

В. А. Волощук, канд. техн. наук, доц.

ВИБІР ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ЗМІННОСТІ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНОГО ФАКТОРА

Запропонований метод вибору термічного опору огорожувальної конструкції будинку з урахуванням зміни кількості градусо-днів у багаторічному перерізі. Показано, що, на відміну від існуючих підходів, де кількість градусо-днів береться постійною, урахування стохастичної зміни цього параметра в багаторічному перерізі може істотно вплинути на вибір термічного опору огорожувальної конструкції будинку.

Стан проблеми

В енергобалансі України суттєва доля енергозатрат припадає на теплозабезпечення житлово-комунального сектора.

Зважаючи на те, що Україна характеризується високим рівнем питомих тепловтрат наявних будинків, суттєвого зменшення затрат на їх опалення можна досягти через підвищення термічного опору зовнішнього огородження.

Підвищення теплозахисту огорожувальних конструкцій вимагає додаткових капіталовкладень. Інвестиційна привабливість таких вкладень сьогодні визначається із використанням чотирьох основних загальноприйнятих у світовій економічній практиці показників [1, 2]: чистий дисконтований дохід, індекс дохідності, внутрішня норма дохідності, термін окупності, які є взаємопов'язаними.

Згідно з [1] теплозахист огорожувальної конструкції є економічно доцільним, якщо він відповідає трьом умовам: позитивне значення чистого дисконтованого доходу, не перевищення встановленого інвестором терміну окупності інвестицій або терміну окупності банківського вкладу, а також перевищення внутрішньої норми дохідності проекту над необхідною дохідністю капітальних вкладень, встановленою інвестором.

На вибір теплозахисту будинку впливає низка факторів. Одним із них є погодно-кліматичний чинник — кількість градусо-днів.

У відомих підходах, під час вирішення питання обґрунтування значення термічного опору огорожувальної конструкції будинку кількість градусо-днів для конкретної території розміщення об'єкта береться постійною і рівною осередненому в багаторічному перерізі значенню цієї величини [3, 4] без урахування коливань цих параметрів як в багаторічному перерізі, так і в середині року, що сьогодні є недостатнім.

Метою роботи є розробка та перевірка методу врахування природної сезонної мінливості погодно-кліматичних чинників у багаторічному перерізі для вибору термічного опору огорожувальної конструкції.

Основні результати

Нехай огородження має форму плоскої нескінченної стінки і складається з декількох однорідних матеріальних шарів. Один із цих шарів — теплоізоляційний, а всі інші — конструктивні. Причому параметри конструктивних шарів відомі, зокрема опір теплопередачі цих шарів — R_{Σ_0} , $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$.

Зі збільшенням термічного опору огорожувальної конструкції знижуються тепловтрати через неї, що, у свою чергу, зменшує експлуатаційні витрати на обігрів будинку, а також капітальні затрати завдяки зниженню теплової потужності системи опалення будинку.

Тоді чистий дисконтований дохід за рахунок економії експлуатаційних та капітальних витрат у разі влаштування теплоізоляційного шару можна визначити як [1, 2]

$$\text{ЧДД} = \text{ДД}_{\text{Т}_{\text{сл}}} + \Delta K_{\text{с.о.}} - \Delta K_{\text{Т}}, \quad (1)$$

де $\text{ДД}_{\text{Т}_{\text{сл}}}$ — повний дисконтований дохід за рахунок економії поточних витрат протягом використання цього енергоощадного заходу, грн; $\Delta K_{\text{с.о.}}$ — скорочення капітальних вкладень в систему опалення, грн; $\Delta K_{\text{Т}}$ — додаткові капітальні вкладення у теплоізоляційний шар, грн.

