

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 620.98

В.І. Дешко, Н.А. Буяк

ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ЗАХИСТ БУДІВЛІ З РІЗНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОТИ

Вступ

Для України характерна проблема низької ефективності використання теплової енергії для забезпечення відповідного мікроклімату в будівлях. Питання теплової ефективності будівель пов'язане з вибором джерела тепла та захисних властивостей огорожувальних конструкцій. Оскільки ці рішення передбачають значні початкові інвестиції, то виникає потреба в техніко-економічному аналізі різноманітних альтернатив.

Енергетична ефективність будівлі з ростом термічного опору огорожувальних конструкцій зростає. В умовах постійної зміни цін на енергоносії врахування вартісної сторони при визначенні оптимальних теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівлі є досить актуальною.

Будівля є складною системою, тому питання вибору джерела тепла та захисних властивостей огорожувальних конструкцій повинні розглядатися в комплексі.

При звичайному розрахунку оптимальної товщини теплоізоляції в праці [1] не враховується зміна вартості грошей у часі і, крім того, не конкретизується, як враховувати зміну вартості енергоносіїв. Не береться до уваги можливий вплив рівня теплового захисту будівлі не тільки на кількісні, але і на якісні показники теплопостачання.

Існують пропозиції визначати доцільність збільшення товщини теплоізоляції, розраховуючи економію енергоносіїв [2]. При використанні автономних джерел особлива увага зосереджена на зменшенні капітальних вкладень у джерело тепла при зростанні захисних властивостей огорожувальних конструкцій, що продемонстровано на прикладі теплових pomp.

Оптимальну товщину теплоізоляції можна визначати через максимум чистого дисконтованого прибутку [3]. Такий розрахунок враховує тільки тариф на теплову енергію і не враховує вибране джерело тепла, інвестиції, пов'язані з ним, їх зменшення у зв'язку з пок-

рашенням захисних властивостей огорожувальних конструкцій. Автори методики [3] наголошують на неприпустимості використання бездисконтних методів розрахунку інвестицій (перші два проаналізовані методи дисконтування не враховують), для яких термін окупності є більшим, ніж три роки. Оскільки термін окупності енергоефективних джерел тепла, а також додаткового шару ізоляції – більший, то і врахування дисконтування є обов'язковим при виборі оптимальних значень огорожувальних конструкцій.

Отже, вибір оптимальних захисних властивостей огорожувальних конструкцій є складним питанням, при якому необхідно враховувати дисконтування, ціни на різні енергоресурси, які мають тенденцію до стрімкого зростання, енергоефективність та капітальні затрати на джерело тепла, їх зміну при зменшенні теплового навантаження будівлі.

Постановка задачі

Оскільки питання вибору джерела тепла є актуальним, то необхідно оцінити доцільність використання різних джерел тепла, враховуючи їх енергоефективність та зміну вартості в часі енергоносіїв, застосовуючи метод руху грошових коштів (тобто визначення доцільності застосування різних джерел тепла з енергетичного та економічного боку).

Для підвищення енергоефективності будівель пропонується розглянути вибір економічно доцільного теплового захисту в поєднанні з джерелом теплопостачання.

Вихідні положення

Для розв'язання поставленої задачі використаємо функцію, що враховує такі чинники:

- 1) енергетичну ефективність джерела тепла та термічний опір огорожувальних конструкцій;
- 2) вартість джерела тепла та енергоефективних огорожень, їх монтажу та обслуговування, термін експлуатації;
- 3) зменшення вартості теплогенерувальної установки при зростанні захисних властивостей огорожувальних конструкцій;
- 4) тенденції зміни цін на енергоресурси, що споживаються;
- 5) зміну вартості грошей у часі;
- 6) погодні та кліматичні умови;
- 7) призначення та режими експлуатації будівлі.

Вибір джерела тепла

Вибір джерела тепла можна здійснювати за допомогою методу аналізу руху грошових коштів:

$$B = \sum_{t=0}^n \frac{B_t^{\text{обслуг}}}{(1+E)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{B_t^{\text{енерг}}(1+k)^t}{(1+E)^t} + I_0, \quad (1)$$

де $B_t^{\text{енерг}}$ – річні затрати за спожиті енергоносії, грн; $B_t^{\text{обслуг}}$ – інші затрати, грн; k – коефіцієнт, що враховує приріст цін на енергоносії [4]; I_0 – капітальні затрати, грн; n – час, для якого визначаються інтегральні дискontовані витрати, роки; E – ставка дискontування [5].

