – вимогам ДБН [5, 6]; за питомим енергоспоживанням будівлі – «Мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель» [7].

Для проведення енергетичної сертифікації будівель використовують «Методику визначення енергоефективності будівель» [8], основні технічні моменти якої уточнені в ДСТУ 9190:2022 [9]. Клас енергоефективності будівлі визначається за величиною питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні будівлі згідно [8].

Споживання електричної енергії, викопного палива або теплоти з централізованої системи теплопостачання пов'язане із вичерпанням природних ресурсів, значним навантаженням на навколишнє середовище при спалюванні палива, суттєвими фінансовими витратами. Тому одним з перспективних напрямків підвищення енергоефективності будівель є впровадження високоєфективного теплогенерувального та холодильного обладнання.

Мета роботи – оцінка впливу джерела теплоти та холоду на показники енергоефективності громадської будівлі.

Результати досліджень

Оцінювання показників енергетичної ефективності виконано для двоповерхової громадської цегляної будівлі з суміщеним покриттям з залізобетонних плит, яка розташована у м. Вінниця і має загальну площу 181,8 м², при цьому загальна площа стін 198 м², а площа світлопрозорих огорожень 75,1 м². Таким чином, коефіцієнт скління фасадів 0,272.

Одним з нормативно регульованих показників енергоефективності будівлі є приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, який для термічно неоднорідної непрозорої конструкції визначається за [10]

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i (A_i / R_{\Sigma i}) + \sum_m (\ell_m \cdot \psi_m) + \sum_j (N_j \cdot \chi_j)}, \quad (1)$$

де A – площа огорожувальної конструкції, м²;

R – опір теплопередачі частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

ℓ , ψ – лінійний розмір та лінійний коефіцієнт теплопередачі лінійного теплопровідного включення, м та Вт/(м·К);

N , χ – кількість та точковий коефіцієнт теплопередачі точкового теплопровідного включення, шт. та Вт/К.

Виконано розрахунок товщини мінераловатної теплоізоляції стіни за [8] згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2016 [5] та ДБН В.2.6-31:2021 [6]. Різниця між розрахунковими значеннями такої товщини теплоізоляції склала 60 мм.

Ще одним показником енергоефективності будівлі, який нормується, є питома енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання E_P . Цей показник суттєво залежить від термічних опорів огорожувальних конструкцій, коефіцієнта скління фасадів, рівня споживання гарячої води і визначається [6]

$$E_P = \frac{Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}}{V}, \quad (2)$$

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}, \quad (3)$$

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}, \quad (4)$$

$$Q_{DHW,nd} = q_{DHW} \cdot A_f, \quad (5)$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$, $Q_{DHW,nd}$ – енергопотреба для опалення, охолодження та гарячого водопостачання, Вт·год;

$Q_{H,ht}$, $Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення та охолодження, Вт·год;

$Q_{H,gn}$, $Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення та охолодження, Вт·год;

$\eta_{H,gn}$, $\eta_{C,ls}$ – безрозмірні коефіцієнти використання надходжень та втрат;

q_{DHW} – питома річна енергопотреба для гарячого водопостачання будівлі, кВт·год/м²;

A_f – кондиціонована площа будівлі, м².

Якщо опори теплопередачі огорожень відповідають [5], то розрахункова питома енергопотреба будівлі на опалення, охолодження та гаряче водопостачання складає 42,8 кВт·год/м³, що на 5,7 % перевищує нормативне значення. Але, якщо термічні опори огорожень відповідають вимогам [6], то питома енергопотреба будівлі менше нормативного значення, наведеного в [5] (див. рис. 1).

Питома енергоспоживання на опалення та охолодження визначається за [9]

$$Q_{H,use} = Q_{H,nd} + \sum Q_{H,ls} + \sum k \cdot W_{H,aux}, \quad (6)$$

$$Q_{C,use} = Q_{C,nd} + \Sigma Q_{C,ls} + \Sigma k \cdot W_{C,aux} , \quad (7)$$

де $\Sigma Q_{H,ls}$, $\Sigma Q_{C,ls}$ – регулярні неутилізовані втрати теплоти в підсистемах тепловиділення, розподілу та генерації енергії, Вт·год;

k – коефіцієнт для розрахунку утилізації додаткової енергії;

$W_{H,aux}$, $W_{C,aux}$ – додаткова енергія, що витрачається в процесі функціонування підсистем тепловиділення, розподілу та генерації теплоти, Вт·год.

Енергоспоживання будівлі на опалення та охолодження визначено згідно Методики [8] для двох варіантів термічних опорів огорожувальних конструкцій. За основу взято варіант теплохолодопостачання від реверсивних теплонасосних установок «повітря - повітря».