У свою чергу, повний дисконтований дохід $\text{ДД}_{\text{Т}_{\text{сл}}}$ за весь термін $\text{Т}_{\text{сл}}$ використання цього енергоощадного заходу розраховується за формулою [2]

$$\text{ДД}_{\text{Т}_{\text{сл}}} = \sum_{t=0}^{\text{Т}_{\text{сл}}} \frac{\Delta D_t}{(1+r)^t}, \quad (2)$$

де r — норма дисконту, 1/рік, яку беремо в наших дослідженнях постійною; ΔD_t — проміжний дохід в t -му році, грн/рік;

Величину доходів в t -му році ΔD_t в такому випадку можна визначити як

$$\Delta D_t = c_{e_t} \Delta Q_{\text{рік}_t} + c_{\text{Г}_t} K = \frac{c_{\text{Г}_t}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \eta_{\text{с.о.}}} T_{\text{оп}_t} (t_{\text{в}} - t_{\text{о.п.т}}^{\text{ср}}) F \left(\frac{1}{R_{\Sigma_0}} - \frac{1}{R_{\Sigma}} \right) n + c_{\text{Г}_t} K, \quad (3)$$

де c_{e_t} — вартість теплової енергії в t -му році, яка, як буде показано нижче, може суттєво змінюватися, грн/ГДж; $\Delta Q_{\text{рік}_t}$ — скорочення тепловтрат через огорожувальну конструкцію в t -му році за рахунок улаштування теплової ізоляції, ГДж/рік; $c_{\text{Г}_t}$ — вартість палива в t -му році, грн/кг(м^3); $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — нижча теплота згорання палива, ГДж/кг(м^3); $\eta_{\text{с.о.}}$ — ККД системи опалення; $T_{\text{оп}_t}$ — тривалість опалювального періоду в t -му році, доби; $t_{\text{в}}$ — температура повітря всередині будинку, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{о.п.т}}^{\text{ср}}$ — середня за опалювальний період температура навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$; F — площа поверхні огорожувальної конструкції, м^2 ; R_{Σ_0} , R_{Σ} — відповідно, опір теплопередачі огорожувальної конструкції до та після встановлення теплової ізоляції, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$; n — коефіцієнт, що залежить від положення огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [1]; K — об'єм природного газу, що споживається на такі господарські потреби як приготування їжі, нагрів води для гарячого водопостачання, м^3 .

Скорочення капітальних затрат у систему опалення можна визначити як

$$\Delta K_{\text{с.о.}} = c_{\text{с.о.}} \Delta q_{\text{розр}} = c_{\text{с.о.}} (t_{\text{в}} - t_{\text{р.о.}}) F \left(\frac{1}{R_{\Sigma_0}} - \frac{1}{R_{\Sigma}} \right) n, \quad (4)$$

де $c_{\text{с.о.}}$ — питомі капітальні вкладення в систему опалення, грн/Вт; $\Delta q_{\text{розр}}$ — скорочення розрахункової теплової потужності системи опалення у разі влаштування теплової ізоляції, Вт; $t_{\text{р.о.}}$ — розрахункова температура опалення навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Додаткові капітальні вкладення в теплоізоляційний шар подамо у вигляді

$$\Delta K_{\text{Т}} = c_m V_{\text{Т}} = c_m \lambda_m F (R_{\Sigma} - R_{\Sigma_0}), \quad (5)$$

де c_m — вартість теплоізоляційного матеріалу, грн/ м^3 ; $V_{\text{Т}}$ — об'єм теплоізоляційного матеріалу, м^3 .

Із формули (3) випливає, що значення доходів в t -му році ΔD_t залежить від конструктивних та теплофізичних характеристик огорожувальних конструкцій (F , R_{Σ_0} , R_{Σ}), ККД сис-

теми опалення $\eta_{c.o.}$, вартості палива (c_{Γ_t}), а також від погодно-кліматичних умов навколишнього середовища, які визначають тривалість та середню температуру опалювального періоду в t -му році ($T_{оп_t}, t_{o.п.}^{cp}$). Згідно з [3] показник, що визначається за виразом $T_{оп}(t_b - t_{o.п.}^{cp})$, називається кількістю градусо-днів (D).