Для того щоб оцінити тенденції та зміну руху грошових коштів для різних систем опалення, проведемо розрахунок для 1 кВт встановленої потужності, враховуючи середньосезонний коефіцієнт використання встановленої потужності для умов Києва, що дорівнює 40%. Тривалість опалювального періоду становить 187 дб.

Проаналізувавши ринкові ціни на газові, електричні котли, теплові помпові установки (ТПУ) та кабельне електроопалення, визначимо середню вартість установки кожного виду в розрахунку на установлений 1 кВт потужності, витрати на обслуговування, спожиті під час опалювального періоду енергоносії при середньому навантаженні. Ринкові ціни на джерела тепла та вартість енергоносіїв для населення в м. Києві взяті за станом на початок 2008 р. Витрати на систему опалення та її встановлення враховані для кабельного опалення, для інших варіантів вважаємо, що в квартирі вже є встановлена система опалення, яка відповідає всім вимогам. Отримані дані занесено в табл. 1, де використані такі ж позначення, як і у формулі (1), але віднесені до 1 кВт встановленої потужності.

Таблиця 1. Вартісна оцінка систем опалення

Тип системи опалення	Питомі капітальні затрати i_0 , грн/кВт	Питомі річні витрати на обслуговування $b_t^{\text{обслуг}}$, грн/(кВт·рік)	Спожиті енергоносії за опалювальний період	Питома вартість спожитих енергоносіїв $b_t^{\text{енерг}}$ за рік $t = 0$, грн
Газовий котел	500	24	230 м ³	260
Електричний котел	300	12	1850 кВт·год	230
Теплова помпа	2800	7	450 кВт·год	60
Кабельне електроопалення	1100	1	1850 кВт·год	223
Централізоване тепlopостачання	–	–	1,5 Гкал	221

Спожиті енергоносії за опалювальний період визначаються множенням середньосезонного коефіцієнта використання встановленої потужності на тривалість опалювального періоду і діленням на енергоефективність джерела тепла. Енергоефективність електричного опалення беремо 0,95, ТПУ типу ґрунт–вода – 3, газового котла – 0,85, теплоту згоряння природного газу – 8050 ккал / м³.

Таблиця 2. Термін окупності різних систем опалення

Тип системи опалення	Термін окупності системи, роки	
	Порівняно з централізованим опаленням	Порівняно з автономним газовим котлом
Автономний газовий котел	0,9	–
Електричний котел	2,8	10,2
ТПУ	3,8	8,3
Кабельне електроопалення	4,3	11

Результати розрахунків наведено на рис. 1. Графіки руху грошових коштів як інтегральні дискontовані питомі витрати при застосуванні газового, електричного котлів, ТПУ, кабельного обігріву, централізованого тепlopостачання (рис. 1, а) дали можливість отримати дані про окупність систем опалення порівняно з іншими (табл. 2). Термін окупності одного джерела тепла порівняно з іншим визначається точкою перетину відповідних графіків інтегральних дискontованих витрат, тобто точкою перетину графіків на рис. 1. а.

Отже, нині найефективніше використовувати централізоване опалення, оскільки питомі

