

УДК 699.86

аспірант, **Леонід Косенко**

e-mail: kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8841-8318,

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

доцентка, **Олена Коваль**,

e-mail: koval.olena@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

доцент **Євгеній Юрченко**,

e-mail: yel@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

студент, **Артем Коваль**,

e-mail: 22230-eeb.koval@365.pdaba.edu.ua

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

АНАЛІЗ ЄВРОПЕЙСЬКИХ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО БУДІВЕЛЬ З БЛИЗЬКИМ ДО НУЛЬОВОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

***Анотація.** Зараз у світі вживаються зусилля для пом'якшення впливу діяльності людини на зміну клімату. Будівельний сектор є одним із найбільших джерел викидів. Щоб зменшити викиди, будівлі мають бути енергоефективними та використовувати значну кількість відновлюваної енергії. Будівлі з близьким до нульового енергоспоживання (NZEB) є важливою частиною переходу до майбутнього з меншим викидом вуглецю. Ефективне споживання енергії в будівлях є одним із найдоступніших способів зменшити темп зміни клімату та проблеми, пов'язані зі здоров'ям. Метою дослідження є аналіз нормативних вимог країн Європи до NZEB та порівняння їх з чинними нормами в Україні з визначенням вартості енергоефективних конструктивних рішень з чинними нормативними значеннями. На основі проведених розрахунків та досліджень отримано такі науково-практичні результати: аналіз норм у країнах Європи до NZEB та порівняння їх з чинними нормами в Україні; розрахункові проєктні характеристики NZEB в Україні; потреби в утепленні огорожувальних конструкцій стін, даху, перекриття підвалу за чинними нормами в Україні та запропонованими NZEB-нормами; економічна доцільність заходів щодо утеплення запропонованих нормативних варіантів NZEB. У результаті отримано науково-практичні результати підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій. Виявлено, що за показниками огорожувальних конструкцій українські норми не відстають від*

інших європейських країн, хоча потребують подальшого вдосконалення та додаткових змін. Результати економічного розрахунку збільшення товщини утеплювача показують, що норми NZEB мають більш економічний та теплоізоляційний потенціал у довгостроковій перспективі порівняно з чинними нормами в Україні. Отримані результати досліджень можна використовувати як приклад при проектуванні або реконструкції будівель для підвищення рівня енергоефективності.

***Ключові слова:** Будівлі з майже нульовим енергоспоживанням; NZEB; енергоефективне рішення; відновлюване джерело енергії; термомодернізація; енергоефективність.*

Вступ. Зараз у світі вживаються зусилля для пом'якшення впливу діяльності людини на зміну клімату. Будівельний сектор є одним із найбільших джерел викидів. Щоб зменшити викиди, будівлі мають бути енергоефективними та використовувати значну кількість відновлюваної енергії.

Будівлі з майже нульовим енергоспоживанням (Near to Zero Energy Building (NZEB)) є важливою частиною забезпечення майбутнього з меншим викидом вуглецю. Будівництво відповідальне за близько 40 % світового споживання енергії та приблизно одну третину глобальних викидів парникових газів. Ефективне споживання енергії в будівлях є одним із найдоступніших способів зменшити негативний вплив зміни клімату та проблеми, пов'язані зі здоров'ям [3].

Мета роботи. Метою дослідження є аналіз нормативних вимог країн Європи до NZEB будівель та порівняння їх з чинними нормами в Україні, а також визначення вартості енергоефективних конструктивних рішень NZEB будівель.

Завдання дослідження. Згідно з поставленою метою були сформовані основні задачі дослідження, а саме:

- провести аналіз норм у країнах Європи до NZEB будівель та порівняти їх з чинними нормами в Україні;
- запропонувати розрахункові U-значення Вт/м²·К для огороджувальної оболонки до NZEB будівель в Україні;
- розрахувати потреби в утепленні огороджувальних конструкцій стін, даху, перекриття підвалу за чинними нормами в Україні та запропонованими NZEB нормами;
- розрахувати економічну доцільність заходів з утеплення запропонованих нормативних варіантів.

Аналіз норм NZEB країн Європи. Більшість стандартів і норм, що чинні в Україні, потребують подальшого розроблення та додаткових змін для повної гармонізації з європейськими директивами, стандартами та нормами у цій сфері.

