

І.І. Назаренко², І.І. Перегінець¹, Г.О. Хіоні²
Науково-технічний центр Академії будівництва України, м. Київ, Україна¹
Академія будівництва України, м. Київ, Україна²

УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬ З ПОЗИТИВНИМ ЕНЕРГОБАЛАНСОМ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ БУДІВНИЦТВА

© І.І. Назаренко, І.І. Перегінець, Г.О. Хіоні, 2026

Анотація: У тезах досліджуються сучасні підходи до управління вартістю життєвого циклу енергоефективних будівель з позитивним енергобалансом в умовах цифрової трансформації будівельної галузі. Розглянуто застосування BIM-технологій, Smart Grid, відновлюваних джерел енергії та концепції «Energy+» при проектуванні та експлуатації житлових будинків. Обґрунтовано доцільність використання методів Life Cycle Costing для оцінки економічної ефективності енергоефективних будівель.

Ключові слова. Життєвий цикл будівлі, Energy+, BIM, Smart Grid, енергоефективність, позитивний енергобаланс, цифровізація будівництва.

Вступ.

Сучасний етап розвитку будівельного сектору характеризується необхідністю декарбонізації економіки, підвищення енергоефективності та інтеграції цифрових технологій у процеси проектування, будівництва й експлуатації об'єктів нерухомості. Відповідно до Директиви ЄС 2024/1275 одним із ключових напрямків розвитку є створення будівель з нульовими або мінімальними викидами парникових газів [1].

Будинки з позитивним енергобалансом формують новий тип житлових активів, які одночасно забезпечують комфортне проживання, енергетичну автономність та можливість генерації додаткового доходу за рахунок виробництва електроенергії. У сучасних умовах цифрової економіки та розвитку Smart Grid такі об'єкти стають частиною інтегрованої енергетичної інфраструктури.

Аналіз літературних джерел.

У сучасних дослідженнях та нормативних документах України та Європи щодо енергоефективних будівель, значна увага приділяється питанням декарбонізації, цифровізації та оцінки життєвого циклу будівель [2–4].

Автори досліджень сучасного домобудування відзначають, що використання BIM-технологій дозволяє підвищити ефективність проектування, контролю будівництва та подальшої експлуатації будівель протягом життєвого циклу.

Дослідження показують, що розвиток будівель з нульовим або позитивним енергобалансом є одним із ключових напрямків зниження глобального енергоспоживання та викидів CO₂ [3-5]. Водночас питання економічної ефективності життєвого циклу таких будівель та інтеграції їх у цифрові енергетичні системи залишаються недостатньо дослідженими.

Виклад основного матеріалу.

Концепція будинків «Energy+» передбачає застосування високоефективної теплоізоляційної оболонки, механічної вентиляції з рекуперацією тепла, теплових насосів, сонячних електростанцій, систем накопичення електроенергії та автоматизованих систем управління мікрокліматом. Такі будинки можуть інтегруватися у Smart Grid та виконувати функції локальних енергогенеруючих осередків цифрової енергетичної системи.

Наково-технічний центр Академії будівництва України отримав перший в країні сертифікат нового стандарту NZEB, введеного в нормативні документацію країни з «01» квітня 2025 р. Рис 1.



а)

б)

Рисунок 1: а) Енергетичний сертифікат будинку Business House стандарту NZEB; б) візуалізація будинку Business House.

Формула позитивного енергобалансу.

$E_p = S - C$, де E_p – позитивний енергобаланс будинку; S – обсяг згенерованої енергії; C – обсяг спожитої енергії.

Формула вартості життєвого циклу.

$$LCC = C_b + C_e + C_r + C_u - I_e - R_v,$$

де C_b – початкові витрати на будівництво;

C_e – експлуатаційні витрати;

C_r – ремонтні витрати;

C_u – витрати на оновлення обладнання;

I_e – доходи від продажу електроенергії;

R_v – залишкова вартість будинку.