Як видно з рис. 1 використання теплонасосних технологій для забезпечення теплотою будівлі призводить до суттєвого зменшення енергоспоживання будівлі в порівнянні із нормативним значенням наведеним в [7].

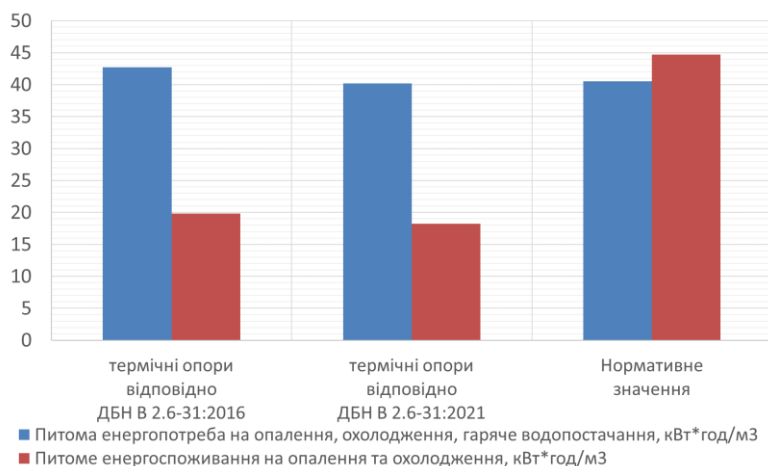


Рисунок 1 – Співставлення показників енергоефективності будівлі, розрахованих для умов забезпечення вимог ДБН до опору огорожувальних конструкцій

Вибір джерела теплоти для забезпечення будівлі суттєво впливає на її показники енергоефективності. Нами проведено порівняння питомого енергоспоживання, питомої витрати первинної енергії та питомих викидів парникових газів для даної будівлі за умов використання таких джерел теплоти (рис. 2):

- тепловий насос «повітря-повітря» з сезонним коефіцієнтом ефективності генерування теплоти 3,0;
- газовий котел з коефіцієнтом ефективності 0,78;
- конденсаційний газовий котел з коефіцієнтом ефективності 0,95;
- електронагрівники з коефіцієнтом ефективності 0,99;
- котел на гранулах з біомаси з коефіцієнтом ефективності 0,72;
- система централізованого тепlopостачання з центральним якісним погодозалежним регулюванням та обмеженням витрати при цьому коефіцієнт ефективності 0,93.

Як видно з рис. 2, всі варіанти джерел теплоти забезпечують клас енергоефективності будівлі не нижче «С», але електронагрівники мають найвищі значення питомого споживання первинної енергії та викидів парникових газів. А котел на біомасі – найменші питомі викиди парникових газів (10,9 кг/м³).

Варіанти використання природного газу відрізняються незначно, але встановлення конденсаційного газового котла дозволяє досягти рівня «В» енергоефективності будівлі.

На наш погляд, використання конденсаційного котла для покриття потреб опалення цілком перспективний варіант, особливо під час осіннього та весняного періодів. Сезонний показник ефективності такого котельного обладнання має бути значно вище, ніж для низькотемпературного газового котла, особливо за можливості суттєвого зниження температурного графіка системи опалення.

Підключена до системи централізованого опалення будівля характеризується середніми показниками енергоспоживання, витрати первинної енергії та викидів парникових газів.

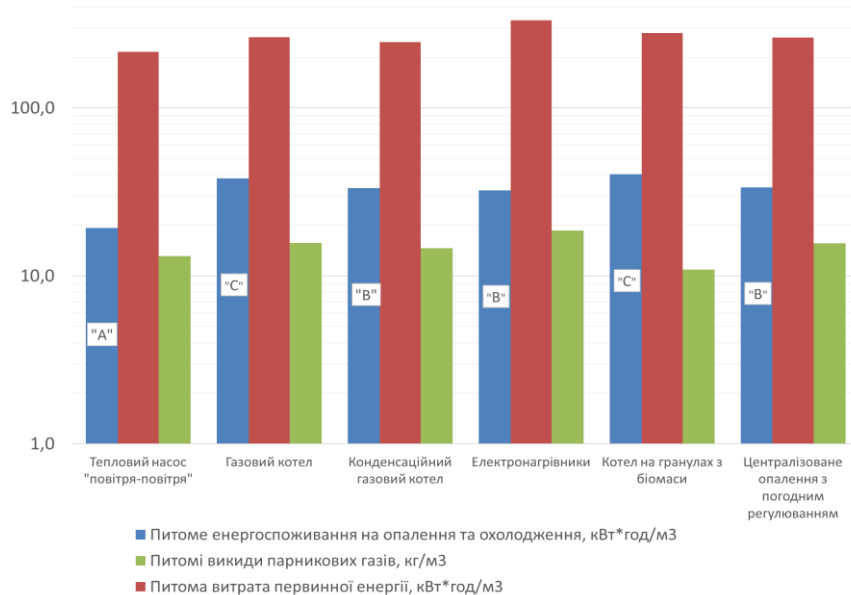


Рисунок 2 – Показники енергетичної та екологічної ефективності різних джерел теплоти для опалення будівлі

