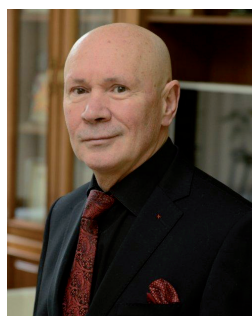




Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-16-2022-1>

УДК 624.011:536.2



ФАРЕНЮК Г.Г.

Доктор техн. наук, професор,
директор ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: farenjuk@ndibk.gov.ua,
тел. +38 (044) 249-72-34,
ORCID: 0000-0002-5703-3976



ФАРЕНЮК Є.Г.

Канд. техн. наук, директор
ДУ "Фонд енергоефективності"
ORCID: 0000-0001-8613-877x

МЕТОДИКА ОЦІНКИ МІНІМАЛЬНИХ ВИМОГ ДО ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ ТА ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

АНОТАЦІЯ

Мінімальні вимоги енергетичної ефективності будівель встановлюються відповідно до статті 6 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель». Оптимальність витрат визначається як найбільш економічно ефективний варіант продукції або виробу шляхом порівняння витрат життєвого циклу різних варіантів. Аналітичні дослідження роботи ґрунтовані на методі, який встановлений Директивою щодо енергоефективності будівель (EPBD) 2010/31/ЄС та в делегованому Регламенті (ЄС) 244/2012. Порівняння показників енергоефективності за їх фізичними індикаторами у різних країнах є некоректними не тільки внаслідок різних кліматичних умов. Оптимальне значення показника енергоефективності будівлі визначається економічними умовами країни у існуючий час, точністю прогнозу зміни економічних показників на протязі проектного терміну служби об'єкту, структурою ринку будівельних матеріалів, виробів, конструкцій, інженерного устаткування у конкретній країні та її енергетичного ринку. У статті наводяться методичні принципи із встановлення для будівель-еталонів оптимальних значень показників енергоефективності, методика розрахунку мінімальних вимог до показників енергоефективності будівель з урахуванням вартості інвестиційних вкладень у створення необхідної теплоізоляційної оболонки будівель та інженерних систем, їх обслуговування і вартості енергетичних витрат під час експлуатації житлових та громадських будівель у встановлених температурних зонах України. Стаття розкриває

методологію визначення мінімальних вимог до енергоефективності, які регламентуються державними будівельними нормами та відповідного наказу згідно вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель».

КЛЮЧОВІ СЛОВА: еталонні будівлі, питоме енергоспоживання, чиста приведена вартість, ставка дисконтування, критерій рентабельності.

ASSESSMENT PROCEDURE OF MINIMUM REQUIREMENTS TO ENERGY PERFORMANCE INDICATORS – RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

ABSTRACT

The minimum requirements for the energy performance of buildings are established in accordance with Article 6 of the Law of Ukraine "On the Energy Performance of Buildings". Cost optimality is defined as the most cost-effective option for a product or products by comparing the life cycle costs of different options. The performance analyzes are based on the method set by the Energy Performance in Buildings Directive (EPBD) 2010/31/EU and Delegated Regulation (EU) 244/2012.

Comparison of energy performance indicators by their physical indicators in different countries is incorrect, and this is not only due to different climatic conditions. The optimal value of the energy performance indicator of building is determined by economic conditions of the country at the current time, the accuracy of forecasting changes in economic



indicators during the design life of the facility, the structure of market for building materials, products, structures and engineering equipment in the specific country and its energy market. The paper presents methodological principles for reference buildings and introduces optimal energy performance indicators for such buildings as well as methodology for calculating the minimum requirements for energy performance indicators. The paper covers the cost of investments needed for thermal envelope of buildings and technical building systems, their maintenance and the cost of energy costs during the operation of residential and public buildings in the specific temperature zones of Ukraine. Methodology shown in the paper determines the minimum requirements for energy performance which is implemented at the regulatory level and the relevant order in accordance with the requirements of the Law of Ukraine "On the energy performance of buildings".

KEYWORDS: reference buildings, specific energy use, net present value, discount rate, cost-effectiveness criterion

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Забезпечення раціонального використання енергії є однією з передумов розвитку цивілізації. Будівельні об'єкти житлового та громадського призначення потребують значних енерговитрат як на їх створення, так і на подальшу експлуатацію. Загальна світова тенденція при формуванні енергетичного балансу країн, де кліматичні умови навколишнього середовища потребують штучного створення мікроклімату в приміщеннях будівельних об'єктів, полягає в тому, що частка енерговитрат на кліматизацію будівель складає до 40% загального енергобалансу. Для зниження цієї частки потрібні значні капітальні витрати. При цьому інвестиційні вкладення здійснюються при одній вартості грошових одиниць, а їх окупність отримується вже при іншій вартості грошей. Оптимізація різночасових потоків потребує урахування значної кількості параметрів і від коректності прийнятої розрахункової моделі залежить подальший розвиток будівельної галузі.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

В статті [1] наведений аналіз стану нормативних актів і документів, що визначають вимоги до показників енергоефективності будівель та теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій. Нормування здійснюється на основі методології розгляду будівля як єдиної енергетичної системи, що складається з теплоізоляційної оболонки та інженерних систем опалення, вентиляції, охолодження, кондиціонування, гарячого водопостачання, освітлення, які діють у взаємозв'язку між собою та оточуючим кліматичним середо-

вищем [2]. При цьому у вітчизняну нормативну базу покладений принцип забезпечення теплової надійності [3,4] огорожувальних конструкцій будівлі та їх елементів.