NZEB повинні бути спроектовані та побудовані з обов'язковим використанням не менше 50 % енергії, виробленої з відновлювальних джерел, для задоволення її власних потреб. Закон визначає NZEB в Україні як будівлі з рівнем енергоефективності EE, що перевищує встановлені мінімальні вимоги, у яких енергія, вироблена із значною часткою відновлюваних джерел енергії, використовується для створення належних умов проживання [3-5].

Результати аналізу вимог до коефіцієнта теплопередачі U , Вт/(м²·К), у NZEB у різних країнах Європи та порівняння їх з чинними нормами в Україні та рекомендованими значеннями для огорожувальних конструкцій NZEB будівель для України показано на рисунку 1 [1-5].

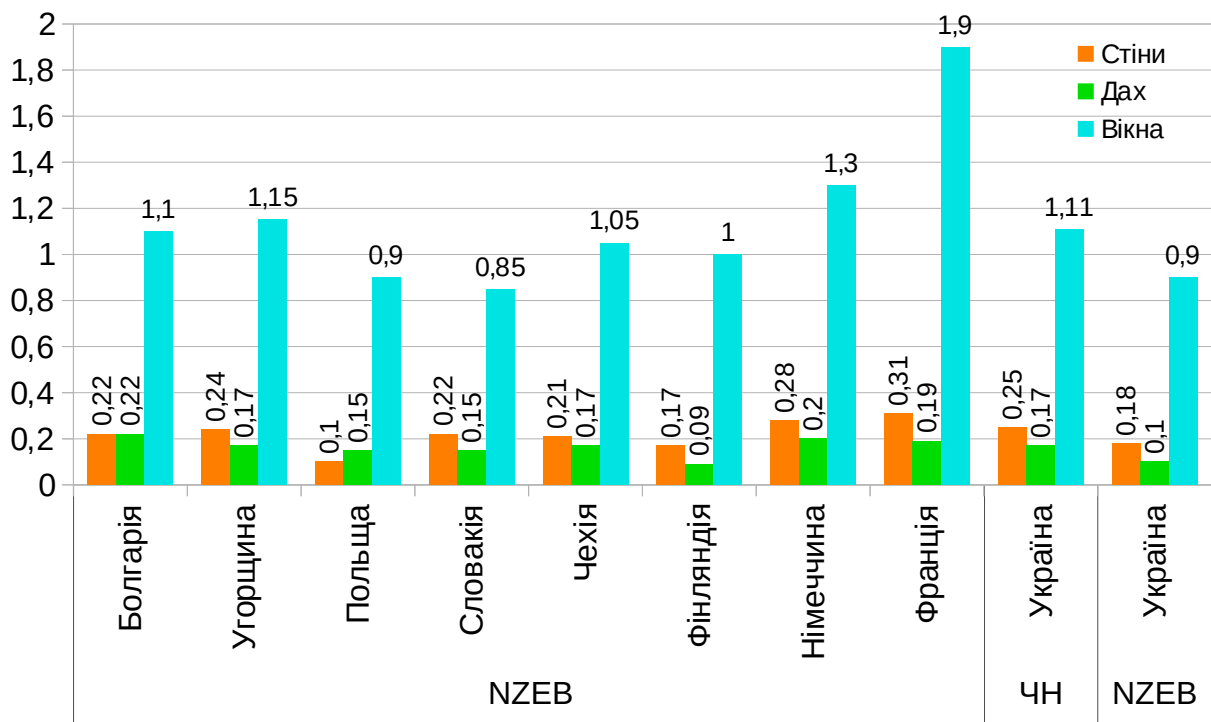


Рис. 1 Коефіцієнт теплопередачі U , огорожувальних конструкцій за вимогами NZEB і чинними нормами (ЧН) України

Порівняння чинних норм ДБН В.2.6-31:2021 [2] та рекомендованих значень NZEB [3-5] для непрозорих та світлопрозорих частин огорожувальних конструкцій показано (рис. 2)