Якщо паливом є природний газ, то тут необхідно зазначити, що відповідно до постанови Національної комісії з питань регулювання електроенергетики України № 812 від 13 липня 2010 р., з 1 серпня 2010 року в Україні діють такі тарифи на газ для населення, які диференціюються відповідно до річних обсягів споживання. Так, споживаючи природний газ за рік до 2500 м³, вартість 1 м³ цього палива становить 0,73 грн/м³, споживаючи від 2500 до 6000 м³ газу – 1,10 грн/м³, у разі споживання від 6000 до 12000 м³ – 2,25 грн/м³, у разі споживання природного газу за рік більше 12000 м³ – 2,69 грн/м³.

Перепишемо формулу (3) у вигляді

$$\Delta D_t = (A_{1_t} - A_{2_t}), \tag{6}$$

де

$$A_{2_t} = \begin{cases} B \frac{c_{\Gamma_{2500}}}{R_{\Sigma_0}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{2500}} \cdot K, \text{ якщо } B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma_0}} + K \leq 2500 \text{ м}^3; \\ B \cdot \frac{c_{\Gamma_{6000}}}{R_{\Sigma_0}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{6000}} \cdot K, \text{ якщо } 2500 \text{ м}^3 < B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma_0}} + K \leq 6000 \text{ м}^3; \\ B \cdot \frac{c_{\Gamma_{12000}}}{R_{\Sigma_0}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{12000}} \cdot K \text{ якщо } 6000 \text{ м}^3 < B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma_0}} + K \leq 12000 \text{ м}^3; \\ B \cdot \frac{c_{\Gamma_{>12000}}}{R_{\Sigma_0}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{>12000}} \cdot K, \text{ якщо } B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma_0}} + K > 12000 \text{ м}^3; \end{cases} \tag{7}$$

$$A_{2_t} = \begin{cases} B \cdot \frac{c_{\Gamma_{2500}}}{R_{\Sigma}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{2500}} \cdot K, \text{ якщо } B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma}} + K \leq 2500 \text{ м}^3; \\ B \cdot \frac{c_{\Gamma_{6000}}}{R_{\Sigma}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{6000}} \cdot K, \text{ якщо } 2500 \text{ м}^3 < B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma}} + K \leq 6000 \text{ м}^3; \\ B \cdot \frac{c_{\Gamma_{12000}}}{R_{\Sigma}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{12000}} \cdot K \text{ якщо } 6000 \text{ м}^3 < B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma}} + K \leq 12000 \text{ м}^3; \\ B \cdot \frac{c_{\Gamma_{>12000}}}{R_{\Sigma}} \cdot D_t + c_{\Gamma_{>12000}} \cdot K, \text{ якщо } B \cdot \frac{D_t}{R_{\Sigma}} + K > 12000 \text{ м}^3, \end{cases} \tag{8}$$

де $B = \frac{Fn}{Q_{н}^p \eta_{c.o.}}$; D_t – кількість градусо-днів в t -му році, град·днів; $c_{\Gamma_{2500}}, c_{\Gamma_{6000}}, c_{\Gamma_{12000}}, c_{\Gamma_{>12000}}$ – тарифи на природний газ у разі споживання його за рік до 2500 м³, 2500...6000 м³, 6000...12000 м³, та більше 12000 м³, відповідно.

Якщо проаналізувати вирази (6), (7), (8), то можна зрозуміти, що можливі щорічні доходи ΔD_t при улаштуванні теплової ізоляції огорожувальної конструкції будинку відрізняються один від одного за рахунок, зокрема, стохастичної зміни кількості градусо-днів D .