Порівняльні характеристики звичайного і будинку Energy+ приведені в Табл. 1.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики будинків

Показник	Будинок стандарту Energy+	Звичайний будинок
Енергоспоживання	<40 кВт·год/м ²	>100 кВт·год/м ²
СЕС	12 кВт	-
Життєвий цикл	>100 років	50–70 років
Smart Grid	Інтеграція	Відсутня
Експлуатаційні витрати	Мінімальні	Високі

Проведені розрахунки показують, що будинки класу Energy+ мають значно вищу економічну ефективність у порівнянні зі звичайними будинками. Незважаючи на збільшення початкових інвестицій

на 15–30 %, інтегральна вартість життєвого циклу може бути від’ємною за рахунок генерації та продажу електроенергії, зменшення експлуатаційних витрат та зростання залишкової вартості житлового активу.

Важливою складовою сучасної організації будівництва є застосування BIM-технологій. Інформаційне моделювання забезпечує контроль усіх етапів життєвого циклу будинку: від концепції та проектування до експлуатації, реконструкції та демонтажу [4]. BIM-модель виступає цифровим паспортом будинку, що містить технічні, енергетичні, економічні та експлуатаційні характеристики.

Практичним прикладом реалізації такого підходу є товарна лінійка Business House, що включає моделі Start, S, M та L. При проектуванні даних будинків враховуються вимоги до енергоефективності, здорового мікроклімату, інтеграції відновлюваних джерел енергії та цифрового управління будинком. Порівняння інтегральної вартості життєвого циклу звичайного будинку та будинку Energy+ приведені на Рис.2.

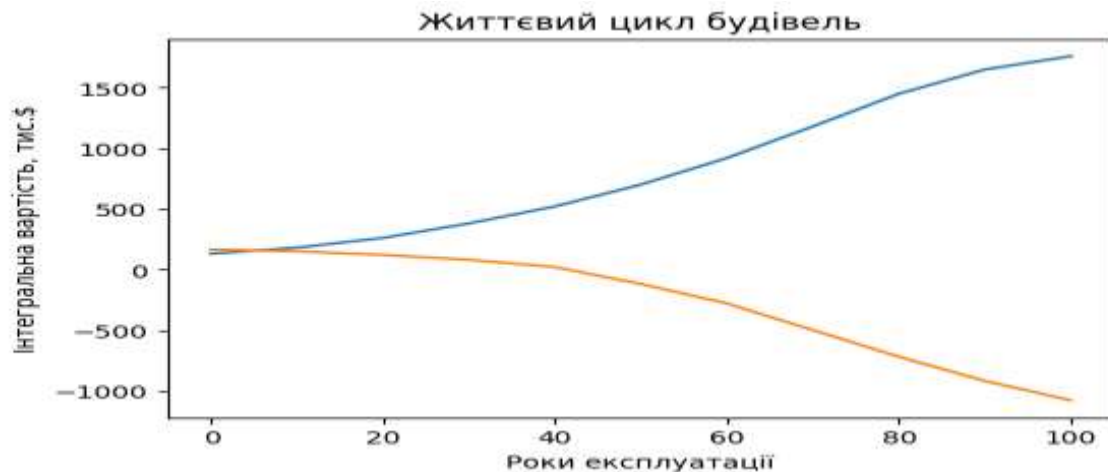


Рисунок 2. Порівняння інтегральної вартості життєвого циклу звичайного будинку та будинку Energy+.

Висновки.

1. Будинки з позитивним енергобалансом є перспективним напрямком розвитку енергоефективного житла.
2. Використання BIM-технологій та Smart Grid забезпечує підвищення ефективності управління життєвим циклом будівлі.
3. Застосування концепції Life Cycle Costing дозволяє оцінювати повну економічну ефективність житлових об'єктів.
4. Будинки Energy+ формують основу нового виду будівельної індустрії.

Список використаних джерел

1. Директива 2010/31/ЄС Європейського парламенту та Ради від 19 травня 2010 року про енергетичні характеристики будівель (EPBD). DOI: 10.3000/17252555.L_2010.153.eng.
2. Директива 2024/1275 ЄС від 24 квітня 2024 року про будівлі з нульовими викидами. DOI: 10.3000/20241275.
3. Стандарт EN 15978: Оцінка екологічних характеристик будівел.
4. Фаренюк Є., Фаренюк Г. Методичні основи нового покоління будівельних норм з енергоефективності будівель // Наука та будівництво. 2023. № 33–34. DOI: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-34-2022-2>.
5. Active House Alliance. Optima House in Ukraine. URL: <https://www.activehouse.info/cases/optimahouse-in-ukraine/>