

МЕТОДОЛОГІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ОЦІНКИ ЗАТРАТ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ПАСИВНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ДЛЯ УМОВ УКРАЇНИ

Юрченко Є.Л., Коваль О.О., Савицький М.В., Коваль А.С.

Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури"
м. Дніпропетровськ, Україна

АНОТАЦІЯ: У статті на основі розробленої методики раціонального проектування наведені результати розрахунків які засвідчують, що впровадження пасивних житлових будівель в Україні сьогодні економічно доцільно тільки при безпроцентному кредитуванні.

АННОТАЦИЯ: В статье на основании разработанной методики рационального проектирования приведены результаты расчетов которые, свидетельствуют о том, что внедрение пассивных жилых домов в Украине сегодня экономически целесообразно только при беспроцентном кредитовании.

ABSTRACT: The reasech presents an improved method of rational design of energy - efficient low-rise residential buildings according to their life cycle. The calculations prove the fact that the construction of passive houses in Ukraine today is economically feasible only within the interest-free loans.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Енергоефективність, малоповерхові житлові будівлі, раціональне проектування, життєвий цикл будівлі.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення ефективності використання енергії неможливе без науково-технічних розробок, що спрямовані на реалізацію особистих заходів в будівництві. Директива Європейського Союзу про енергетичну ефективність будівель зобов'язує спрямувати науково-технічні розробки на адаптацію будівельних стандартів та вимог до будівництва будівель з мінімальним споживанням енергії. Враховуючи економічну ситуацію в Україні, на перший план виходить економічна складова енергетичної ефективності, що базується на економічній оцінці доцільності проектних рішень у житловому будівництві. Виходячи із цього, актуальним завданням у малоповерховому житловому будівництві України, є вдосконалення наукових положень з проектування енергоефективних будівель з урахуванням їх життєвого циклу.

Метою статті є викладення теоретичних положень методики раціонального проектування енергоефективних та пасивних житлових будівель з урахуванням їх

життєвого циклу, а також висвітлення отриманих із застосуванням розробленої методики результатів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

В основу методики раціонального проектування житлових будівель прийнятий метод розрахунку сукупної (дисконтованої) вартості, що полягає в приведенні всіх витрат по зведенню та демонтажу будівельного об'єкту, а також витрат з експлуатації житлової будівлі за весь термін служби в розрахункову суму в році очікуваного знесення будинку (накопичені витрати).

Сукупні витрати на будівництво, експлуатацію та демонтаж будівлі визначаються відповідно до залежності:

$$Z_{i,t} = K_i g^t + E_i \frac{g^t - 1}{g - 1} + D_i, \quad (1)$$

де K_i – капітальні вкладення (інвестиції) на будівництво будівлі згідно i -му варіанту;

E_i – річні експлуатаційні витрати на утримання будівлі згідно i -му варіанту;

D_i – витрати, пов'язані з демонтажем будівельного об'єкту (утилізацією його будівельних матеріалів і т.д.);

t – термін служби (експлуатації), рік;

g – коефіцієнт накопичення: $g = 1 + p$;

p – норма дисконту, що дорівнює прийнятній для інвестора нормі прибутку на капітал;

g^t – коефіцієнт дисконтування (дисконтний множник) на кінець розрахункового періоду:

$g^t = (1 + p)^t$;

$(g^t - 1)/(g - 1)$ – коефіцієнт зростання поточних платежів, приведених до майбутнього моменту часу для ряду однорідних по періодах платежів.