У літературі [5] пропонується декілька підходів для вибору оптимальних стратегій використання метеорологічної інформації, яка має стохастичний характер зміни. Згідно з байєсівським підходом, для врахування імовірнісного закону розподілу кількості градусо-днів у багаторічному перерізі, пропонується так звана кліматологічно оптимальна стратегія

вибору термічного опору огорожувальної конструкції, що полягає у виборі такого постійного значення термічного опору, яке не залежить від конкретного стану погодно-кліматичних умов і з яким середнє в статистичному сенсі значення дисконтованого доходу відповідає умовам економічної доцільності влаштування теплозахисту огорожувальної конструкції

$$\Delta D_{T_{\text{кл}}} = \frac{1}{r} \left[1 - (1+r)^{-T_{\text{кл}}} \right] \int_{D_{\text{min}}}^{D_{\text{max}}} \Delta D(D) f(D) dD, \quad (9)$$

де береться, що $\sum_{t=0}^{T_{\text{кл}}} \frac{1}{(1+r_t)^t} = \frac{1}{r} \left[1 - (1+r)^{-T_{\text{кл}}} \right]$; $\Delta D(D)$ – функціональна залежність доходу ΔD

від кількості градусо-днів D ; $f(D)$ – густина розподілу кількості градусо-днів; D_{min} , D_{max} – відповідно, мінімальне та максимальне значення кількості градусо-днів;

Наведемо приклад розрахунку деяких економічних показників та їх вплив на вибір термічного опору огорожувальної конструкції будинку. При цьому розглянемо два випадки. У першому випадку будемо вважати, що розрахункове значення кількості градусо-днів, як це прийнято в існуючій практиці, постійне і рівне його середньому багаторічному значенню $D = D_{\text{ср}}$.

У другому випадку враховуємо щорічну зміну кількості градусо-днів, використовуючи вищезгаданий підхід. Вихідні дані беремо такі: нижча температура згорання природного газу $Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 35 \text{ МДж/нм}^3$; ККД системи опалення $\eta_{\text{с.о.}} = 90\%$; показник $n = 1$; опір теплопередачі огорожувальної конструкції будинку до влаштування теплової ізоляції $R_{\Sigma_0} = 1 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$; вартість теплоізоляційного матеріалу $c_m = 900 \text{ грн/м}^3$; питомі капітальні вкладення в систему опалення, $c_{\text{с.о.}} = 1 \text{ грн/Вт}$; термін служби ізоляції 30 років; ставка дисконту $r = 10\%$; розрахункова температура опалення навколишнього повітря, $t_{\text{р.о.}} = -21 \text{ }^\circ\text{C}$; температура повітря всередині будинку, $t_{\text{в}} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$.

На рис. 1 показані графіки зміни ЧДД в залежності від загального опору теплопередачі R_{Σ} та характеру врахування кількості градусо-днів.

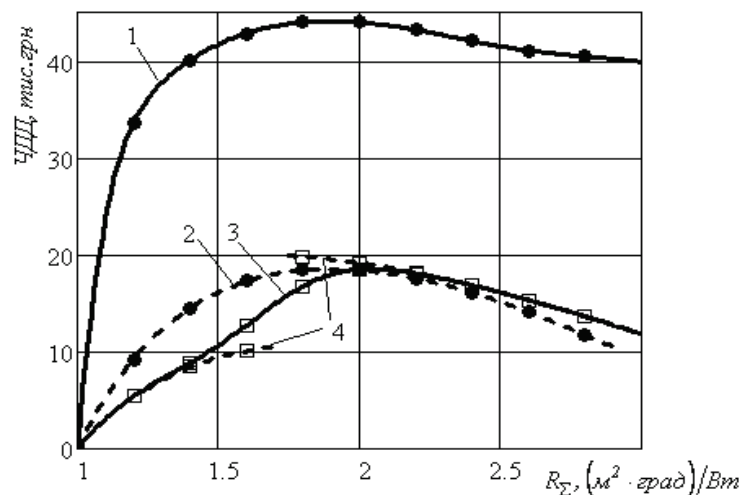


Рис. 1. Зміни ЧДД при влаштуванні теплової ізоляції в залежності від загального опору теплопередачі огорожувальної конструкції R_{Σ} та характеру врахування кількості градусо-днів: 1 – площа огорожувальної конструкції 600 м^2 та врахуванні зміни градусо-днів; 2 – площа огорожувальної конструкції 600 м^2 та не враховуються зміни градусо-днів; 3 – площа огорожувальної конструкції 350 м^2 та враховуються зміни градусо-днів; 4 – площа огорожувальної конструкції 350 м^2 та не враховуються зміни градусо-днів