Методика розрахунків оптимальних значень показників енергоефективності будівель встановлена у стандарті [5], згідно якого проводяться розрахунки початкових витрат на створення енергозберігаючих конструктивних виробів та витрат на енергопостачання будівлі і, відповідно, здійснюється пошук оптимальних значень. Мінімальні вимоги до показників енергоефективності будівель та теплотехнічних властивостей огорожувальних конструкцій регламентується вимогами норм [6]. Згідно Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» перегляд цих норм здійснюється не менш ніж раз на 5 років. У грудні 2021 року була прийнята нова редакція норм, які наберуть чинності у поточному 2022 році.

Мінімальні вимоги встановлюються для еталонних будівель, вибір яких обґрунтований у роботі [7].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Основною задачею даного дослідження є проведення аналітичних досліджень, розрахунків та розроблення науково обґрунтованих пропозицій щодо встановлення мінімальних вимог до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій та вимог до енергетичної ефективності інженерних систем (у тому числі обладнання) будівель відповідно до економічно доцільного рівня та диференційованих залежно від функціонального призначення будівель, висотності будівель, виду будівельних робіт (нове будівництво, реконструкція, капітальний ремонт).

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Будівельна діяльність завжди є інвестиційною. Інвестування — це вкладання вільних фінансових ресурсів сьогодні з метою отримання стабільних грошових потоків у майбутньому, тобто вкладення грошей у якісь активи на довгострокову перспективу. Це відноситься і до напрямку із забезпечення енергоефективності, коли потрібно визначити обґрунтовані рівні інвестицій у технічні рішення, що забезпечують економію енергії під час експлуатації об'єкту. Метою будь яких інвестицій є не лише повернення вкладених коштів, а ще й отримати прибуток від інвестицій.

Загальноприйнятим методом оцінки ефективності інвестиційних проектів є метод NPV – «Net Present Value», що розшифровується як чиста приведена (до сьогоднішнього дня) вартість і який оснований на методології дисконтування грошових потоків за наступним загальним алгоритмом:



- оцінка грошових потоків проекту — первісне вкладення (відтік) коштів і очікувані надходження (притоки) коштів у майбутньому;
- визначення вартості капіталу (cost of capital) - ставка дисконтування
- дисконтування всіх грошових потоків (притоки та відтоки) від проекту за ставкою дисконтування;
- сума всіх дисконтованих потоків визначає NPV проекту.

Якщо NPV дорівнює нулю, то грошові потоки від проекту є достатніми для відшкодування інвестованого капіталу та забезпечення необхідного доходу від цього капіталу.

Мінімальні вимоги до енергетичної ефективності будівель є макроекономічним показником і мають визначати економічно доцільний рівень енергетичної ефективності будівель при поточному стані будівельного, енергетичного та фінансового рівня країни і відповідно встановлюватись за результатами проведення фінансових та макроекономічних розрахунків. В основу цих розрахунків покладена методика визначення загальних інвестиційних витрат, які необхідні для забезпечення відповідного енергетичного статусу будівлі і визначаються за формулою [5]:

$$CG = CO_{INT} + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{TC} (CO_{a(i)}(j) \cdot (1 + RAT_{xx(i)}(j)) + CO_{CO2(i)}(j) \cdot [D - f(i) + CO_{fin(TLS)}(j) - VAL_{frc}t(j)] \right], \quad (1)$$

де

CG – загальні витрати (приведені на рік введення будівлі в експлуатацію T_0)

CO_{INT} – початкові інвестиційні витрати;

$CO_{a(i)}(j)$ – річні витрати року i для j -го компонента будівлі (включаючи експлуатаційні витрати та періодичні витрати або відновну вартість);

$RAT_{xx(i)}(j)$ – зростання цін на рік i для компонента послуги j ;

$CO_{CO2(i)}$ – вартість викидів CO_2 для вимірювання протягом року i ;

$CO_{fin(TLS)}(j)$ – остаточні витрати на зняття з експлуатації, демонтажу та утилізації в останньому році експлуатації (життєвого циклу) TLS компонента j або будівлі (приведені на рік введення в експлуатацію T_0);

$VAL_{frcTC}(j)$ – ліквідаційна вартість компонента j в році TC в кінці розрахункового періоду (приведені на рік введення в експлуатацію T_0);

$D - f(j)$ – коефіцієнт дисконтування за рік i ;

TC – період розрахунку.

При проведенні аналізу за критерій рентабельності приймалось значення

$$\Delta NPV = (CO_{INT} - CG) / A_E, \quad (2)$$

яке визначає, що чистий дохід, отриманий і дисконтований протягом економічного життя

інвестицій, повинен бути більшим, ніж початкові інвестиції на заходи з покращення енергетичних властивостей будівлі при новому будівництві або її термомодернізації.

Розрахунки проводились для будівель, що прийняті як еталонні [7], енергетичні властивості яких оцінювались за показником питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води (ЕР), кВт×год/м² [кВт×год/м³], що розраховувався за положеннями [8]. Для кожної еталонної будівлі визначались зміни їх енергетичних показників при впровадженні наступних конструктивних заходів:

- 1) зменшення витрат енергії по забезпеченню кратності повітрообміну в будівлях за рахунок рекуперації тепла;
- 2) збільшення значень приведених опорів теплопередачі зовнішніх стін;
- 3) збільшення значень приведених опорів теплопередачі світлопрозорих огорожень;
- 4) збільшення значень приведених опорів теплопередачі покриттів;
- 5) зменшення тепловтрат трансмісією через цокольні перекриття та підлоги по ґрунту;
- 6) удосконалення інженерних систем централізованого тепlopостачання
- 7) теплоізоляція трубопроводів системи тепlopостачання;
- 8) теплоізоляція трубопроводів системи гарячого водопостачання
- 9) застосування повітряних теплових насосів
- 10) застосування ґрунтових теплових насосів
- 11) використання сонячної та вітрової електростанції.