Застосування теплонасосних технологій для тепло- і холодопостачання дозволяє отримати найменші значення питомого енергоспоживання будівлі ($19,3 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$), завдяки чому досягається клас «А» енергоефективності, та найменші витрати первинної енергії ($215,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$).

Крім того, перевагами теплонасосного обладнання «повітря - повітря» є: можливість його використання в теплий період року для охолодження приміщень, що дозволяє значно зменшити інвестиції в теплохолодопостачання будівлі; відсутність шкідливих викидів в місці встановлення; використання відновлюваної енергії атмосферного повітря.

Висновки

Енергоспоживання будівель займають одне з основних місць у загальній структурі енергоспоживання країни. Підвищення енергоефективності будівель може дозволити значно скоротити використання викопних палив та електроенергії, а також техногенне навантаження на навколишнє середовище від теплоенергетичних систем.

Для громадської будівлі виконано оцінку показників енергоефективності, а саме: проаналізовано вплив посилення вимог до термічного опору огорожувальних конструкцій на енергопотребу та енергоспоживання будівлі; досліджено вплив вибору джерела теплової енергії на питомі енергоспоживання, витрати первинної енергії та викиди парникових газів.

Виявлено, що для громадської будівлі з коефіцієнтом скління фасадів 0,272, забезпечення вимог до опору огорожувальних конструкцій будівлі [6] не дозволяє забезпечити мінімальні вимоги щодо питомої енергопотребі на опалення, охолодження та гаряче водопостачання.

Досліджено вплив різних джерел теплоти для системи опалення на основні показники енергоефективності будівлі. До розгляду прийнято 6 варіантів джерел теплоти, а саме: газовий котел, конденсаційний газовий котел, тепловий насос «повітря-повітря», електронагрівники, котел на гранулах з біомаси та централізоване опалення.

Електронагрівники мають найгірші показники по питомій витраті первинної енергії та по питомих викидах парникових газів, а котел на гранулах з біомаси – найкращий показник з викидів парникових газів.

Застосування теплонасосного обладнання «повітря - повітря» для опалення будівлі забезпечує найнижче питоме енергоспоживання, що відповідає класу енергоефективності «А», та найнижчі питомі витрати первинної енергії. Крім того, цей варіант має ряд переваг: можливість його використання в теплий період року для охолодження приміщень, що дозволяє значно зменшити інвестиції в теплохолодопостачання будівлі; відсутність шкідливих викидів в місці встановлення; використання відновлюваної енергії атмосферного повітря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Підвищення конкурентоспроможності в Україні шляхом створення сталого законодавчого підґрунтя для роботи енергосервісних компаній. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/countries/Enhancing-Competitiveness-in-Ukraine-through-Sustainable-Framework-for-Energy-Service-Companies-2019-UKR.pdf> (дата звернення 25.05.2023).
2. Біла книга щодо трансформації централізованого теплопостачання в Україні: оцінка та рекомендації URL: https://energysecurityua.org/wp-content/uploads/2021/04/050G-DH_White-Paper_for_DEC-2021-02-02-UKR.pdf (дата звернення 25.05.2023).
3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель». Відомості Верховної Ради. – Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2017. 359 с.
4. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. Київ. Мінрегіон України, 2016. 47 с.
5. ДБН В.2.6-31:2016 - Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ. Міністерство розвитку громад та територій України, 2017. 31 с.
6. ДБН В.2.6-31:2021 - Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ. Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 23 с.
7. Наказ Мінрегіону України № 260 від 27.10.2010 Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text> (дата звернення 25.05.2023)
8. Наказ Мінрегіону України №169 від 11.07.2018 Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text> (дата звернення 25.05.2023)
9. ДСТУ 9190 : 2022 – Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання. ДП «УкрНДНЦ», 2022. 152 с.
10. ДСТУ 9191 : 2022 – Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. ДП «УкрНДНЦ», 2023. 60 с.