Бачимо, що в цьому випадку має місце наявність оптимального значення термічного опору, за якого ЧДД максимальний. Причому, якщо площа огорожувальної конструкції будинку

ку 600 м^2 , то це оптимальне значення однакове як у разі неврахування зміни кількості градусо-днів $D = D_{\text{ср}} = \text{const}$, так і у випадку врахування варіації кількості градусо-днів в багаторічному перерізі. Разом з тим, видно, що значення чистого дисконтованого доходу без урахування зміни величини D значно менше від значення цього ж показника з урахуванням зміни кількості градусо-днів протягом років. Очевидно, що й інші показники (термін окупності, індекс дохідності, внутрішня норма доходності), які безпосередньо пов'язані із ЧДД, будуть суттєво відрізнятися від таких, які розраховані за умови неврахування зміни D . А це, у свою чергу, може значно вплинути на економічну доцільність влаштування теплозахисту огорожувальної конструкції.

Із рис. 1 також випливає, що уже коли площа огорожувальної конструкції 350 м^2 , оптимальне значення термічного опору у разі неврахування зміни кількості градусо-днів D становить $R_{\Sigma} = 1,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$ і відрізняється від оптимального значення термічного опору у разі врахування зміни кількості градусо-днів в багаторічному перерізі, яке становить $R_{\Sigma} = 2,0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$.

При цьому, якщо прийняти значення термічного опору $R_{\Sigma} = 1,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$, визначене за умови постійного показника $D = D_{\text{ср}} = \text{const}$, то середньостатистичне ЧДД буде становити 17 тис. грн, а не 20 тис. грн, що на 3 тис. грн (або на 11 %) менше ніж за оптимального значення термічного опору $R_{\Sigma} = 2,0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$, визначеного за умови змінності D .

На рис. 1 лінія 4 має стрибок із розривом. Як показав аналіз, цей різкий стрибок зумовлений переходом на інший тариф з оплати за природний газ за рахунок підсилення термічного опору огорожувальної конструкції. Крім того, із рис. 1 випливає, що коли площа огорожувальної конструкції 350 м^2 і загальний термічний опір $R_{\Sigma} = 1,0 \dots 1,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$ та $R_{\Sigma} = 2,0 \dots 3,0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$, ЧДД однакові як з урахуванням так і без урахування зміни кількості градусо-днів. Тобто, в цьому випадку, на вибір економічно доцільного термічного опору змінність показника D не впливає.

Разом з тим, якщо $R_{\Sigma} = 1,4 \dots 2,0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$, ЧДД, розраховані з урахуванням та без урахування зміни кількості градусо-днів – різні. Це, у свою чергу, вплине і на інші показники економічної доцільності влаштування теплозахисту огорожувальної конструкції.

На рис. 2 показані графіки грошових потоків у часі для площі огорожувальної конструкції 350 м^2 , розраховані за існуючим підходом (лінія 1), та згідно із запропонованим методом (лінія 2) у разі збільшення термічного опору конструкції у два з половиною рази.