Вартісні показники кожного із конструктивних заходів встановлювались за середньоринковими цінами. При аналізі вартісних показників розглядались три економічні сценарії:

- перший (песимістичний) з поточною ставкою дисконтування 18 % та рівнем інфляції 7,4 %;
- другий (можливий до реалізації стан економіки країни), коли поточна ставка дисконтування становить 10 %, а рівень інфляції становить 5 %;
- третій (оптимістичний) наближений до європейських стандартів з поточною ставкою дисконтування 1,5 % та рівнем інфляції 1 %.

Сценарії впровадження заходів підвищення енергоефективності в 1-й температурній зоні України [6] наведено в таблиці 1, у II температурній зоні наведено в таблиці 2.

Позначення заходів із зменшення енергоспоживання будівель наведено у таблиці 3.

Енергоспоживання одноповерхової еталонної будівлі та зміна вартості витрат при різних конструктивних заходах та джерелах енергії (газовий котел, повітряний тепловий насос, геотермальний тепловий насос) при поточній ставці дисконтування 18 %, та росту цін на енергоносії, який



Таблиця 1 - Сценарії впровадження заходів підвищення енергоефективності – 1-а температурна зона

Варіант	Точка на графіку	Приведений опір теплопередачі, м²К/Вт					Кратність повітрообміну
		стіни	покриття	перекриття	вікна	двері	
базовий		3,3	5,0	3,75	0,75	0,6	0,8
1	■/■	3,67	5,0	3,75	0,75	0,6	0,8
2	■/■	4,0	5,0	3,75	0,75	0,6	0,8
3	■/■	5,0	5,0	3,75	0,75	0,6	0,8
4	▲	3,3	6,0	3,75	0,75	0,6	0,8
5	▲	3,3	7,0	3,75	0,75	0,6	0,8
6	▲	3,3	8,0	3,75	0,75	0,6	0,8
7	■	3,3	5,0	5,0	0,75	0,6	0,8
8	■	3,3	5,0	6,0	0,75	0,6	0,8
9	■	3,3	5,0	7,0	0,75	0,6	0,8
10	◆	3,3	5,0	3,75	0,90	0,6	0,8
11	◆	3,3	5,0	3,75	1,10	0,6	0,8
12	◆	3,3	5,0	3,75	1,20	0,6	0,8
13	●	3,3	5,0	3,75	0,75	0,6	0,6
14	●	3,3	5,0	3,75	0,75	0,6	0,4
15	●	3,3	5,0	3,75	0,75	0,6	0,2

■ - утеплення стін мінеральною ватою ■ - утеплення стін пінополістиролом (або пінополістирол + мінеральна вата)

Таблиця 2 - Сценарії впровадження заходів підвищення енергоефективності – 2-а температурна зона

Варіант	Точка на графіку	Приведений опір теплопередачі, м²К/Вт					Кратність повітрообміну
		стіни	покриття	перекриття	вікна	двері	
базовий		2,8	4,5	3,30	0,60	0,5	0,8
1	■/■	3,3	4,5	3,30	0,60	0,5	0,8
2	■/■	3,67	4,5	3,30	0,60	0,5	0,8
3	■/■	4,0	4,5	3,30	0,60	0,5	0,8
4	▲	2,8	5,0	3,30	0,60	0,5	0,8
5	▲	2,8	6,0	3,30	0,60	0,5	0,8
6	▲	2,8	7,0	3,30	0,60	0,5	0,8
7	■	2,8	4,5	3,75	0,60	0,5	0,8
8	■	2,8	4,5	5,0	0,60	0,5	0,8
9	■	2,8	4,5	6,0	0,60	0,5	0,8
10	◆	2,8	4,5	3,30	0,75	0,5	0,8
11	◆	2,8	4,5	3,30	0,90	0,5	0,8
12	◆	2,8	4,5	3,30	1,00	0,5	0,8
13	●	2,8	4,5	3,30	0,60	0,5	0,6
14	●	2,8	4,5	3,30	0,60	0,5	0,4
15	●	2,8	4,5	3,30	0,60	0,5	0,2

■ - утеплення стін мінеральною ватою ■ - утеплення стін пінополістиролом (або пінополістирол + мінеральна вата)

згідно [5] визначався за рівнем інфляції, у даному випадку приймалися 7,4% в рік (при проведенні розрахунків не могло бути передбачено той рівень зростання цін на енергоносії, який відбувся у другій половині 2021 року внаслідок непередбачуваних політично-економічних подій) наведено на рис. 1. Від'ємні результати або такі, що розташовані на нульовій лінії графіків, ΔNPV , грн/м², вважаються

економічно доцільними. Економічно недоцільними є всі варіанти розрахунків, чисельні значення яких розташовуються вище нульової лінії у позитивній зоні графіку.

Наведені дані свідчать, що економічна доцільність конструктивних заходів залежить від виду джерела енергії для енергозабезпечення будівлі. Наприклад, при використанні газо-



Таблиця 3 - Позначення заходів зменшення енергоспоживання будівель

	Захід 1	Зниження кратності повітрообміну за рахунок рекуперації до рівнів: $0,6; 0,4; 0,2 \text{ год}^{-1}$
	Захід 2	Застосування систем фасадної теплоізоляції з мінераловатними плитами
	Захід 2	Застосування систем фасадної теплоізоляції з пінополістирольними плитами – будівлі від 1-9 поверхів; Застосування систем фасадної теплоізоляції з пінополістирольними плитами (до 9-го поверху) та мінераловатними плитами (вище 9-го поверху) будинків 16-24 поверхів
	Захід 3	Заміна вікон (світлопрозорих конструкцій)
	Захід 4	Утеплення покриття (мінеральною ватою)
	Захід 5	Утеплення перекриттів (екструдований пінополістирол)