Математична модель задачі пошуку оптимального проекту енергоефективної будівлі формулюється у формі задачі нелінійного програмування: мінімізувати сукупні витрати на будівництво, експлуатацію та демонтаж будівлі (1) за визначених обмежень. З урахуванням складових витрат математична модель має вигляд:

$$Z_{i,t} = (ПЗ + НР + СП + ІС + П_p З)_i g^t + \left[C_{heat} \times Q^{heat} + C_{el} \times Q^{el} + C_v \times V^v + C_{gas} \times V^{gas} + \right]_i \times \frac{g^t - 1}{g - 1} + D_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $ПЗ$ – прямі витрати;

$НР$ – накладні витрати;

$СП$ – кошторисний прибуток (планові накопичення);

$ІС$ – витрати на придбання та монтаж технологічного обладнання та інженерних систем;

$П_p З$ – інші витрати, пов'язані з додатковими затратами при виконанні будівельно-монтажних і налагоджувальних робіт у зимовий час, витрати на будівництво тимчасових будинків та споруд і ін.

C_{heat} – вартість теплової енергії (грн/Гкал);

C_{el} – вартість електричної енергії (грн/кВт*год);

C_v – вартість водопостачання (грн/м³);

C_{gas} – вартість газопостачання (грн/м³);

Q^{heat} – річне теплоспоживання будівлі за опалювальний період, Гкал;

Q^{el} – річне споживання будівлі електрики, кВт*год;

V^v – річне споживання будівлі води, м³;

V^{gas} – річне споживання будівлі газу, м³

Обмеженнями задачі оптимізації є:

- тривалість опалювального періоду, GD - кількість градусодіб;
- вартість теплової енергії, електроенергії, газу та води;
- термін експлуатації будівлі t , років;
- ставка інвестування капіталу p - 0 ... 20%;
- питомі витрати теплової енергії q , кВт год/(м²·рік),

Математична модель (2) надає можливість визначити економічну доцільність реалізації проектів енергоефективних і пасивних будинків, а також оцінити інвестиційну привабливість застосування різних інноваційних енергозберігаючих технологій в Україні. Для чого необхідно порівняти варіанти проектів житла, використовуючи як обмеження задачі оптимізації питомі витрати теплової енергії q , кВт*год/(м²·рік), які мають порівнюватися з контрольними показниками витрати теплової енергії:

- згідно чинних норм $q \leq E_{max}$, кВт*год/(м²·рік);
- із стандартами будинку низького споживання енергії $q \leq 70$ кВт год/(м² рік);
- із стандартами пасивного будинку $q \leq 15$ кВт год/(м² рік).

Оптимальним варіантом енергоефективної будівлі є раціональне сполучення конструктивної й інженерно-технологічної складової енергетичної ефективності будівлі, що дозволить одержати мінімальні сукупні витрати на будівництво, експлуатацію та демонтаж об'єкта.

Запропонована методика використовувалася для розв'язання задачі пошуку оптимального варіанту проекту малоповерхових енергоефективних будівель для умов першої температурної зони України.

На основі базового варіанту (двоповерхова житлова будівля з дерев'яним каркасом) було розроблено та проаналізовано сімнадцять варіантів проектів цієї будівлі, що відрізняються капітальними витратами на будівництво та споживанням теплової енергії при експлуатації об'єкту У табл. 1 скорочено наведено характеристики окремих варіантів.

Таблиця 1

Показники варіантів проектів енергоефективної будівлі (скорочено)

№ варіанту	Опис варіанту проекту	Капітальні вкладення на будівництво, грн. *	Питоме теплоспоживання, $q_{буд}$, кВт год/м ²	Клас енергетичної ефективності	
				згідно ДБН	європейська класифікація
1	Базовий варіант (товщина утеплювача стін – 100мм; горищного перекриття – 200 мм; підлоги по ґрунту – 50мм; вікна – одинарний склопакет)	342 978,0	96,1	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²