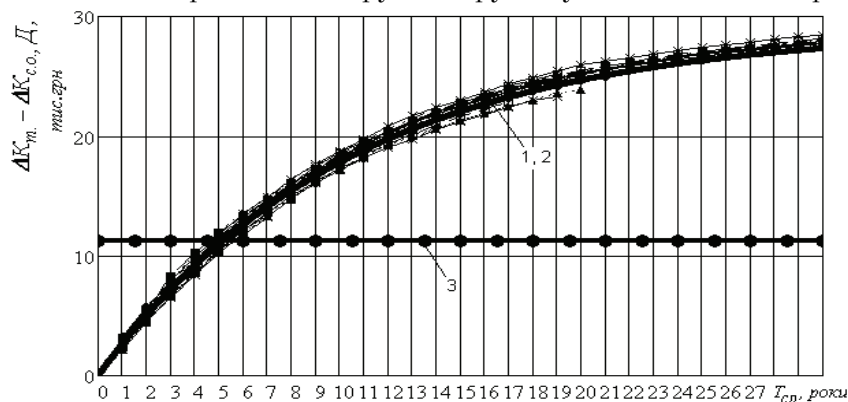


Рис. 2. Грошові потоки у разі влаштування теплової ізоляції в огорожувальній конструкції площею 350 м^2

та загальному термічному опору $R_{\Sigma} = 2,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$: 1 – розраховані за існуючим методом;

2 – розраховані за запропонованим методом; 3 – капітальні затрати

Також на рис. 2 спеціальними точками, сполученими ламаними лініями, показані графіки грошових потоків, що визначені по реальним даним параметра D для метеостанції Дубно Рівненської області. Необхідно відмітити, що під час обчислення дисконтованих доходів для реальних років враховувалась тільки зміна кількості градусо-діб. Динаміка зміни цін на енергоносії та матеріали протягом років, для спрощень, не враховувалась.

Отже, бачимо, що лінії 1 та 2 збігаються (див. також рис. 1). Це відбувається тому, що за цих умов тариф на природний газ не змінюється. При цьому, відхилення реальних значень грошових потоків від розрахункових не перевищує 5 %.

Абсциси точок перетину горизонталі, що відповідає значенню капітальних затрат на влаштування теплової ізоляції огорожувальної конструкції, з графіком грошових потоків відповідають дисконтованому терміну окупності цього енергоощадного заходу. Із рис. 2 випливає, що через сезонні зміни кількості градусо-діб цей термін окупності коливається в межах 4,5...5,5 роки, тобто має певну невизначеність.

На рис. 3 показані графіки зміни грошових потоків у часі для площі огорожувальної конструкції 600 м^2 та загального термічного опору $R_{\Sigma} = 2,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$ розраховані за існуючим підходом (лінія 1) та згідно із запропонованим методом (лінія 2). Знову ж таки, на рис. 3 спеціальними точками, сполученими ламаними лініями, показані грошові потоки по роках, що визначені за реальними даними показника D для метеостанції Дубно.

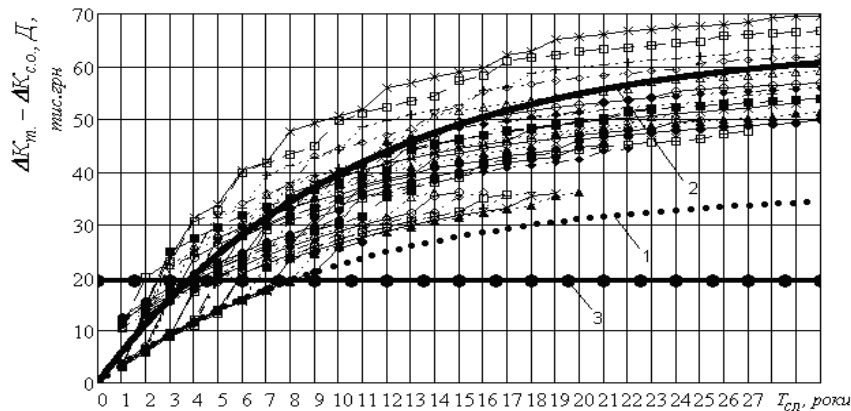


Рис. 3. Грошові потоки у разі влаштування теплової ізоляції в огорожувальній конструкції площею 600 м^2 та загальному термічному опору $R_{\Sigma} = 2,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$: 1 — розраховані за існуючим методом;