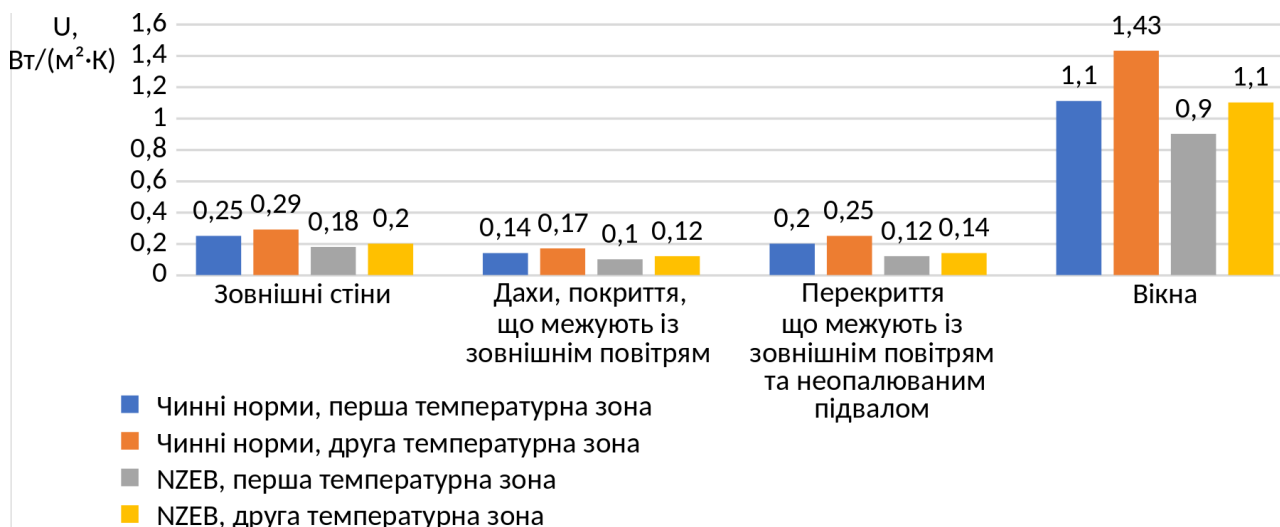


Рис. 2. Порівняння чинних норм ДБН та рекомендованих значень NZEB коефіцієнта теплопровідності U для непрозорих та світлопрозорих частини огорожувальних конструкцій

Для отримання результатів потреби в утепленні огорожувальних конструкцій стін, даху, перекриття підвалу за чинними нормами в Україні та рекомендованими NZEB нормами було обрано типовий фрагмент конструкції для утеплення фасадною теплоізоляцією з індустріальним опорядженням в межах фасаду «А-Б» (рис. 3). Розрахунок необхідної товщини утеплювача проводився за ДСТУ 9191:2022 [1] для досягнення нормативних значень вказаних в таблиці 1 ДБН В.2.6-31:2021 [2]. По вертикалі фрагмент обмежений з обох боків міжквартирною стіною будівлі, по горизонталі – плитами міжповерхового перекриття. У даному фрагменті п'ять віконних прорізів 1,02 x 1,35 м. та п'ять віконних прорізів 1,02 x 1,80 м. Розмір фрагменту 14,0x12,56 м. Загальна площа непрозорої частини фрагмента фасаду дорівнює 156,8 м².

Для розрахунку прикладу утеплення було взято два види популярних типових будівель в Україні, а саме:

- перший варіант – будівля побудована із силікатної цегли завтовшки 510мм;
- другий варіант панельні будинки з керамзитобетонних панелей завтовшки 300мм.

Теплоізоляційний шар передбачається влаштовувати з мінераловатних плит густиною 150 кг/м³. Мінераловатні плити кріпляться до носійної стіни за допомогою пластикових дюбелів з металевим стрижнем.

Кількість дюбелів прийнято 5 шт. на 1 м². З внутрішньої сторони зовнішніх стін влаштовується вапняно-піщана штукатурка завтовшки 20 мм.