№ варіанту	Опис варіанту проекту	Капітальні вкладення на будівництво, грн. *	Питоме теплоспо- живання, $q_{буд.}$ кВт год/м ²	Клас енергетичної ефективності	
				згідно ДБН	європейська класифікація
3	Додаткове утеплення стін на 100мм	362 624,4	82,3	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²
5	Додаткове утеплення горищного перекриття на 100мм	349 664,4	92,9	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²
7	Додаткове утеплення підлоги по ґрунту на 100мм	345 960,0	90,9	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²
9	Додаткове утеплення стін на 100мм; горищного перекриття на 100мм; підлоги по ґрунту на 100мм	372 278,4	73,8	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²
10	Встановлення віконних склопакетів $R=0,8 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$	347 817,6	87,3	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²
11	Встановлення віконних склопакетів $R=1,14 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$	354 987,6	81,4	В	“Новий будинок” до 150 кВт год/м ²
13	Додаткове утеплення стін на 100мм; горищного перекриття на 100мм; підлоги по ґрунту на 100мм Встановлення віконних склопакетів $R=1,14 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$	384 288,0	58,9	А	“Будинок низького споживання енергії” до 70 кВт год/м ²
14	Встановлення рекуператорів	372 034,8	65,9	В	“Будинок низького споживання енергії” до 70 кВт год/м ²

№ варіанту	Опис варіанту проекту	Капітальні вкладення на будівництво, грн. *	Питоме теплоспо- живання, $q_{буд}$, кВт год/м ²	Клас енергетичної ефективності	
				згідно ДБН	європейська класифікація
15	Додаткове утеплення стін на 50мм; горищного перекриття на 50мм; підлоги по грунту на 50мм. Встановлення віконних склопакетів $R=0,8 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ Встановлення рекуператорів	391 528,8	43,3	A	“Будинок низького споживання енергії” до 70 кВт год/м ²
16	Додаткове утеплення стін на 100мм; горищного перекриття на 100мм; підлоги по грунту на 100мм Встановлення віконних склопакетів $R=1,14 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ Встановлення рекуператорів	413 344,8	28,7	A	“Будинок низького споживання енергії” до 70 кВт год/м ²
17	Пасивний будинок	431 016,0	14,8	A	“Пасивний будинок” до 15 кВт год/м ²
Примітка: * - вартість капітальних витрат на будівництво будинку (з урахуванням ПДВ) без вартості інженерного обладнання та комунікацій, без урахування накладних витрат і відрахувань, без урахування прибутку.					

Дані, наведені в табл. 1 засвідчують, що здороження пасивного будинку (варіант 17) в порівнянні з базовим (варіант 1) становить 25,7%.

Дані варіанти розрізняються рівнем теплового захисту огорожуючих конструкцій і використанням різних енергозберігаючих інженерних технологій. Всі варіанти, від базового, з питомим теплоспоживанням $96,1 \text{ кВт год/м}^2$ до пасивного будинку ($q_{рік} = 15 \text{ кВт год/м}^2$), задовольняють вимогам діючих будівельних норм (класи енергоефективності – А та В). Максимально допустиме нормативне теплоспоживання для розрахункових варіантів $E_{max} = 122 \text{ кВт год /м}^2$.