REFERENCES

1. Pidvyshchennya konkurentospromozhnosti v Ukrayini shlyakhom stvorenniya staloho zakonodavchoho pidgruntya dlya roboty enerhoservisnykh kompaniy. URL: <https://www.oecd.org/eurasia/countries/Enhancing-Competitiveness-in-Ukraine-through-Sustainable-Framework-for-Energy-Service-Companies-2019-UKR.pdf> (data zvernennya 25.05.2023).
2. Bila knyha shchodo transformatsiyi tsentralizovanoho teplopstachannya v Ukrayini: otsinka ta rekomendatsiyi URL: https://energysecurityua.org/wp-content/uploads/2021/04/050G-DH_White-Paper_for_DEC-2021-02-02-UKR.pdf (data zvernennya 25.05.2023).
3. Zakon Ukrayiny «Pro enerhetychnu efektyvnist' budivnytstva». Vidomosti Verkhovnoyi Rady. – Ofits. vyd. Kyiv : Parlam. vyd-vo, 2017. 359 s.
4. DSTU B V.2.2-39:2016 Metody ta etapy provedennya enerhetychnoho audytu budivel'. Kyiv. Minrehion Ukrayiny, 2016. 47 s.
5. DBN V.2.6-31:2016 - Teplova izolyatsiya ta enerhoefektyvnist' budivel'. Kyiv. Ministerstvo rozvytku hromad ta terytoriy Ukrayiny, 2017. 31 s.
6. DBN V.2.6-31:2021 - Teplova izolyatsiya ta enerhoefektyvnist' budivel'. Kyiv. Ministerstvo rozvytku hromad ta terytoriy Ukrayiny, 2022. 23 s.
7. Nakaz Minrehionu Ukrayiny № 260 vid 27.10.2010 Pro zatverdzhennya Minimal'nykh vymoh do enerhetychnoyi efektyvnosti budivel'. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20#Text> (data zvernennya 25.05.2023)
8. Nakaz Minrehionu Ukrayiny №169 vid 11.07.2018 Pro zatverdzhennya Metodyky vyznachennya enerhetychnoyi efektyvnosti bud. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18#Text> (data zvernennya 25.05.2023)
9. DSTU 9190 : 2022 – Enerhetychna efektyvnist' budivel'. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannya pid chas opalennya, okholodzhennya, ventylyatsiyi, osviltennya ta haryachoho vodopostachannya. DP «UkrNDNTS», 2022. 152 s.
10. DSTU 9191 : 2022 – Teploizolyatsiya budivel'. Metod vyboru teploizolyatsiynoho materialu dlya uteplennya budivel'. DP «UkrNDNTS», 2023. 60 s.

Степанов Дмитро Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Stepanovdv@ukr.net

Степанова Наталія Дмитрівна — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, : Stepanovand@ukr.net

Оникісіко Сергій Миколайович - студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет
Мартиненко Віталій Вікторович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

D. Stepanov
N. Stepanova
S. Onykiienko
V. Martynenko

INDICATORS OF ENERGY EFFICIENCY OF PUBLIC BUILDING

Vinnytsia National Technical University

The relevance of paying attention to the energy efficiency of buildings, which will reduce the consumption of fossil fuels and electricity and reduce harmful emissions into the environment, is shown. The energy efficiency indicators of the public building were analyzed, namely the thermal resistance of the enclosing structures, the specific energy demand for heating, cooling and hot water supply, the specific energy consumption of the building for heating and cooling, the specific consumption of primary energy and the specific emissions of greenhouse gases.

The effect of increasing the normative thermal resistance of the outer wall of the building on the required thickness of the insulation was evaluated. It is indicated that under the conditions of a large facade glazing ratio and compliance with the regulatory thermal resistance of the fences, the building does not meet the requirements for specific energy consumption for heating, cooling and hot water supply.

The influence of the heat source for heating the building on its specific energy consumption, energy efficiency class, specific consumption of primary energy and specific emissions of greenhouse gases was studied. Considered options for using a gas boiler, a condensing gas boiler, electric heaters, a biomass pellet boiler and connection to a centralized heat supply system. The effectiveness of the implementation of reversible heat pump equipment for heating and cooling of buildings is substantiated

Keywords: energy efficiency, energy consumption, energy demand, thermal resistance, primary energy consumption, greenhouse gas emissions

Stepanov Dmitry, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Stepanovdv@ukr.net

Stepanova Natalia – candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Stepanovand@ukr.net

Martynenko Vitaly, student of Department of heat power engineering, Vinnytsia national technical University

Onykiienko Sergii, student of Department of heat power engineering, Vinnytsia national technical University