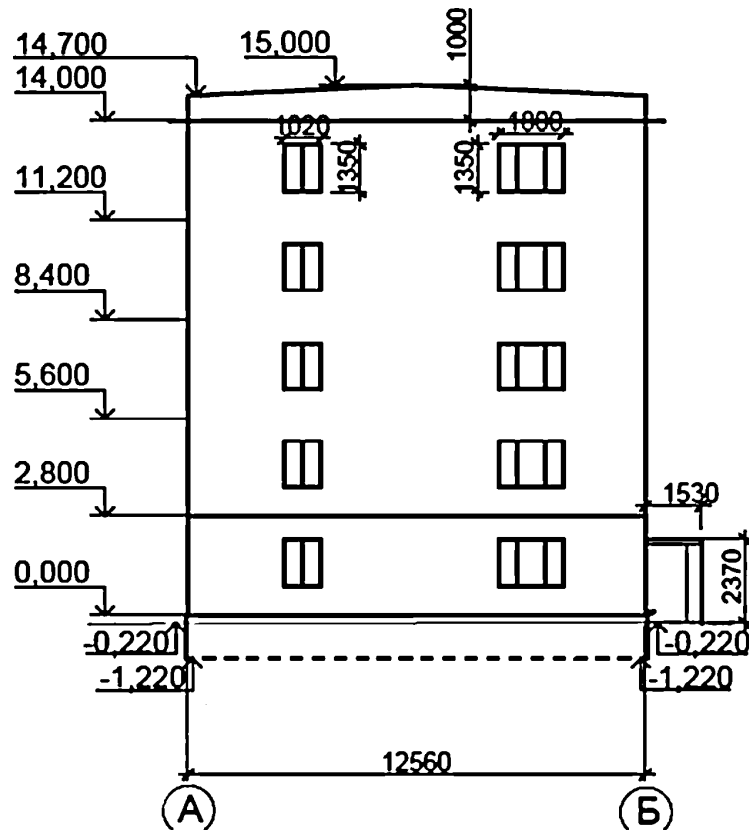


Рис. 3 Фрагмент конструкції для утеплення фасадною теплоізоляцією

Отримано результати розрахунку для кожної зони окремо при різних типах конструкцій та нормативних значень (табл. 1).

Таблиця 1. Результати розрахунку необхідної товщини утеплювача для досягнення нормативних значень.

Типи огорожувальних конструкцій	Панельний будинок				Будинок з силікатної цегли			
	ДСТУ		NZEB		ДСТУ		NZEB	
	Зона 1 $U=0,25$	Зона 2 $U=0,29$	Зона 1 $U=0,18$	Зона 2 $U=0,2$	Зона 1 $U=0,25$	Зона 2 $U=0,29$	Зона 1 $U=0,18$	Зона 2 $U=0,2$
	Необхідна товщина утеплювача для досягнення нормативних значень, м							
Зовнішні стіни	0,16	0,14	0,24	0,21	0,16	0,14	0,24	0,21
Покриття даху	0,33	0,28	0,48	0,40	0,33	0,28	0,48	0,40
Перекрыття підвалу	0,23	0,18	0,39	0,34	0,23	0,18	0,40	0,34

Аналіз строку окупності заходів з утеплення фасаду. Щоб порівняти різницю вартості заходів з утеплення за чинними нормами та NZEB розраховано строк окупності заходів щодо утеплення фасаду. Приклад

розрахунку виконано для умов міста Дніпра. Енергоспоживання конструкцій з різною товщиною утеплювача розраховано за формулою:

$$E = \Delta U \cdot (t_e - t_z) \cdot K_{он} \cdot 24, \text{ Вт} \cdot \text{год} / (\text{м}^2 \cdot \text{рік}), \quad (1)$$

де ΔU – різниця коефіцієнта теплопровідності огорожувальної конструкції без і з утеплювачем; t_e – нормативна температура приміщення 20 °С; t_z – нормативна температура зовнішнього повітря – 0,2 °С; $K_{он}$ – тривалість опалювального періоду, за нормами становить 176 діб.

Вартість утеплення фасаду відповідає табл. 2, вартість 1 Гкал

- 1742 грн для побутових споживачів;
- 6877 грн для інших споживачів.

Таблиця 2. Період окупності заходів з утеплення фасаду теплоізоляцією

Найменування	ДБН		NZEB	
	Зона 1 (U=0,25)	Зона 2 (U=0,29)	Зона 1 (U=0,18)	Зона 2 (U=0,2)
Товщина утеплювача, (м)	0,16	0,14	0,24	0,21
Термін окупності для побутових споживачів, (років)	15,3	15,1	17,1	16,4
Термін окупності для інших споживачів, (років)	3,9	3,8	4,3	4,1
Вартість утеплення, грн/м ²	2050	1950	2450	2300

Таким чином, заходи щодо утеплення фасадів (табл. 2.) для побутових споживачів окуповуються за 15...17 років. Але якщо виконувати утеплення, то виконання нормативу NZEB подовжує строк окупності лише на 1,3...1,8 років для побутових споживачів і 0,3...0,4 для інших і тому є доцільним.