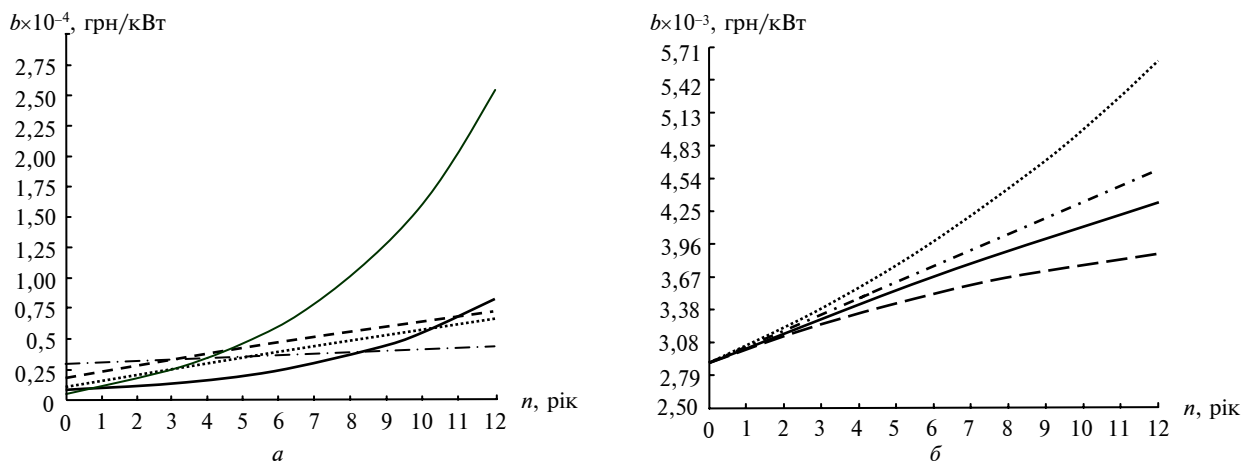


Рис. 1. Графіки руху грошових коштів: *a* – b_1 (—), b_2 (.....), b_3 (-·-·), b_4 (- - -), b_5 (—) – інтегральні дисконтовані питомі витрати із застосуванням відповідно газового опалення, електроопалення, ТПУ, кабельного обігріву, централізованого теплопостачання, грн/кВт; *б* – b_{31} (—), b_{32} (.....), b_{33} (-·-·), b_{34} (- - -) – інтегральні питомі витрати при використанні ТПУ: b_{31} – з врахуванням дисконтування і зміни вартості в часі електроносіїв; b_{32} – з врахуванням тільки дисконтування; b_{33} – з врахуванням тільки зміни вартості в часі електроносіїв; b_{34} – без врахування ні дисконтування, ні зміни вартості в часі електроносіїв, грн/кВт

дисконтовані витрати для нього на період часу $t = 0$ є найменшими, через 0,9 року газовий котел повністю себе окуповує. Через вісім років окупить себе і ТПУ порівняно з газовим котлом, що пов'язано із значними початковими (капітальними) затратами. Окупність електричних джерел тепла порівняно з газовим котлом пояснюється більшими тенденціями росту цін на газ, ніж на електроенергію.

На прикладі ТПУ проведено аналіз впливу врахування дисконтування (E) і зміни ціни на енергоносії (k) порівняно з результатами розрахунків, коли ці фактори враховані (рис. 1, б, табл. 3). Врахування дисконтування є обов'язковим, коли розрахунок проводиться на термін, більший, ніж три роки. Неврахування дисконтування дає більшу зміну витрат, ніж неврахування зміни вартості енергоносіїв (у даному випадку енергоносієм є електрична енергія, тенденції зміни ціни на яку є незначними). При

врахуванні обох факторів при терміні окупності п'ять років (який є найпривабливішим для інвесторів) зміна витрат становить 1,7 % і при збільшенні терміну також збільшується.

Таким чином, на прикладі ТПУ показано, що врахування k і E є доцільним, оскільки термін окупності ТПУ є більшим, ніж 5 років (при терміні, більшому, ніж 5 років, зміна витрат при неврахуванні k чи E досягає 5 %).

Вибір оптимальних захисних властивостей огорожувальних конструкцій

Економічно доцільний термічний опір ізоляції визначають таким чином [1]:

$$R_{\text{опт}} = \left[\frac{C_k + C_{\text{ек}} T}{\lambda C_{\text{і3}}} \right]^{0,5}, \quad (2)$$

де $R_{\text{опт}}$ – термічний опір ізоляції, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$; C_k – капітальні інвестиції, грн; $C_{\text{ек}}$ – річні експлуатаційні витрати на опалення будівель, грн; λ – теплопровідність матеріалу, $\text{Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$; T – термін окупності інвестицій; $C_{\text{і3}}$ – вартість 1 м^3 теплоізоляції.