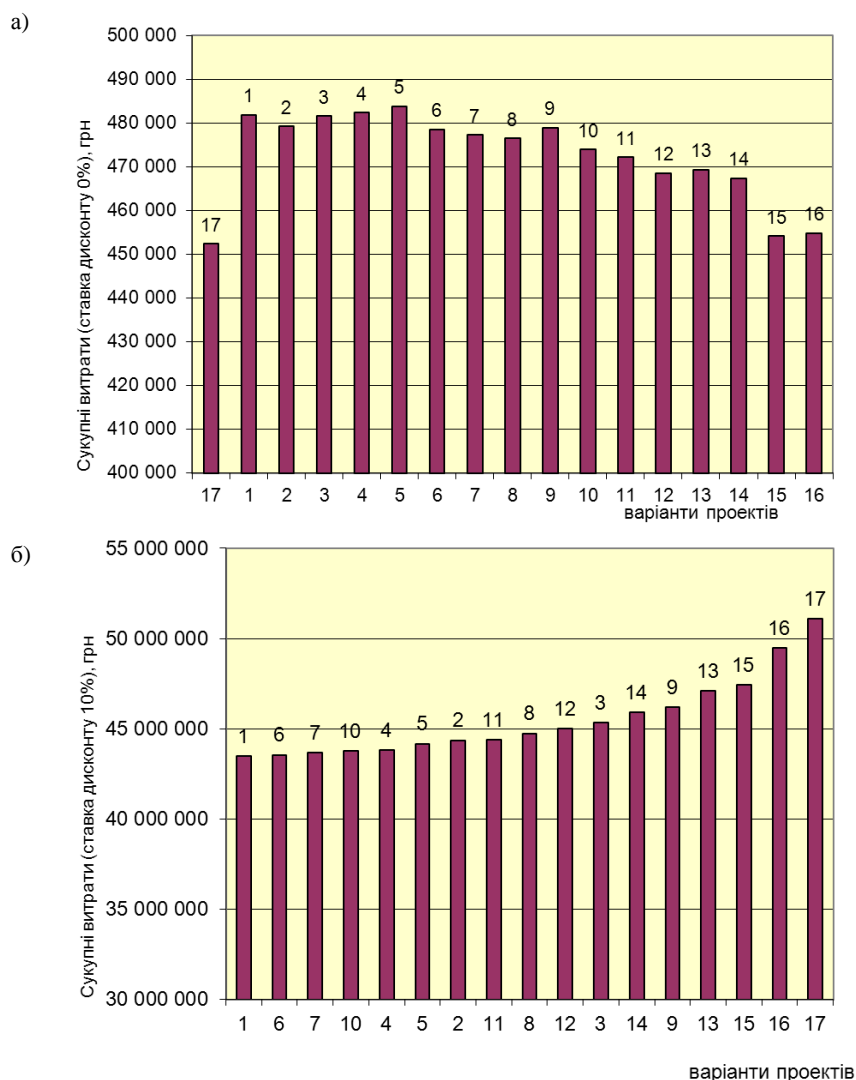


Рис. 1. Сукупна вартість житлового циклу проектів малоповерхового житлового будинку за варіантами 1 (базовий) ... 17 (пасивний будинок), при ставці дисконту: а) – 0%; б) – 10%

У роботі були поставлені та вирішені задачі раціонального проектування (пошуку раціонального варіанту проекту із сімнадцяти запропонованих – див. табл. 1) з такими обмеженнями:

- термін експлуатації будівлі 50 років при існуючій вартості на енергоносії (графічне відображення результатів наведено на рис. 1);
- термін експлуатації будівлі 50 років при різній прогнозованій вартості на енергоносії;

ВИСНОВКИ

1. Результати розрахунків свідчать, що без урахування зміни вартості грошей в часі (дисконтування) оптимальним є варіант пасивного будинку. При урахуванні зміни вартості грошей у часі (ставках дисконту більш ніж 10%) - оптимальним є базовий варіант (рис. 1).

2. При прогнозованому здороженні вартості енергоносіїв (до 800 грн за ГКал), впровадження окремих енергоефективних заходів, а саме: встановлення ефективних

склопакетів, застосування рекуператорів повітря та ін., становиться економічно доцільним.

3. Дані проведених розрахунків засвідчують, що реалізація пасивного будівництва в Україні сьогодні економічно доцільно тільки при безпроцентному кредитуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваль Е.А. Энергоэффективность архитектурно-конструктивных систем малоэтажных жилых зданий: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Коваль Е.А. – Днепропетровск, 2012. – 152 с.
2. Совершенствование методики рационального проектирования малоэтажных жилых зданий с учетом их жизненного цикла / [Н.В. Савицкий, Е.Л. Юрченко, Е.А. Коваль, Т.А. Ковтун-Горбачева] // Theoretical foundations of civil engineering. – Warsaw: WUT, 2011. - Vol. №19. – P. 307-312.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2013 р.