Висновки. За коефіцієнтом теплопередачі огорожувальних конструкцій українські норми не відстають від інших європейських країн, хоча вони потребують подальшого удосконалення. За результатами розрахунків за чинними нормами України та нормами NZEB товщина утеплювача для дотримання останніх збільшується на 33%. Це дає суттєвий теплоізоляційний потенціал для збереження теплоти. Різниця строків окупності теплоізоляції становить 1,3...1,8 років для побутових споживачів та до 0,5 років для інших споживачів. Отже, збільшення товщини утеплювача є економічно вигідним заходом для досягнення норм NZEB.

References

1. Teploizoliatsiia budivel. Metod vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia uteplennia budivel. DSTU 9191:2022. UkrNDNTS, 2023 (in Ukrainian)
2. Teplova izoliatsiia ta enerhoefektyvnist budivel. DBN V.2.6-31:2021. Ukrarkhbudinform, 2022 (in Ukrainian)
3. Rehman H., Heimonen I., Vainio T., Ramesh R., Wallin A. Technical recommendations of the new built Nearly Zero Energy Building (NZEB) in Ukraine. Dissemination seminar. https://www.vttresearch.com/sites/default/files/2022-12/NZEB_Final_Workshop_VT_T_Presentation.pdf Access date: 16 October 2023
4. Bordier R., Rezaï N., Gachon C. EPBD implementation in France Status in December 2016. <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-France-2018.pdf> Access date: 16 October 2023
5. Horward A.-C., Rosenberger J. Implementation of the EPBD Germany Status in 2020. <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2022/10/Implementation-of-the-EPBD-in-Germany-2020.pdf> Access date: 16 October 2023.
6. Building Climatology. DSTU-N B V.1.1-27:2010. Ukrarkhbudinform, 2011 (in Ukrainian)

UDC 699.86

Postgraduate **Leonid Kosenko**,

e-mail: kosenko.leonid@365.pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-8841-8318,

Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

Associate Professor **Olena Koval**,

e-mail: koval.olen@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-7805-6811 Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

State Academy of Civil Engineering and Architecture

Associate Professor **Evhenii Yurchenko**,

e-mail: yel@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9356-3261

Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

Student, **Artem Koval**.

e-mail: 22230-eeb.koval@365.pdaba.edu.ua

Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture

ANALYSIS OF EUROPEAN REGULATORY REQUIREMENTS FOR NEAR TO ZERO ENERGY CONSUMPTION BUILDINGS AND THE POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION IN UKRAINE

Abstract. Efforts are currently being made around the world to mitigate the impact of human activity on climate change. The construction sector is one of the largest sources of emissions. To reduce emissions, buildings must be energy efficient

and use a significant amount of renewable energy. NZEB buildings are an important part of our transition to a lower carbon future. Efficient energy consumption in buildings is one of the most affordable ways to reduce the negative impacts of climate change and health-related problems. The purpose of the study is to analyze the regulatory requirements of European countries for NZEB buildings and compare them with the current norms in Ukraine. Determining the cost of energy-efficient structural solutions with current regulatory values. Based on the calculations and research, the following scientific and practical results were obtained. Analysis of norms in European countries for NZEB buildings and compare them with current norms in Ukraine. The calculated design values for NZEB buildings in Ukraine were considered. The needs for insulation of the wall, roof, and basement floor coverings were calculated according to the current norms in Ukraine and the norms proposed by the NZEB. The economic feasibility of measures to insulate the proposed normative options of NZEB was calculated. As a result of obtaining scientific and practical results of increasing the energy efficiency of enclosing structures, it shows that in terms of indicators of enclosing structures, Ukrainian standards are not lagging behind European countries, although they require further improvement and additional changes. The results of the economic calculation of the increase in the thickness of the insulation show that the NZEB standards have a more economic and thermal insulation potential in the long term compared to the current standards in Ukraine. The obtained research results can be used, as an example, in the design or reconstruction of buildings to increase the level of energy efficiency.

Keywords: *nearly zero energy building; NZEB; energy-efficient solutions; renewable energy sources; thermal modernization; energy efficiency.*