Оптимальну товщину теплоізоляції можна визначати через максимум [3]:

$$\text{ЧДП} = -S - I\delta + 24G_0 \times$$

Таблиця 3. Зміна витрат при використанні ТПУ в системах опалення, %

Умови розрахунку	Зміна витрат		
	$n = 10$ років	$n = 5$ років	$n = 3$ роки
Без врахування E	21	6,2	2,7
Без врахування k	8,2	3,1	1,4
Без врахування E і k	5,3	1,7	0,8

$$\times \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_0 + \frac{\delta}{\lambda}} \right) \sum_{t=1}^T \Delta E_t \frac{1+\mu}{1+p}, \quad (3)$$

$$\delta = \lambda \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T \Delta E_t \frac{1+\mu}{1+p}}{\lambda I}} - R_0 \lambda, \quad (4)$$

де ЧДП – чистий дисконтований прибуток, грн; S – стала частина інвестиційних затрат на ізоляцію, грн/м; I – ціна 1 м³ теплової ізоляції, грн/м³; δ – товщина теплової ізоляції, м; G_0 – тариф на теплову енергію в опалювальному періоді, грн/ГДж; R_0 – опір теплопередачі стіни без теплоізоляції, м²·К/Вт; λ – теплопровідність теплоізоляції, Вт/м·К; ΔE_t – економія засобів в t -у році, пов'язана із зменшенням затрат енергії до і після встановлення теплоізоляції, грн; μ – норма інфляції; p – ставка дисконту; T – прийнятий термін експлуатації теплової ізоляції, роки.

У формулі (2) не конкретизовано, яким чином враховувати зміну вартості енергоносіїв та дисконтування. А при максимізації ЧДП (формула (3)) враховано тільки тариф на теплову енергію і не враховане вибране джерело тепла, інвестиції, пов'язані з ним, їх зменшення у зв'язку з покращенням захисних властивостей огорожувальних конструкцій. З метою отримання результатів, які враховують зазначені вище зауваження, функціями для мінімізації вибрано інтегральні дисконтовані витрати коштів B за певний проміжок часу:

$$B = \sum_{t=0}^n \frac{B_t^{\text{обслуг}}}{(1+E)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{B_t^{\text{енерг}}(1+k)^t}{(1+E)^t} + I_0 + I_{\text{із}}, \quad (5)$$

де $I_{\text{із}}$ – витрати на покращення захисних властивостей огорожувальних конструкцій, грн; n – вибраний горизонт розрахунку, тобто термін, на який проводиться розрахунок, роки; I_0 – капітальні затрати на придбання теплогенеруючого обладнання (детальний розрахунок їх залежно від захисних властивостей огорожувальних конструкцій для котельні наведено в [6]), грн.

Річні витрати за спожиті енергоносії можна визначити таким чином:

$$B_t^{\text{енерг}} = \frac{Q_{\text{рік}} C}{\varepsilon}, \quad (6)$$

де $Q_{\text{рік}}$ – витрати тепла за рік будівлею, кВт·год [7]; C – вартість енергоносія, що споживається генератором тепла, грн/кВт·год; ε – коефіцієнт, що враховує ефективність системи опалення [8, 9].

Витрати тепла будівлею за рік визначаємо такою формулою:

$$Q_{\text{рік}} = \left(\sum_i F_i \frac{1}{R_i + R_{\text{із}}} + \sum_j F_j \frac{1}{R_j} \right) 24 D_d + Q_v - Q_s - Q_1^{\text{оп}}, \quad (7)$$

де i – коефіцієнт, що визначає ті огорожувальні конструкції, для яких можливе встановлення додаткового ізоляційного шару; j – коефіцієнт, що визначає ті огорожувальні конструкції, які необхідно замінити з метою покращення термічного опору; F_i , F_j – площа огорожувальних конструкцій, м²; R_i , R_j , $R_{\text{із}}$ – термічний опір огорожувальних конструкцій та ізоляційного матеріалу, м²·К/Вт; D_d – кількість градусоднів опалювального періоду для конкретної температурної зони [10]; Q_v – втрати тепла на нагрів вентиляційного повітря за опалювальний період, кВт·год; Q_s – надходження тепла від сонця за опалювальний період, кВт·год; $Q_1^{\text{оп}}$ – надходження тепла від побутових приладів за опалювальний період, кВт·год.

Визначимо капітальні затрати на придбання теплогенеруючого обладнання

$$I_0 = i_0 P, \quad (8)$$

де P – необхідна встановлена потужність джерела тепла, кВт; i_0 – значення одиниці встановленої потужності джерела тепла (можна вибрати з табл.1), грн/кВт;

$$P = \left(\sum_i F_i \frac{1}{R_i + R_{\text{із}}} + \sum_j F_j \frac{1}{R_j} \right) (t_n - t_{3,n}) + Q_v' - Q_s' - Q_1^{\text{оп}'}, \quad (9)$$

де $t_{\text{п}}$ – температура повітря в приміщенні, К [7]; $t_{\text{з.п}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період, К [10]; Q_v' – втрати тепла через нагрів вентиляційного повітря за одиницю часу, кВт; Q_s' – надходження тепла від сонця за одиницю часу, кВт; $Q_1^{\text{оп}}$ – надходження тепла від побутових приладів за одиницю часу, кВт.

Покращити захисні властивості зовнішніх стін, покриттів і перекриттів можна, використовуючи додатковий ізоляційний шар з термічним опором R_{13} . Проте для покращення таких властивостей для дверей та вікон необхідна їх заміна. Вважаємо, що витрати на встановлення та купівлю ізоляційних матеріалів, вікон і дверей мають лінійну залежність від термічного опору:

$$I_{13} = \sum_i (A_i + B_i F_i) \lambda R_{13} + \sum_j (A_j + B_j F_j) R_j, \quad (10)$$

де A_i , A_j – коефіцієнти, що визначають вартість встановлення ізоляції, вікон чи дверей, грн/м, грн·Вт/м²·К; B_i – коефіцієнт, що враховує вартість ізоляційного матеріалу, грн/м³; B_j – коефіцієнт, що враховує вартість дверей чи вікон, зведену до їх опору теплопередачі, грн·Вт/м⁴·К; λ – теплопровідність ізоляційного матеріалу, Вт/м·К.

Така функція дає можливість враховувати зміну вартості енергоносіїв у часі за допомогою коефіцієнта k , дисконтування – за допомогою ставки дисконтування E , зміну капітальних затрат на джерело тепла – при зростанні теплового захисту (формула (8)), енергоефективність джерела тепла – за рахунок коефіцієнта ε . Крім того, враховувалося збільшення термодинамічної ефективності теплових pomp при зростанні теплового захисту і, як результат, зменшенні температури теплоносія при незмінних приладах системи опалення [8].

Вибір оптимального термічного опору ізоляційного матеріалу для зовнішньої стіни

Вибір оптимального термічного опору ізоляційного матеріалу для зовнішньої стіни на основі зазначеної вище методики проведено на моделі для конкретної кімнати в м. Києві, по-

Таблиця 4. Характеристика огорожувальних конструкцій приміщення

Конструкція стіни	Матеріал	δ , м	λ , Вт/м·К
Зовнішня стіна	Силікатна цегла	0,52	0,829
Вікно	Подвійне за-склення в дерев'яних роздільних переплетіннях	Термічний опір $R = 0,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ Площа $1,5 \times 2 \text{ м}^2$	
Стеля	Залізобетонне перекриття	0,22	0,507

будованої в 1981 р., розміри якої – $4 \times 4 \text{ м}^2$. Характеристики внесені в табл. 4. Термін розрахунку беремо в 10 років, оскільки через такий час зазвичай переглядаються норми теплового захисту.

На сучасному ринку представлено велике різноманіття ізоляційних матеріалів. Для розрахунку виберемо різні варіанти, теплотехнічні та вартісні показники яких занесено в табл. 5. Ціни на ізоляційні матеріали та джерела тепла можуть змінюватися, однак за допомогою даного прикладу проаналізуємо запропоновану модель.

На основі формул (5)–(10) проводимо розрахунок оптимальних термічних опорів ізоляції для моделі дослідження, враховуючи те, що тепlopостачання може здійснюватися від автономної котельні, електрокотла, кабельного опалення, теплової помпової установки, централізованого тепlopостачання.

Провівши оптимізацію функції (5) по R_{13} , отримаємо її оптимальне значення для вибраної моделі:

$$R_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{F_1(t_{\text{п}} - t_{\text{з.п}})i_0 + \frac{24F_1 D_d C}{\varepsilon} \sum_{t=0}^n \frac{(1+k)^t}{(1+E)^t}}{(A_1 + B_1 F_1) \lambda_1}} - R_1. \quad (11)$$

Таблиця 5. Характеристика теплоізоляційних матеріалів

Матеріал	Теплопровідність λ , Вт / м · К ,	Вартість встановлення A_1 , грн / м	Вартість одиниці об'єму B_1 , грн / м ³	Додаткові відомості про матеріали
Ековата	0,041	20	380	Екологічно чистий утеплювач
Екструзійний пінополістирол	0,025	12	120	Невисока густина, нульова капілярність, мале водопоглинання
Мінеральна вата	0,06	23	232	В Україні заборонена, оскільки містить токсичні фенольні елементи
Базальтове волокно	0,052	20	506	–

Отже, термічний опір теплоізоляції залежить від вартості опалювального обладнання та його енергоефективності, вартості енергоносіїв та тенденції її зміни в часі, вартості та теплопровідності ізоляційного матеріалу, площі огорожувальної конструкції, а також від характеристики погодних умов для моделі дослідження за опалювальний період. Отриманий вираз є дещо подібним до формули (2), однак тут конкретизовано, як саме розраховувати капітальні та експлуатаційні затрати, крім того, враховані дисконтування, зміна вартості в часі енергоносіїв та зміна вартості джерела тепла при зміні захисних властивостей огорожувальних конструкцій.

На рис. 2 і 3 наведено результати оптимізації, з огляду на які можна стверджувати, що витрати на систему з ТПУ та ізоляцією типу екструзійний пінополістирол будуть найменшими. Доцільність використання певного ізоляційного матеріалу з економічного боку зумов-

лена його вартістю та теплопровідністю. З розглянутих матеріалів найбільший оптимальний термічний опір має екструзійний пінополістирол, причому інтегральні дисконтовані витрати будуть найменшими.

Дана методика, що враховує зміну вартості в часі енергоносіїв, дала можливість отримати оптимальні значення термічного опору для різних джерел тепла. Слід також відзначити, що згідно з отриманими результатами найвищий термічний опір ізоляційного матеріалу необхідний для централізованого опалення, потім – для кабельного опалення, електричного і газового котла, ТПУ. Такий розподіл економічно доцільного термічного опору залежно від джерела опалення зумовлений взаємодією таких чинників, як зміна вартості в часі енергоносіїв, енергоефективність та вартість джерела. Прогнозована ціна на газ через 10 років є приблизно в 1,5 рази вищою за ціну на електричну енергію. Якщо

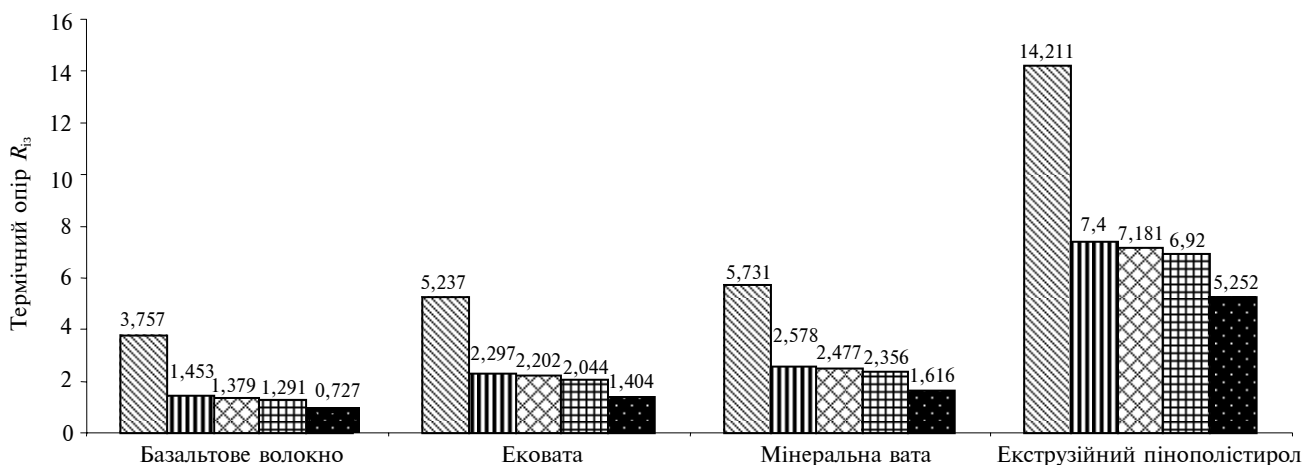


Рис. 2. Залежність інтегрованих дисконтованих витрат від типу ізоляційного матеріалу та джерела тепла: \square – централізоване опалення; \square – кабельне опалення; \square – електричний котел; \square – газовий котел; \square – ТПУ

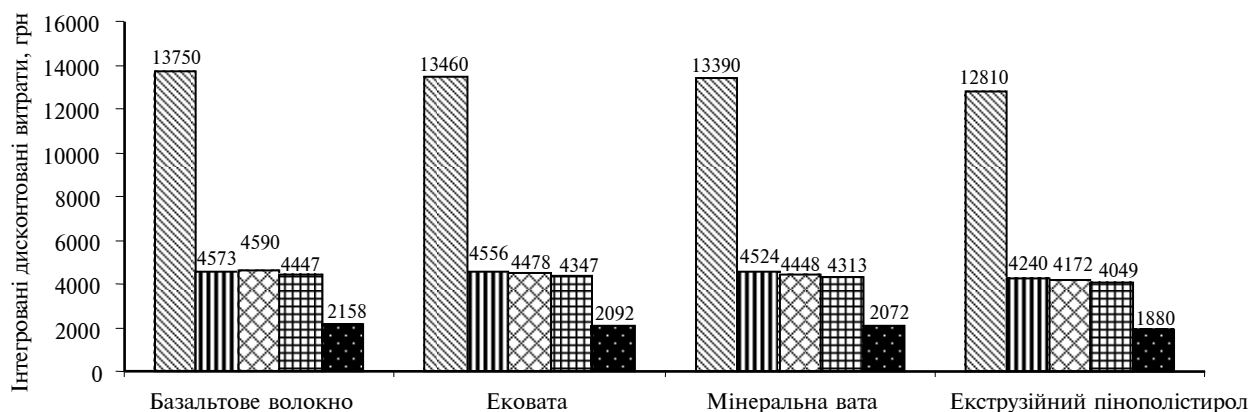


Рис. 3. Залежність оптимального значення додаткового термічного опору ізоляційного матеріалу від типу ізоляційного матеріалу та джерела тепла: ▨ – централізоване опалення; ▮ – кабельне опалення; ▩ – електрокотел; ▨ – газовий котел; ■ – ТПУ

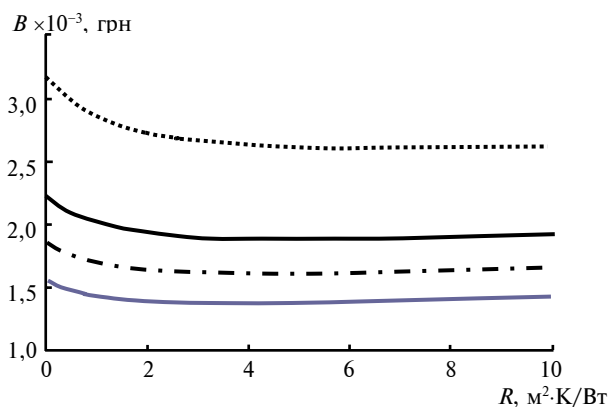


Рис. 4. Залежність витрат від термічного опору для ТПУ та ізоляційного матеріалу типу екструзійний пінополістирол, при різних умовах розрахунку: B_{31} (—) – інтегральні витрати з врахуванням дисконтування і зміни вартості в часі енергоносіїв; B_{32} (.....) – інтегральні витрати з врахуванням тільки дисконтування; B_{33} (---) – інтегральні витрати з врахуванням тільки зміни вартості в часі енергоносіїв; B_{34} (- · -) – інтегральні витрати, які не враховують ні дисконтування, ні зміну вартості в часі енергоносіїв

Таблиця 6. Зміна витрат та оптимальної товщини теплоізоляції зовнішньої стіни для системи з ТПУ при різних умовах розрахунку, %

Умови розрахунку	$R_{\text{опт}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	B , грн
Без врахування E	28	38,8
Без врахування k	25,15	27
Без врахування E і k	15	14

не враховувати зміни в часі вартості енергоносіїв, то більші значення термічного опору та ін-

тегральних дисконтованих витрат будуть для джерел, які використовують електричну енергію. З цих джерел найменший опір буде у випадку більш ефективного джерела, тобто для ТПУ. При існуючому паритеті цін на газ та електричну енергію для розглянутих умов інтегральні дисконтовані витрати на ТПУ будуть найменшими. Отже, при врахуванні зміни в часі вартості енергоносіїв для ТПУ необхідний найменший термічний опір та найменші інтегральні дисконтовані витрати, що пов'язано із незначними тенденціями росту цін на електричну енергію і високою енергоефективністю установки.