2 — розраховані за запропонованим методом; 3 — капітальні затрати

Отже, бачимо, що лінія 2 проходить значно вище ніж лінія 1 (див. також рис. 1). Значення грошових потоків, визначені за фактичними метеорологічними даними, розміщуються навколо лінії 1, яка побудована за запропонованим підходом, і характеризує середні статистичні значення грошових потоків для цих погодно-кліматичних умов. Разом з тим, необхідно відмітити досить суттєвий розкид значень грошових потоків, що визначені з урахуванням фактичних метеорологічних даних від лінії 2. Як показав аналіз, такий розкид зумовлений переходом на інший тариф оплати за природний газ за рахунок зміни кількості градусо-діб. При цьому, відхилення реальних значень грошових потоків від розрахованих за запропонованим підходом (лінія 2) сягає 40...50 %. Лінія 1 на рис. 4 знаходиться значно нижче від лінії 2 і практично осторонь від значень грошових потоків, визначених для фактичних погодно-кліматичних умов.

Із рис. 3 бачимо, що термін окупності, визначений згідно із запропонованим методом становить 4 роки (середньостатистичне значення), що може бути економічно доцільним [2]. Хоча тут спостерігається досить суттєва невизначеність цього показника. А термін окупності, визначений без урахування змінності кількості градусо-діб, становить 8 років і не може вважатися економічно доцільним [2].

Якщо врахувати, що на рис. 3 таке суттєве відхилення значень грошових потоків, визначених за реальними даними показника D , від середньостатистичних значень (лінія 2) зумовлене зміною тарифу оплати за природній газ, то можна зрозуміти, що зменшення такого розкиду до мінімального (рис. 2) можливе за рахунок влаштування такого термічного опору, з яким за весь період експлуатації не було б переходу на різні тарифи оплати за паливо через зміни погодно-кліматичного фактора. Разом з тим, тут виникають питання, чи буде такий термічний опір відповідати умовам економічної доцільності.

Висновки

1. Запропонований підхід для вибору термічного опору огорожувальної конструкції будинку, що враховує стохастичну зміну кількості градусо-днів у багаторічному перерізі.

2. Проведені за цим підходом розрахунки економічних показників показали про їх можливе суттєве відхилення від показників, розрахованих за існуючим підходом, де кількість градусо-днів береться постійною, що, у свою чергу, суттєво впливає на вибір теплозахисту огорожувальної конструкції.

3. Розраховані за запропонованим принципом середньостатистичні показники економічної доцільності добре узгоджуються із такими, що визначені за реальними даними.

4. Наведені матеріали свідчать про необхідність подальшого уточнення методів з обґрунтування опору теплопередачі для влаштування теплової ізоляції будинків оскільки при цьому однією з обов'язкових умов є врахування всього спектру можливої зміни кількості градусо-днів на території розміщення об'єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенов Борис Александрович. Оптимизация параметров теплоиспользования в системах централизованного теплоснабжения городов: дис. ... д-ра. техн. наук : 05.14.01 / Семенов Борис Александрович. — Саратов, 2002. — 527 с. — Библиогр. : с. 428—452.
2. Дмитриев А. Н. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А. Н. Дмитриев, И. Н. Ковалев, Ю. А. Табунчиков, Н. В. Шилкин — М. : АВОК-ПРЕСС, 2005. — 120 с. — ISBN 5-98267-016-2.
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинний від 2007-04-01]. — К. : Мінбуд України, 2006. — 80 с.
4. Строительная климатология и геофизика : СНиП 2.01.01-82. — [Дата введения 1984 01- 01]. — М. : Стройиздат, 1983. — 137 с.
5. Жуковский Е. Е. Метеорологическая информация и экономические решения / Е. Е. Жуковский. — Л. : Гидрометеоиздат, 1981. — 303 с.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 21.02.12
Рекомендована до друку 17.03.12

Волощук Володимир Анатолійович — доцент кафедри теплоенергетики та машинознавства.
Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне