

## МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ КОМУНАЛЬНОЇ СФЕРИ

*Роботу присвячено аналізу особливостей визначення доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель комунальної сфери за допомогою економічних та технічних показників. Розглянуті динамічні методи оцінки доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери дають змогу більш точно оцінити фінансові показники за час життєвого циклу будівлі. Визначено, що на розрахунковій моделі впливають внутрішні та зовнішні фактори та складність точного визначення майбутніх грошових надходжень від кожного окремого заходу.*

*Запропоновано алгоритм оцінювання доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери. Даний алгоритм дає змогу комплексно оцінити технічні та економічні показники при аналізі окремих заходів. Даний алгоритм ґрунтується на застосуванні графічних моделей комплексного представлення технічних та економічних показників. Його використання сприяє прийняттю рішення щодо впровадження саме таких заходів з підвищення енергетичної ефективності, які дозволять не лише зекономити кошти, окупити інвестиції, але й підвищити рівень комфорту перебування в будівлях та досягти рівня мінімальних вимог чинних нормативно-правових актів.*

**Ключові слова:** енергетична ефективність будівель, енергозбереження, комплекс заходів з підвищення енергетичної ефективності, енергетичні ресурси, будівлі, статичні та динамічні показники.

### Вступ

Зростання тарифів на енергоресурси разом з постійним зростанням термінів експлуатації будівель комунальної сфери робить не вигідним їх використання у порівнянні з сучасними новобудовами. Разом з тим, відсутність фінансування та можливості вивільнення додаткових площ для побудови нових будівель на заміну старим в урбаністичному просторі змушує шукати технічні рішення з модернізації існуючого фонду. Використання сучасних матеріалів та технологій дає змогу зекономити значні кошти при експлуатації будівель. Більше того, це дає змогу покращити комфортність перебування в будівлях та привести їх характеристики до чинних вимог. Існуючі енергоефективні технології використовуються для будівель найрізноманітніших сфер. Такі заходи, як термічна санація, реконструкція, модернізація інженерних мереж, використання альтернативних джерел енергії, все частіше застосовуються для будівель, а також з кожним роком виходять на новий рівень енергетичної ефективності.[1,3,5]

Через надзвичайну різноманітність пропонованих сьогодні технологій та ефекту від їх впровадження вибір необхідного комплексу заходів з підвищення енергоефективності будівель комунальної сфери є досить відповідальним рішенням. Ефекти від впровадження таких заходів можуть бути як позитивними так і негативними, як з технічної, так і з економічної точки зору. Отже, оцінювання доцільності впровадження заходів з підвищення рівня енергоефективності має бути здійснено з урахуванням усіх показників доцільності та їх залежності один від одного.

### Мета дослідження

Метою дослідження є підвищення енергетичної ефективності будівель комунальної сфери шляхом впровадження удосконалених методів оцінювання рівня доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності.

У Будівлях, зниження витрати енергоносіїв на опалення будівель може досягатися шляхом використання [2]: сучасних теплоізоляційних матеріалів та технологій на стадіях проектування та експлуатації; нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) та систем розосередженої генерації (РГ); засобів автоматичного керування системами тепlopостачання будівель; різноманітних програм управління поведінкою користувачів.

При розробці енергоефективних заходів, будівлі слід розглядати, як складні теплоенергетичні системи, котрі включають внутрішній мікроклімат, оболонку будівлі, інженерні мережі, зовнішній клімат. Даний підхід дає змогу проводити комплексний аналіз енергетичних характеристик будівель та впроваджувати обґрунтоване ефективне використання енергетичних ресурсів. Для оцінювання

енергоефективності можуть використовуватись математичні моделі на різних етапах життєвого циклу будівлі. Тривалий час енергетичні характеристики будівель визначалися для річних/сезонних інтервалів розрахунку (стаціонарний розрахунок) [2]. Сучасні тенденції розвитку моделей для визначення енергетичного стану будівлі спрямовані на зменшення часових інтервалів та в напрямку локалізації характеристик системи і впливу окремих факторів [2].