З рис. 4 і табл. 6 видно, що врахування обох факторів зумовлює зміну витрат на 14 % та зміну оптимального термічного опору на 15 %. Отже, при оптимальному виборі товщини ізоляції необхідно враховувати як дисконтування, так і зміну вартості в часі енергоносіїв.

Висновки

При обґрунтуванні вибору системи опалення на основі методу руху грошових потоків доцільно враховувати зміну вартості в часі енергоносіїв та дисконтування, оскільки зміна витрат при неврахуванні даних факторів становить до 21 %. Крім того, згідно з розрахунками протягом восьми років інтегровані дисконтовані витрати на систему опалення з ТПУ є найменшими, що зумовлює перспективність використання такого обладнання.

При проведенні розрахунку оптимальних значень термічного опору зовнішніх стін для різних джерел тепла та ізоляційних матеріалів найкращу економічну перспективу виявили теплові помпи установки і тепловий захист на

основі екструзійного пінополістиролу. Для вибраних розрахункових умов найменші термічний опір ізоляційного матеріалу та інтегральні дисконтовані витрати згідно із запропонованою методикою необхідні для ТПУ, що пов'язано із незначними тенденціями росту цін на електричну енергію і високою енергоефективністю установки. Різниця в значенні інтегральних витрат при неврахуванні дисконтування та зміни вартості в часі енергоносіїв на період 10 років

для ТПУ та теплового захисту на основі екструзійного пінополістиролу становить від 14 до 39 %, що зумовлює доцільність запропонованого підходу.

Висвітлену схему оптимізації пропонується досліджувати для будівлі в цілому, а також враховувати зменшення капітальних витрат на систему опалення при зростанні захисних властивостей огорожувальних конструкцій та відповідному зменшенні потреби тепла на опалення.

В.І. Дешко, Н.А. Буяк

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНАЯ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЯ С РАЗНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛОТЫ

Рассматривается выбор источников тепла с помощью метода движения денежных средств. Предложена функция оптимизации движения денежных средств, которая учитывает теплозащитные свойства ограждений здания, избранную систему отопления, изменение стоимости во времени энергоносителей, а также изменение стоимости источника тепла в зависимости от защитных свойств ограждений здания, кроме того, предусматривается дисконтирование денежных потоков. Проанализирована целесообразность учета этих факторов.

V.I. Deshko, N.A. Buyak

THE ECONOMICALLY EXPEDIENT THERMAL DEFENSE OF BUILDING WITH DIFFERENT HEATING SOURCES

In this paper, we consider the heating sources employing the method of cash flow. We propose the function of optimization of cash flow taking into account the thermal protective properties of building envelope, heating system, and energy resources cost change, and also cost change of heat source depending on thermal protective properties of the building envelope. In addition, we anticipate the discounting of cash flow and analyze the expedience of the abovementioned factors.

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. – К.: Наук. думка, 2000. – 420 с.
2. Гершкович В.Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий: Пособие по проектированию // СОК. – 2006. – № 7. – С. 54–62.
3. Бегдай С.Н., Амерханов Р.А. Методы оптимизации энергосберегающих мероприятий для зданий // Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК: Сб. науч. тр. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – С. 141–147.
4. Ліпяніна Н.А., Мамус Т.В. Вибір системи опалення на основі методу аналізу руху грошових коштів // Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання: Тези доп. Всеукр. студентської наук.-техн. конф. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – Т.1. – С. 183.
5. Табунщиков Ю.А. Шилкин Н.В. Оценка экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия // Изв. вузов. Строительство. – 2007. – № 6. – С. 10–16.
6. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. пособие / Под. ред. Л.Д. Богуславского и В.И. Ливчака. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.
7. ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 72 с.
8. Дешко В.І., Ліпяніна Н.А. Ексергетичні показники ефективності опалення будівель // Дванадцята наук. конф. Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя: Тези доп. – Тернопіль: ТДТУ, 2008. – С. 188.
9. Вітвіцький О.Р., Ямко М.П. Довідник енергоменеджера: Методичний пос. – Тернопіль: ТДТУ, 2005. – 72 с.
10. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.