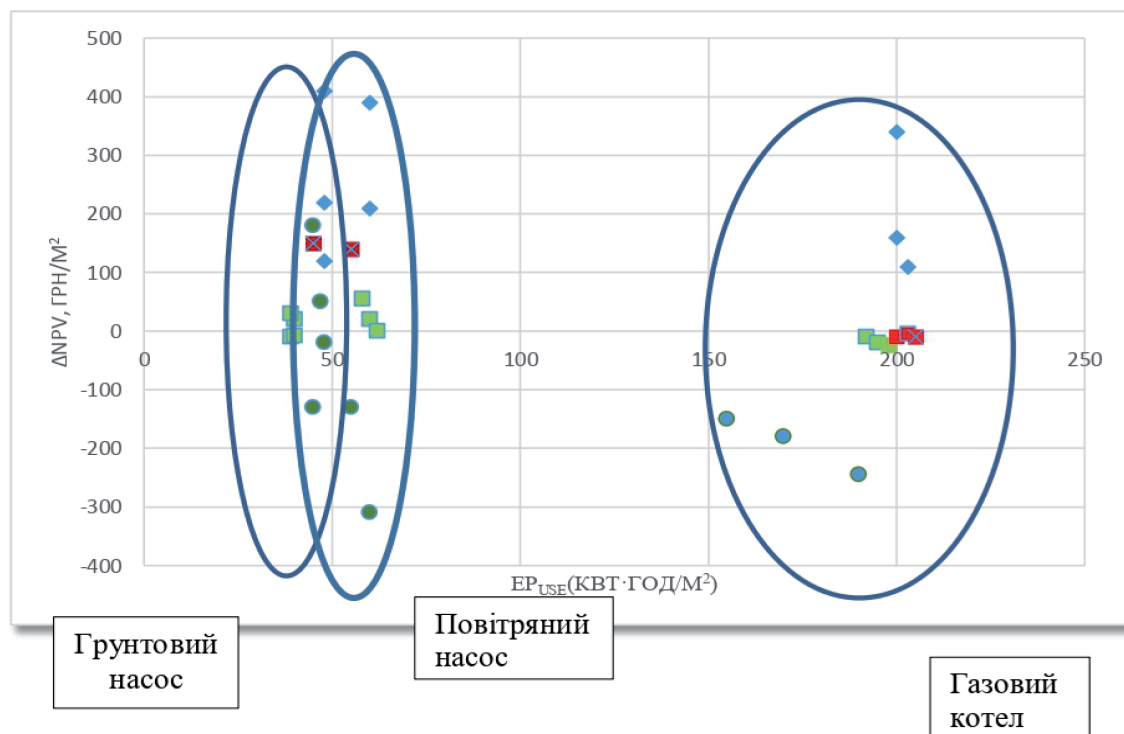


Рисунок 1 – Енергоспоживання одноповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для першого економічного сценарію при різних системах опалення в 1-й температурній зоні України

вих котлів для опалення та гарячого водопостачання в одноповерховому житловому економічно доцільними є: захід 2 – застосування зовнішніх стін із системами утеплення на основі пінополістиролу

та значеннями приведених опорів теплопередачі (3,7÷5,0) $\text{m}^2\text{K/Вт}$; захід 5 – застосування конструкцій цокольних перекриттів та підлог по ґрунту з приведеним опором теплопередачі (5,0÷7,0) $\text{m}^2\text{K/Вт}$, а

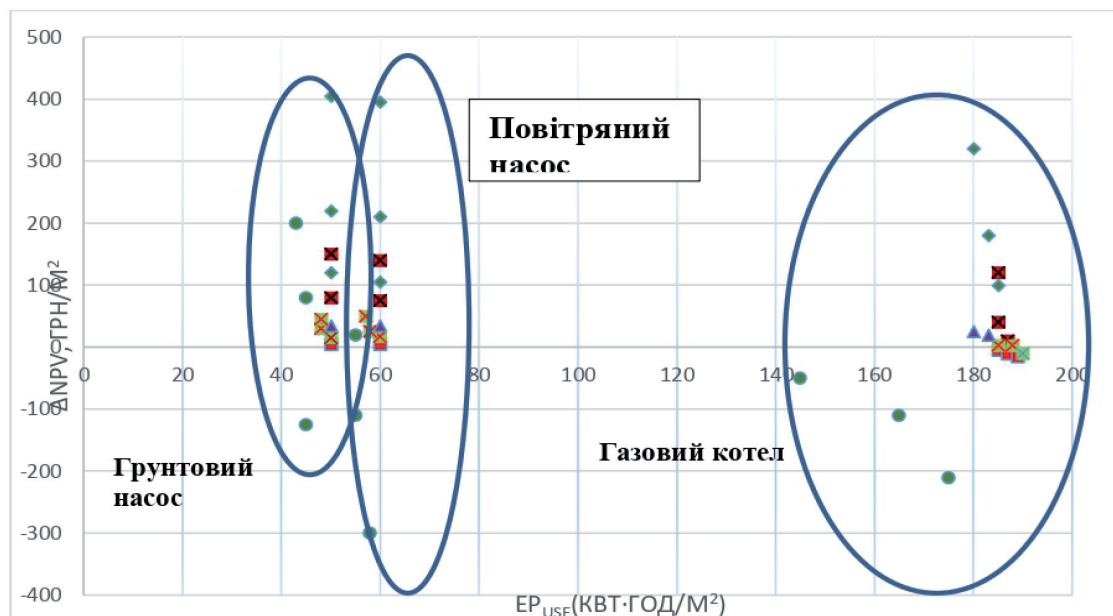


Рисунок 2 – Енергоспоживання одноповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для першого економічного сценарію при різних системах опалення в 2-й температурній зоні України

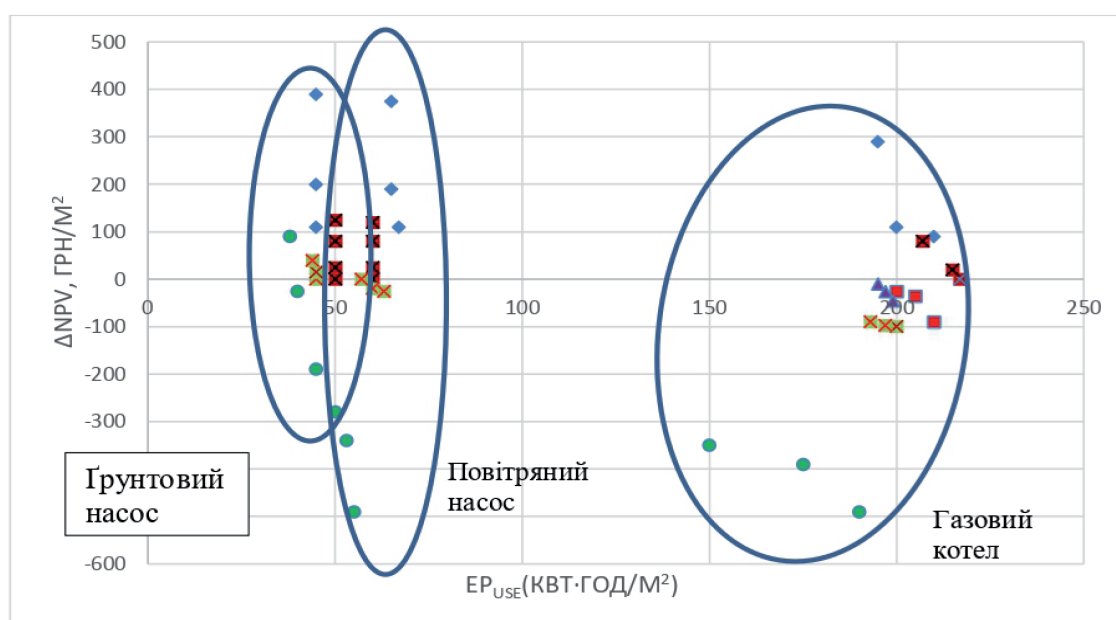


Рисунок 3 – Енергоспоживання одноповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для другого економічного сценарію при різних системах опалення в 1-й температурній зоні України

інші розглянуті заходи є економічно недоцільними. Застосування джерел енергії на основі теплових насосів більш ніж в 3 рази знижує показники питомого енергоспоживання одноповерхової будівлі. При цьому, як для 1-ї температурної зони, так і для 2-ї температурної зони України (рис.2) кількість економічно доцільних конструктивних заходів в умовах першого економічного сценарію є обмеженою.

На рис. 3 наведені дані з оцінки окупності різних конструктивних заходів для одноповерхового еталонного будинку при їх застосуванні в умовах другого економічного сценарію, на рис. 4 – третього економічного сценарію. При зниженні інфляційної складової до 5% та дисконтної ставки до 10% кількість конструктивних заходів із зниження енерговитрат будинку суттєво збільшується. При економічних характеристиках третього сценарію

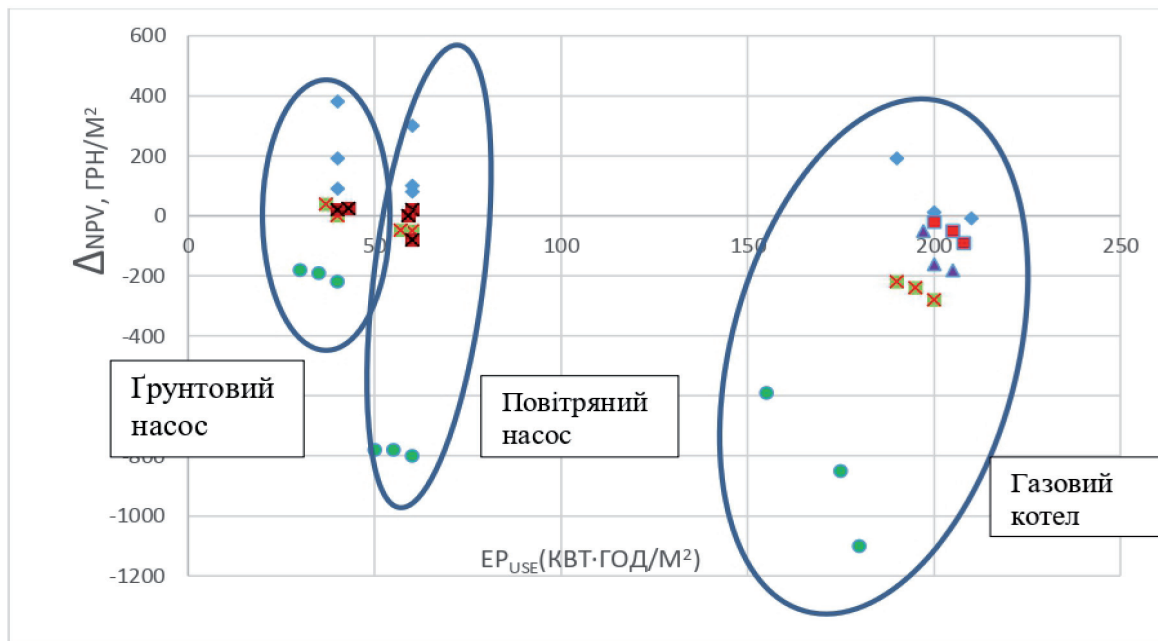


Рисунок 4 – Енергоспоживання одноповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для третього економічного сценарію при різних системах опалення в 1-й температурній зоні України

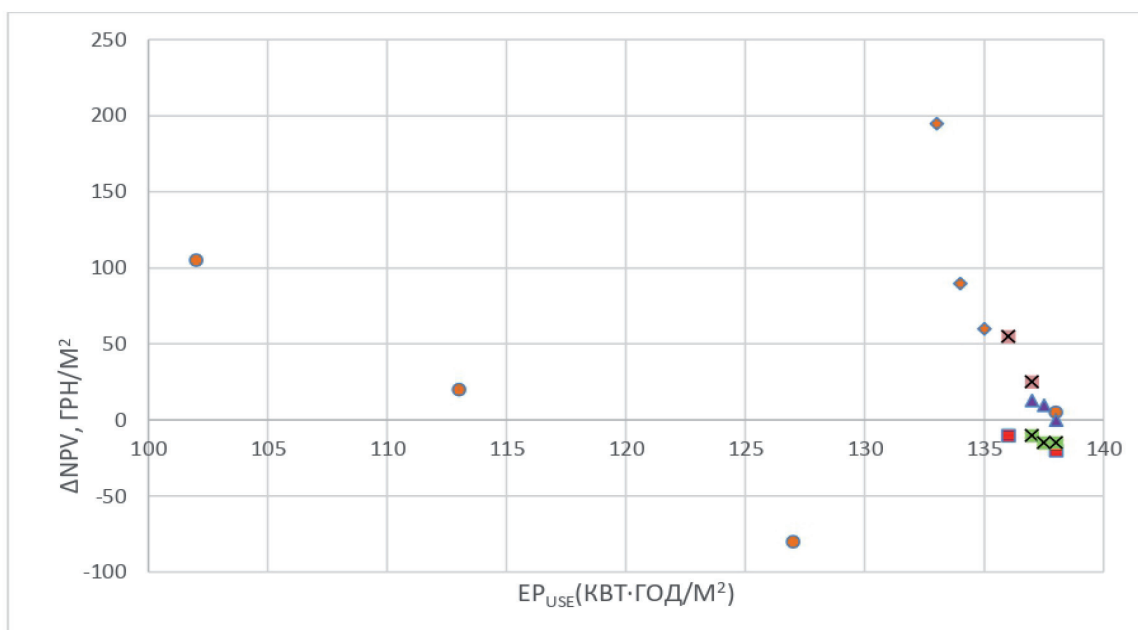


Рисунок 5 – Енергоспоживання п'ятиповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для першого економічного сценарію в 1-й температурній зоні України

- відповідно 1% та 1,5%, при застосуванні системи опалення на основі газового котла майже всі розглянуті конструктивні заходи із зниження енерговитрат будинку є економічно доцільними.

Для багатоповерхових будівель розглядався найбільш поширене джерело теплозабезпечення – центральне опалення. Енергоспоживання п'ятиповерхового еталонного будинку та зміна вартості витрат для різних конструктивних рішень при поточній ставці дисконтування 18 %, та росту

цін на енергоносії 7,4% в рік представлено на рис.5, для оптимістичного економічного сценарію – на рис.6.

Визначальними при виборі конструктивних заходів є інвестиційні умови – при вартості грошових коштів у 18% річних кількість конструктивних заходів із зниження енерговитрат з $\Delta NPV \leq 0$ є обмеженим, у той час як при дисконтній ставці 1,5% та рівні інфляції 1%, можливо вибирати конструктивні заходи, які суттєво знижують енер-

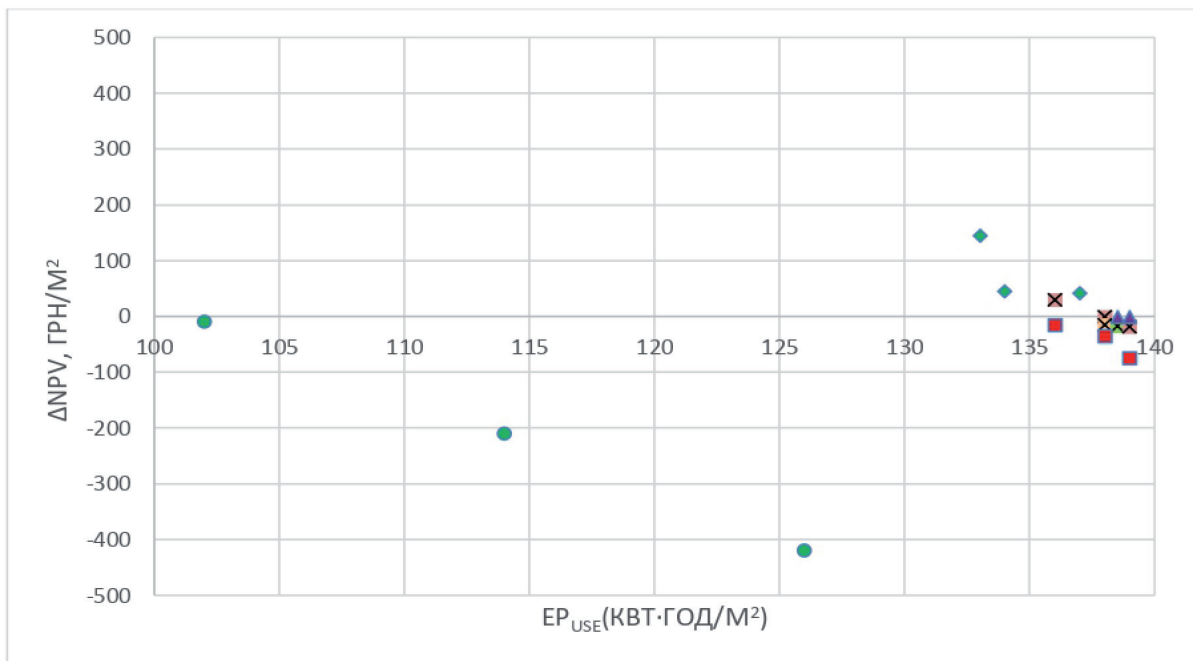


Рисунок 6 – Енергоспоживання п'ятиповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для першого економічного сценарію в 1-й температурній зоні України

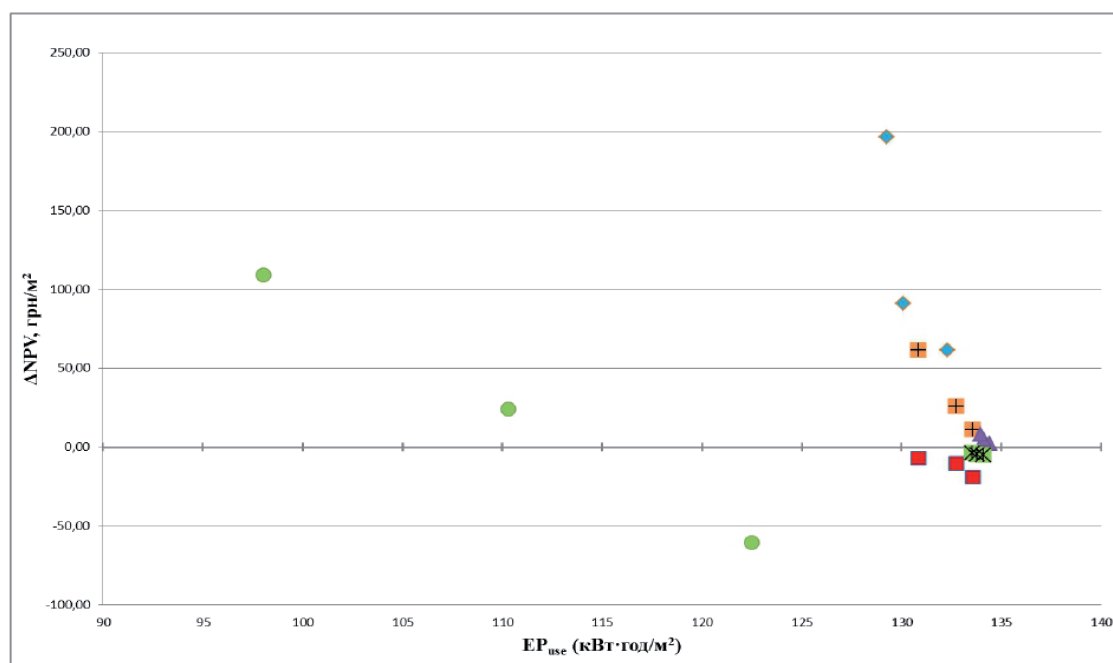


Рисунок 7 – Енергоспоживання дев'ятиповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для першого економічного сценарію в 1-й температурній зоні України

говитрати будівлі, з великого їх переліку.

Аналогічні результати отримані і для більш поверхових будівель (рис.7 – рис.8), які ілюструють, що при розвитку економічного стану із збереженням економічних показників з поточною ставкою дисконтування 18% та рівнем інфляції більше 7%, окупність заходів, що направлені на економію енергії, забезпечується тільки для конструктивних рішень окремих елементів теплоізоляційної оболонки та інженерного обладнання будівлі із корот-

кочасним періодом забезпечення.

При оптимістичному сценарію розвитку країни та будівельної галузі із зниженням поточної ставки дисконтування та рівня інфляції до існуючих показників європейських країн вірогідність окупності заходів збільшується більш ніж у 2 рази (рис.9, рис.10).

Аналогічні результати та висновки були отримані і для будівель-еталонів громадського призначення [7], що дозволило розробити відповідні значення

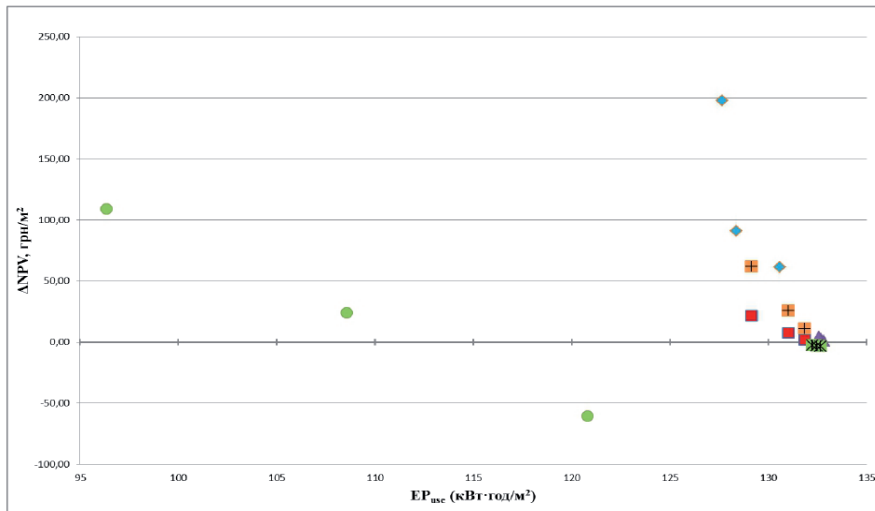


Рисунок 8 – Енергоспоживання шістнадцятиповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для першого економічного сценарію в 1-й температурній зоні України

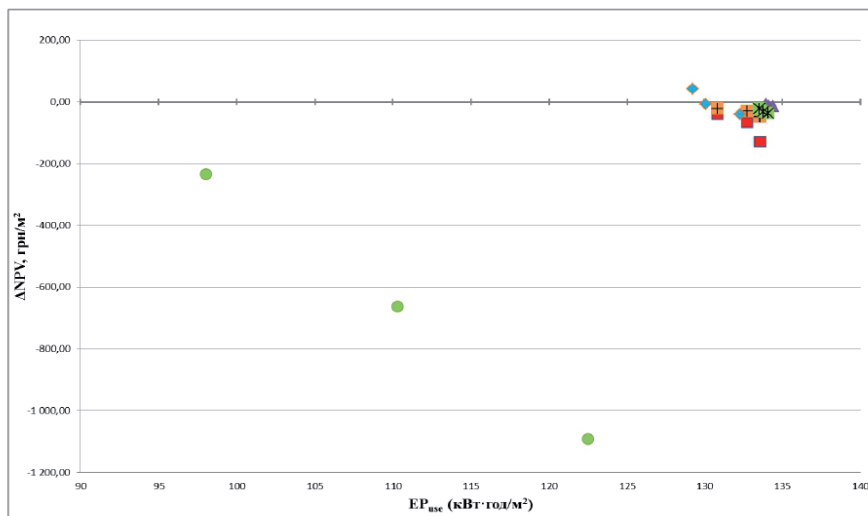


Рисунок 9 – Енергоспоживання дев'ятиповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для третього економічного сценарію в 1-й температурній зоні України

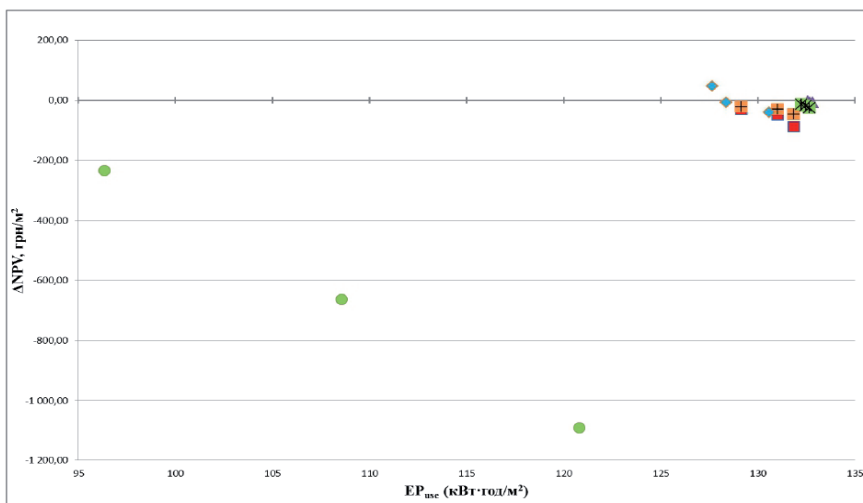


Рисунок 10 – Енергоспоживання шістнадцятиповерхового еталонного будинку з різними конструктивними заходами для третього економічного сценарію в 1-й температурній зоні України

для критеріїв енергоефективності житлових та громадських будівель, які покладені в основу нового покоління норм – ДБН В.2.6-31:2021, детальний аналіз яких буде приведений у наступних публікаціях авторів.

ВИСНОВКИ

Економічно доцільний рівень енергоефективності будівель залежить від особливостей формування макроекономічних показників країни. До таких показників відноситься ставка дисконтування кредитів на отримання коштів, що направляються на економію енергії, рівень інфляції в країні, життєвий цикл будівлі. На підставі аналізу можливих сценаріїв розвитку програми з підвищення енергоефективності будівель при новому будівництві та реконструкції (термомодернізації) існуючого фонду житлових та громадських будівель визначені економічно доцільні значення показників енергоефективності будівель та їх елементів, які покладені в основу регламентації нормативними актами мінімальних вимог з енергоефективності житлових та громадських будівель

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Фаренюк Г.Г. Структура та методичні положення нормативної бази з питань енергоефективності будівель – Наука та будівництво. - 2017, №3 (13). с. 4-15.
2. Фаренюк Г.Г. Наукові основи нормативного забезпечення енергоефективності будівельних об'єктів. - Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання, 2010, вип.14. с. 52-60
3. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій /Г.Г.Фаренюк// - К.: Гама-Принт, 2009. - 216 с.



4. Farenjuk G. The determination of the thermal reliability criterion for building envelope structures/ - Technical Journal, Vol. 13 No. 2, 2019, p.129-133
5. ДСТУ EN 15459-1:2017 Енергоефективність будівель. Процедура економічного оцінювання енергетичних систем будівлі. Частина 1. Процедури розрахунку. Модуль М1-14 (EN 15459-1:2017, IDT)
6. ДБН В 2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель».
7. Farenjuk G.G., Farenjuk Y.G. Definition of reference building in development of requirements to energy efficiency indicators - Science & Construction, 2021, №2. P.3-10.
8. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні

REFERENCES

1. Farenjuk G.G. (2017). Structure and methodical provisions of the building energy performance regulations. Science and Construction, 3 (13), 4-15.
2. Farenjuk G.G. (2010). Scientific basis for regulatory support of energy efficiency of construction projects. Ventilation, lighting and heat and gas supply, 14, 52-60.
3. Farenjuk, G. (2009). Basics of assurance of energy efficiency of buildings and thermal reliability of envelope. Kyiv: Gama-Print.
4. Farenjuk, G. (2019) The determination of the thermal reliability criterion for building envelope structures. Technical Journal, 13(2), 129-133.
5. Energy performance of buildings - Economic evaluation procedure for energy systems in buildings. Part 1: Calculation procedures, Module M1-14: DSTU EN 15459-1:2017.
6. Thermal insulation of buildings. (2017). DBN B.2.6-31:2016. Kyiv: Minregion of Ukraine.
7. Farenjuk G.G., Farenjuk Y.G. (2021). Definition of reference building in development of requirements to energy efficiency indicators. Science and Construction, 2, 3-1.
8. Energy performance of buildings. Method for calculation of energy use for space heating, cooling, ventilation, lighting and domestic hot water: DSTU B A.2.2-12:2015. (2016).

Стаття надійшла до редакції 24.12.2021 року