Для оцінки енергоефективності будівель використовують різні моделі в залежності від задач, що вирішуються. В основу рекомендацій щодо розрахунку ефектів від проведення заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель повинні бути закладені наступні принципи:

- максимального спрощення розрахунків з метою отримання інтегральних оцінок передбачуваних ефектів;
- використання реального досвіду (розрахунково-експериментального методу) впроваджених проєктів та заходів з енергозбереження в будівлях різного призначення і різних регіонів України;
- консервативного підходу до оцінки невизначеності, спотворень вихідних даних.

Відповідно, алгоритм визначення та оцінки енергетичних ефектів від реалізації заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель складається з наступних основних етапів (див. Рис. 1):



Рисунок 1 – Алгоритм визначення та оцінки енергетичних ефектів від реалізації заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель

На першому етапі здійснюється аналіз вихідного стану об'єкта (будівлі) з точки зору попереднього підбору комплексу заходів підвищення енергетичної ефективності. Для більшості бюджетних об'єктів доцільно починати аналіз саме з можливостей "пасивного" енергозбереження. Основні складності точного розрахунку економії енергоресурсів складаються в необхідності мати адекватні вихідні дані і точні показники енергоспоживання. Ці складності різного типу і не переборні ніяким універсальним методом. Тому для розуміння особливостей спотворень вихідних даних споживання енергоресурсів до впровадження заходів (щодо клімату, інженерних систем об'єкта, типу будівлі і т.ін.) доцільно використовувати різні джерела інформації:

- покази приладів комерційного та технічного обліку енергоресурсів за останні роки;
- статистичні дані по схожим об'єктам (дані систем моніторингу, проєктні дані, нормативи споживання ресурсів);
- результати енергетичних обстежень та енергетичний паспорт об'єкту.

При визначенні ключового фактору перевитрати, а саме питомого споживання теплової енергії на опалення будівлі, необхідно порівнювати термічні опори огорожень з нормативними для даного клімату, або скласти спрощений тепловий баланс будівлі.

Відповідно, якщо будівля має недостатній тепловий захист, його потрібно посилити, тобто провести роботи з утеплення фасадів, модернізації або заміни вікон. Якщо будівля має достатню теплову інерцію і тепловий захист, то необхідно звернути увагу на стан інженерних систем подачі тепла: тепловий ввід, стан розподільних стояків, опалювальних приладів, систем регулювання обсягів споживання теплової енергії та енергетичну потребу будівлі. Найчастіше буває достатньо налагодити існуюче обладнання, замінивши найбільш зношені його елементи, щоб знизити втрати води, теплової енергії та підвищити енергетичну ефективність будівлі.

Види отримуваних енергетичних ефектів при впровадженні енергоефективних заходів [6]:

-*Енергетичні*. Поліпшення енергетичних характеристик будівель і об'єктів нерухомості, економія тепла, електроенергії, води, палива, інших ресурсів;

-*Економічні*. Зниження частки паливно-енергетичних ресурсів в собівартості продукції, зростання (в тому числі питома) продуктивності, товарообігу, виробництва послуг, підвищення капіталізації будівель;

-*Ергономічні*. Поліпшення умов праці, комфортності перебування, мікроклімату в навчальних, робочих і житлових приміщеннях;

-*Екологічні*. Скорочення одного або декількох впливів на навколишнє середовище (викидів парникових газів у атмосферу, забруднення стічних вод, джерела шуму та відходів);

-*Фінансові*. Зниження платежів за енергоресурси, економія і вивільнення бюджетних коштів (на оплату енергоресурсів), зниження сум оплати за ресурси, окупність заходів.

Після вибору комплексу необхідних заходів необхідно ідентифікувати їх в тому числі по типу отримуваних енергетичних ефектів [5,7]:

- модернізація обладнання, елементів, інженерних систем будівель (що призводить до скорочення непродуктивних втрат енергоресурсів);

- використання відходів, вторинних і побічних енергоресурсів;

- способи зниження потреб в енергоресурсах, управління попитом, стимулювання енерго- і ресурсозбереження.

Також, важливим є оцінювання вихідних умов, визначення факторів, котрі впливають на споживання енергоресурсів будівлею. Необхідно проводити оцінку вихідних умов, ідентифікацію та облік факторів, що впливають: незалежних змінних і (або) статичних чинників. На даному етапі (2 етап) проводиться загальний аналіз енергоспоживання будівлею за останні роки, з точки зору виокремлення базового тренду, можливих флуктуацій, а також відбувається оцінка факторів, котрі впливають на рівень енергоспоживання.

Для формування базового тренду використовуються показники приладів обліку теплової енергії, води, електричної енергії. Наявність істотних флуктуацій електро-, тепло або водоспоживання (Табл. 1) свідчить про наявність впливових факторів, котрі слід визначити при побудові розрахункових моделей. На сумарне річне споживання різних видів енергії будівлею впливають як безпосередня потужність енергоустановок, так і тривалість їх роботи. При цьому флуктуації (і економія енергоресурсів) можуть бути отримані як за рахунок зміни потужних параметрів, так і шляхом скорочення (збільшення) тривалості їх роботи протягом року.

Таблиця 1 – Аналіз енергоспоживання будівлі

Кроки та етапи робіт	Зміст робіт
Складання графіків споживання тепла, води, електроенергії будівлею за останні три роки	Формування базових трендів споживання основних енергоресурсів на основі первинних даних
Виявлення флуктуацій теплоспоживання будівлею	Статичні фактори: висновок або додавання опалювальних елементів, ремонтні роботи та реконструкція. Динамічні чинники: варіації градусодіб опалювального періоду
Виявлення флуктуацій електроспоживання будівлею	Статичні фактори: заміна, знос обладнання. Динамічні чинники: зміна чисельності відвідувачів, продуктивності об'єкта
Виявлення флуктуацій водоспоживання будівлею	Статичні фактори: заміна, знос обладнання. Динамічні чинники: зміна чисельності відвідувачів, продуктивності об'єкта

Після формування переліку заходів з підвищення енергетичної ефективності на перших етапах, постає задача відбору найбільш доцільних із них враховуючи стан будівлі та інші аспекти впровадження окремих заходів. При цьому, економія енергоресурсів може бути отримана як за рахунок зміни параметрів, які мають сильний вплив на зниження використання енергетичних ресурсів, так і шляхом зміни тривалості роботи обладнання протягом року [8]. Окрім того, аналіз та розрахунок кожного технічного рішення повинен проводитися за увесь життєвий цикл від початку вкладення коштів в проектні роботи до утилізації обладнання.

Такий аналіз проводиться з розбивкою розрахункового періоду на етапи, в межах яких здійснюються розрахунки, в тому числі поточних витрат та досягнутого економічного ефекту, а саме економії енергоресурсів у грошовому еквіваленті. За замовчуванням етапи приймаються рівними по тривалості, для зручності - по одному року тим самим спрощуючи їх порівняння. При порівнянні декількох заходів початковий момент для них вибирається один і той же.

Проводиться моделювання грошових потоків на кожному етапі проекту. Реалізований захід або технічне рішення на кожному етапі свого життєвого циклу породжує грошові потоки в складі доходів і витрат грошових коштів. Щоб розрахувати грошовий потік заходів в цілому, необхідно знати величину грошового потоку на кожному з етапів життєвого циклу

Кроки та етапи аналізу енергоспоживання будівлі:

- Складання графіків споживання енергоресурсів будівлею за останні роки;

- Виявлення флуктуацій споживання теплової енергії будівлею;
- Виявлення флуктуацій електроспоживання будівлею.

Для формування оцінки доцільності впровадження енергозберігаючих заходів, такі заходи в першу чергу слід поділити на певні групи, наприклад: заходи направлені на підвищення ККД індивідуального теплового пункту, збільшення термічного опору огорожувальних конструкцій, зменшення споживання гарячої води, підвищення кратності повітрообміну.

Для кожної з груп проводиться розрахунок початкових енергетичних характеристик (до впровадження заходів) та характеристик після впровадження заходів. Відповідно, розраховуються економічні та фінансові показники ( $NPV$ ,  $NPVQ$ ).

Наступним кроком знаходяться відношення початкових та кінцевих технічних показників для кожного заходу з підвищення енергоефективності у кожній групі, відповідно (див. Табл. 2).

Таблиця 2 – Параметри оцінювання заходів з енергозбереження будівлі [7,8].

Розрахункова формула	Зміст показника
$K_{m.e.} = \frac{R_1}{R_2}$	Визначення доцільності впровадження заходів що являє собою відношення технічних параметрів до впровадження заходів та після. В даному випадку, відношення початкового та кінцевого термічних опорів.
$K_{m.e.Q} = \frac{Q_2}{Q_1}$	Ефект від впровадження заходу, порівнявши фактичне споживання теплової енергії та прогнозоване після впровадження заходу
$NPV = -Inv + \sum_{i=1}^n \frac{(E_i - C_i)}{(1+r)^i}$	$NPV$ ( <i>Net Present Value</i> ) – найбільш універсальний і найбільш поширений з фінансово-економічних показників оцінки інвестиційних проектів. На відміну від витрат за термін служби, враховує не тільки витрати протягом життєвого циклу, а й ефект від реалізації заходів (що досягається економією). При заданій нормі дисконту, витрати і доходи в майбутніх періодах $NPV$ (формула показує, який грошовий потік принесе проект за конкретний період). Являє собою суму чистої економії за весь розрахунковий період з урахуванням зміни вартості грошей.
$NPVQ = \frac{NPV}{Inv}$	Для порівняння проектів зі схожими показниками $NPV$ застосовується індекс рентабельності ( $NPVQ$ ) (формула (2.2), що відображає дохід у розрахунку на одиницю інвестицій і являє собою відношення дисконтованих доходів до дисконтованих витрат по реалізації проекту. (де $n$ – кількість років в періоді; $i$ – поточний рік; $Inv$ – інвестиції в проект; $E_i$ – економія за період; $C_i$ – поточні витрати за період; $r$ – норма дисконту)
$Inv = \sum_{i=1}^n \frac{(E_i - C_i)}{(1 + IRR)^i}$	Завдяки цій формулі, що відображають інвестиції в проект, можна знайти важливий показник внутрішню норму прибутковості $IRR$ ( <i>Internal Rate of Return</i> ), яка дорівнює нормі дисконту, при якій сума дисконтованих притоків грошових коштів дорівнює величині дисконтованих відтоків грошових коштів за розрахунковий період, тобто $NPV = 0$ . По суті цей показник характеризує рентабельність проекту з урахуванням різночасності доходів і витрат, зростання цін, виплати податків і т.д. $IRR$ – це значення норми дисконтування.
$DPP = \sum_{i=1}^n \frac{Inv}{(1+r)^i}$	$DPP$ визначає той період, коли сума наведеної чистої приведенної економії перевищить інвестиції, настане дисконтований термін окупності проекту. Величину перевищення ефекту над інвестиціями (або від'ємне значення недосягнення суми економії початкових витрат) в конкретному майбутньому періоді показує $NPV$ проекту в цьому періоді.

Оцінювання доцільності впровадження того чи іншого заходу з підвищення енергетичної ефективності здійснюється графічним способом на основі двох показників – відношення початкових та кінцевих технічних параметрів та індексу рентабельності  $NPVQ$ .

На основі отриманих значень будується діаграма залежності  $NPVQ$  від значення співвідношення технічних показників (рис. 2).

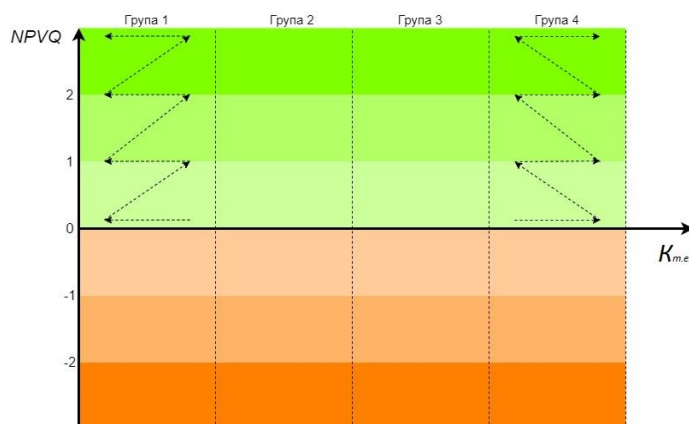


Рисунок 2 – Діаграма залежності  $NPVQ$  та коефіцієнта технічної ефективності

Після нанесення точок, що відповідають значенням  $NPVQ$  та відношенням технічних показників утворюється матриця точок, які відповідають конкретним енергозберігаючим заходам у певній групі. Порівнюючи положення точок, що відповідають заходам, відносно осей координат, враховуючи специфіку впровадження заходів та значення технічних показників, серед декількох заходів однієї групи обирається той, який є найбільш ефективним, і, відповідно, найбільш доцільним.

У випадку, якщо два чи більше заходів потрапляють в зону найбільшої ефективності і між ними потрібно зробити вибір, до критеріїв вибору запропоновано додати залежність  $NPV$  від дисконтованого терміну окупності  $DPP$ . Вибір між двома такими заходами також зручно здійснювати, оцінивши їх параметри графічним способом, використовуючи діаграму, зображену на рисунку 3.

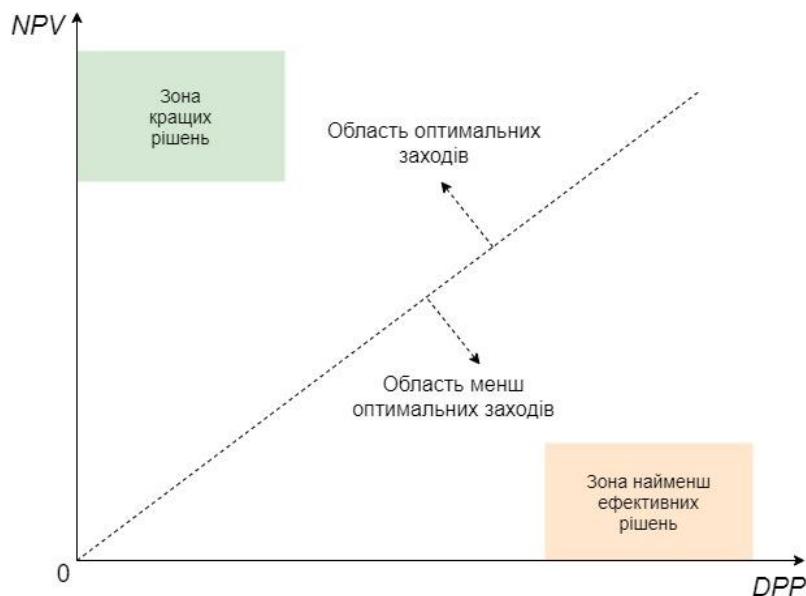


Рисунок 3 – Діаграма для порівняння ефективності заходів однієї групи

Як видно із діаграми, множину потенційних заходів можна графічно розподілити на дві частини – область найбільш оптимальних заходів та область менш оптимальних заходів, і в залежності від області, в яку потрапляє захід згідно його розрахункових параметрів, можна зробити висновок про доцільність впровадження того чи іншого заходу.

Так ми отримуємо наведені (дисконтовані) суми грошового потоку в кожному з майбутніх періодів протягом життєвого циклу проєкту. Потім обчислюємо їх накопичувальну суму по роках і порівнюємо з

початковими інвестиціями. До числа пріоритетних проєктів з точки зору фінансового аналізу необхідно віднести ті, у яких максимальний чистий дисконтований дохід (*NPV*) або індекс прибутковості інвестицій (*IRR*) поєднується з мінімальним дисконтованим терміном окупності (*DPP*).

Однак для об'єктивного оцінювання доцільності та ефективності впровадження заходів з підвищення енергоефективності необхідно розглядати технічні та фінансові показники комплексно.

Для коректного порівняння різних варіантів вони наводяться в зіставних умовах. Приведемо приклад розрахунку економічних показників для заходів, розглянутих в таблиці 3. Нарівні з розрахунком кількісних ефектів необхідно експертно враховувати і якісні (поліпшення мікроклімату, підвищення комфорту і т.п.).

На основі результатів енергетичних аудитів в будівлях комунальної сфери приведемо приклади розрахунку значення економії енергоносіїв та зміни технічних характеристик огорожувальних конструкцій, інженерних систем, кліматичних умов до та після впровадження ряду заходів з підвищення енергетичної ефективності.

За основу взято будівлю з термічним опором зовнішніх стін  $R_0=1,38(\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$ . В подальшому саме значення термічного опору використовуватиметься для комплексного оцінювання доцільності впровадження заходів.

Розрахунок та аналіз всіх параметрів оцінювання заходів з енергозбереження будівлі наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Параметри оцінювання заходів з енергозбереження будівлі [6,7,9].

Група заходів	Захід	К <sub>т.е.</sub>	NPVQ	NPV, грн	DPP, років, місяців
Підвищення термічного опору	1. Утеплення зовнішніх стін	0,34	0,12	57 162,63	11,7
	2. Заміна вікон	0,84	0,07	4 560,12	12,3
Підвищення ККД системи опалення	3. Модернізація ІТП	0,067	3,10	1 726 455,7	2,7
	4. Промивка системи опалення	0,91	2,7	416 546,1	2,10

Наступним кроком знаходяться відношення початкових та кінцевих технічних показників для кожного заходу з підвищення енергоефективності у кожній групі, відповідно.

Наприклад, для групи заходів, що збільшують термічний опір огорожувальних конструкцій, знаходиться відношення початкового значення термічного опору та термічного опору після впровадження енергозберігаючих заходів. В групу заходів може входити, наприклад, теплова ізоляція зовнішніх стін та заміна вікон, які і будуть порівнюватися за своєю доцільністю та ефективністю впровадження.

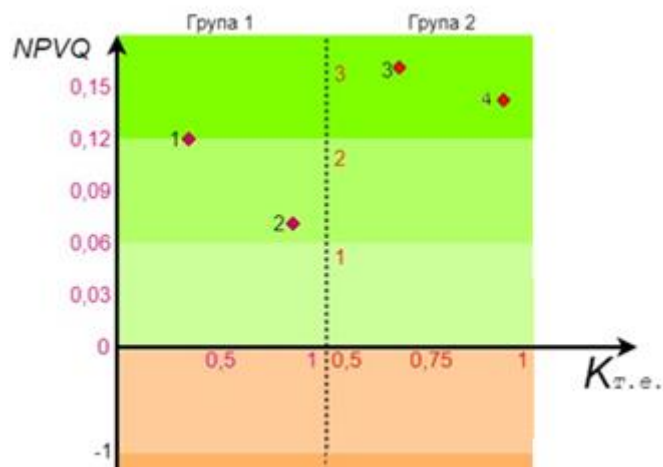


Рисунок 4 – Діаграма розподілу заходів за рівнем доцільності їх впровадження

На діаграмі (рим. 4) графічно зображено розташування точок, що відповідають заходам із таблиці 3. Виходячи із положення точок, можна зробити висновок, що найдоцільнішими для впровадження будуть заходи під номером 1 та 3 у першій та другій групах, відповідно.

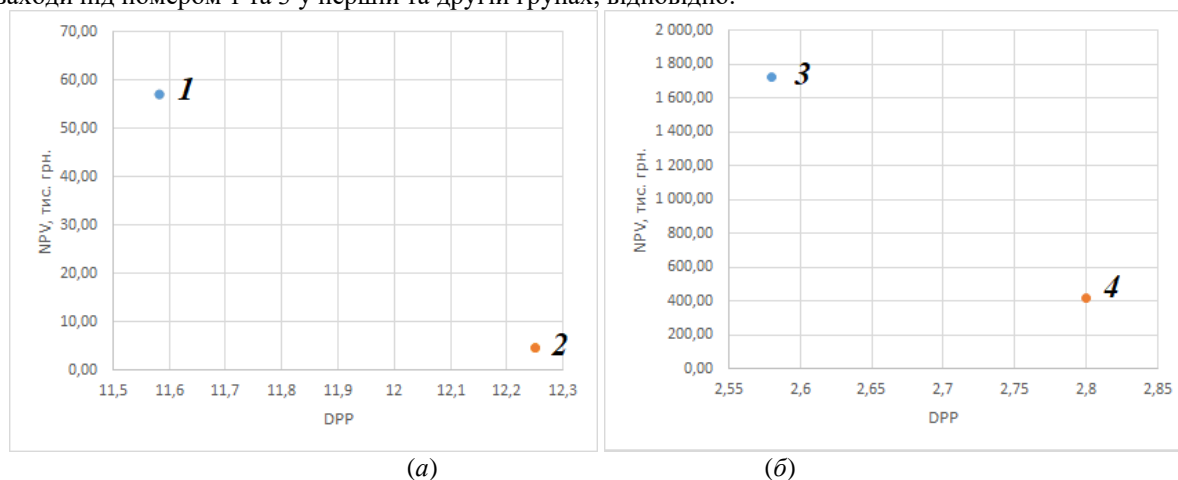


Рисунок 5 – Порівняння заходів (а) групи підвищення термічного опору; (б) групи підвищення ККД системи опалення.

Однак, бувають випадки, зробити чіткий висновок доволі складно, як у випадку із заходами другої групи. В таких випадках варто застосувати метод оцінювання за допомогою відношення  $NPV$  до дисконтованого терміну окупності  $DPP$ , побудувавши діаграму рисунку 5.

Оцінювання доцільності впровадження того чи іншого заходу з підвищення енергетичної ефективності здійснюється графічним способом на основі двох показників – відношення початкових та кінцевих технічних параметрів та індексу рентабельності  $NPVQ$ . Тому, проаналізувавши показники наведених заходів найефективнішим в даному випадку є модернізація ТП.

#### Висновки

Розглянуті динамічні методи оцінки доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери дають змогу більш точно оцінити фінансові показники за час життєвого циклу будівлі. Визначено, що на розрахункові моделі впливають внутрішні та зовнішні фактори та складність точного визначення майбутніх грошових надходжень від кожного окремого заходу.

У той же час, разом з економічними факторами також слід враховувати і технічні. Запропонований у даній роботі алгоритм оцінювання доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності у будівлях комунальної сфери дає змогу комплексно оцінити технічні та економічні показники при аналізі окремих заходів. Даний алгоритм ґрунтується на застосуванні графічних моделей комплексного представлення технічних та економічних показників. Тому його використання допоможе прийняти рішення щодо впровадження саме таких заходів з підвищення енергетичної ефективності, які дозволять не лише зекономити кошти, окупити інвестиції, але й підвищити рівень комфорту перебування в будівлях та досягти рівня мінімальних вимог чинних нормативно-правових актів.

#### Список використаної літератури

1. Про енергетичну ефективність: Закон України від 17 груд. 2020 р. №4507. URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=70687](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70687) (дата звернення: 21.10.2021).
2. Додонов Б. Моніторинг енергоефективності України 2015. URL: [https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/environment\\_energy/energy\\_efficiency\\_ukraine2015.html](https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/environment_energy/energy_efficiency_ukraine2015.html)
3. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, «НЕК «Укренерго», Науково-технічний центр електроенергетики. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту. URL: [https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf)
4. Указ президента України Про стратегію сталого розвитку “Україна – 2020”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>
5. ДИРЕКТИВА ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ І РАДИ 2009/125/ЄС від 21 жовтня 2009 року про рамки для встановлення вимог до екодизайну для пов’язаних з енергоспоживанням продуктів (нова редакція). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011-09#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-09#Text)

6. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80#Text>

7. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування. Енергоефективність в муніципальному секторі. URL: <https://enecities.org.ua/upload/files/3energoefweb%281%29.pdf>

8. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України «НЕК «Укренерго» Науково-технічний центр електроенергетики. Законодавче та нормативно-правове стимулювання підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у провідних зарубіжних країнах. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/1.Zakonodavche-stymulyuvannya-energoefektyvnosti.pdf>

9. Закон України Про енергозбереження. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1994, № 30, ст.283. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>

**D. Derevinko**<sup>1,2</sup>, Ph. D, Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-4877-5601

**S. Zaichenko**<sup>1</sup>, Doctor of Technical Science, Prof., ORCID 0000-0002-8446-5408

<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**N. Bospala**<sup>2</sup>, ORCID 0000-0002-4466-6491

<sup>2</sup>Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

### **METHODS OF THE FEASIBILITY EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY MEASURES IN COMMUNAL BUILDINGS**

*The paper is devoted to the peculiarities of determining the feasibility of analyses of the energy efficiency improvement measures for communal buildings with the help of economic and technical indicators. The considered dynamic methods of estimation of aforementioned measures for energy efficiency increase in buildings of municipal sphere allow to receive more exact financial indicators during a life cycle of the building. It is determined that the calculation models are influenced by internal and external factors and the difficulty of accurately determining future cash flows from each individual event is noted.*

*An algorithm for assessing the feasibility of implementing the measures to improve energy efficiency in communal buildings is proposed. This algorithm allows to comprehensively assess the technical and economic indicators in the analysis of individual measures of the energy efficiency improvement. This algorithm is based on the use of graphical models of the complex representation of technical and economic indicators. Its use helps the procedure of the analyses before the implementation of energy efficiency measures, which allows not only to save investment, but also to increase the level of comfort in buildings and reach the level of minimum requirements of current regulations.*

**Key words:** energy efficiency of buildings, energy saving, a set of measures to improve energy efficiency, energy resources, buildings, static and dynamic indicators.

#### **References**

1. On energy efficiency: Law of Ukraine of 17 December. 2020 №4507. URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=70687](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70687) (access date: 21.10.2021).

2. Dodonov B. Energy Efficiency Monitoring of Ukraine 2015. URL: [https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/environment\\_energy/energy\\_efficiency\\_ukraine2015.html](https://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/environment_energy/energy_efficiency_ukraine2015.html)

3. Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine, NEC Ukrenenergo, Scientific and Technical Center of Electric Power Industry. Analysis of energy efficiency in developed foreign countries and dependence on their imports. URL: [https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf)

4. Decree of the President of Ukraine on the Sustainable Development Strategy "Ukraine - 2020". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5/2015#Text>

5. DIRECTIVE 2009/125 / EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 on a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products (new version). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011-09#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011-09#Text)

6. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of November 25, 2015 № 1228-r On the National Action Plan on Energy Efficiency until 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80#Text>

7. Training manual for local government officials. Energy efficiency in the municipal sector. URL: <https://enecities.org.ua/upload/files/3energoefweb%281%29.pdf>

8. Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine NEC Ukrenenergo Scientific and Technical Center of Electric Power Industry. Legislative and regulatory incentives to increase the efficiency of energy use in leading foreign countries. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/05/1.Zakonodavche-stymulyuvannya-energoefektyvnosti.pdf>

9. Law of Ukraine on Energy Conservation. Information of the Verkhovna Rada of Ukraine (VVR), 1994, № 30, p.283. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text>

Надійшла 18.01.2022

Received 18.01.2022