

УДК 699.86

В.А. ВОЛОЩУК, канд. техн. наук; доц. Національного Університету Водного Господарства та Природокористування, Рівне

ВПЛИВ ЗМІННОСТІ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНОГО ЧИННИКА НА НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ПРИ ВИБОРІ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ БУДИНКУ

В статье показано, что учет вероятностного характера изменения количества градусо-суток в многолетнем сечении может существенным образом повлиять на неопределенность параметров выбора сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции дома.

В статті показано, що урахування імовірнісного характеру зміни кількості градусо-днів у багаторічному перерізі може істотно вплинути на невизначеність параметрів вибору опору теплопередачі огорожувальної конструкції будинку.

It is shown, that consideration of stochastic change of heating degree days over years can substantially affects the vagueness of parameters of choosing thermal resistance of building envelope.

Зважаючи на те, що Україна характеризується високим рівнем питомих тепловтрат існуючих будинків, суттєвого зменшення затрат на їх опалення можна досягти, зокрема, шляхом підвищення термічного опору зовнішнього огороження.

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

На вибір теплозахисту будинку впливає цілий ряд факторів. Одним із них є погодно-кліматичний чинник – кількість градусо-днів.

В існуючих підходах, при вирішенні задачі обґрунтування значення термічного опору огорожувальної конструкції будинку кількість градусо-днів для конкретної території розміщення об'єкта приймається постійною і рівною осередненому в багаторічному перерізі значенню даної величини [2, 3] без урахування коливань цих параметрів як в багаторічному перерізі, так і всередині року, що є сьогодні недостатнім.

Метою роботи є розробка та перевірка методу визначення впливу природної сезонної мінливості погодно-кліматичних чинників у багаторічному перерізі на невизначеність параметрів вибору термічного опору огорожувальної конструкції.

У літературі [4] пропонується декілька підходів, на основі яких можна вибирати оптимальні рішення при управлінні природно-технічними системами з урахуванням стохастичної зміни метеорологічних режимів. Розглянемо так званий байєсівський підхід.

При описанні множин погодно-кліматичних умов $\Omega_D = \{D\}$ як і при описанні дій зі сторони, наприклад, системи теплозабезпечення будівель $\Omega_R = \{R\}$ може бути два випадки. Перший характеризується тим, що множини Ω_D та Ω_R дискретні і включають в себе кінцеву кількість елементів D_1, D_2, \dots, D_m та R_1, R_2, \dots, R_n , що відповідають різним погодним умовам та режимам роботи систем теплозабезпечення. Другий випадок означає, що множини Ω_D та Ω_R неперервні.

Маючи дані про характер множин Ω_D та Ω_R , можна побудувати функцію

$$u = u(D, R), \tag{1}$$

яка показує, який буде ефект при прийнятті деякого рішення $R \in \Omega_R$ і здійсненні погодних умов $D \in \Omega_D$. Ця функція може розглядатися як функція доходу, якщо мова іде про позитивний ефект, функція витрат, якщо описуються витрати тощо.

Отже, для випадку довгострокових рішень при управлінні природно-технічними системами (наприклад, при виборі теплозахисту огорожувальної конструкції), оптимально використати кліматологічну інформацію можна наступним чином.

Якщо через s_{cl_j} позначити кліматологічну стратегію управління, смисл якої полягає у прийнятті одного і того ж рішення R_j , то, згідно байесівського підходу, осереднене значення функції (1) при вибраній стратегії s_{cl_j} буде визначатися за формулою

$$\overline{U}_{cl_j} = \sum_{i=1}^m u(D_i, R_j) P(D_i), \tag{2}$$

де $P(D_i)$ – природна повторюваність відповідного метеофактора або комплексного показника, що характеризує погодно-кліматичні умови у багаторічному перерізі.

Процедура пошуку кліматологічно оптимальної стратегії заключається в розрахунку величин \overline{U}_{cl_j} для всіх $j = \overline{1, n}$ та знаходження серед них екстремуму. Та стратегія, що відповідає екстремальному значенню \overline{U}_{cl_j} і буде, згідно байесівського підходу, кліматологічно оптимальною.

Для неперервних моделей задача пошуку кліматологічно оптимальної байесівської стратегії полягає в знаходженні такого постійного рішення R_j , що не залежить від конкретного стану погоди, при якому середнє в статистичному смислі значення функції

$$\overline{U} = \int_{\langle x \rangle} u(x, R_j) f(x) dx \tag{3}$$

досягає екстремального значення або задовольняє відповідній умові. В цій формулі через $f(x)$ позначений закон розподілу метеофактора (або комплексу метеофакторів), що характеризує особливості клімату території розміщення об'єкта.

В багатьох випадках важливо при оптимізації управління об'єкта (системи), робота якого залежить від погодно-кліматичного чинника, є коливання доходів, втрат тощо, викликаних дією некерованих метеорологічних факторів. Очевидно, що чим більші ці коливання, тим вища невизначеність рішень, що приймаються, і тим менша можливість завчасної компенсації наступних відхилень.

Для зниження «метеорологічної» нестійкості прийнятих рішень можна вибрати стратегію, при якій мінімізується дисперсія ефекту від прийнятого рішення [4]

$$D_s = \sum_{i=1}^m \left[u(D_i, R_j) - \sum_{i=1}^m u(D_i, R_j) P(D_i) \right]^2 P(D_i) \rightarrow \min \tag{4}$$

або

$$D_s = \int_{\langle x \rangle} [u(x, R_j) - \bar{U}]^2 f(x) dx \rightarrow \min. \quad (5)$$

При вирішенні задачі підвищення рівня стійкості прийнятого рішення до дій метеорологічних факторів в роботі [4] також пропонується використовувати не дисперсію коливань, а більш комплексний критерій, який враховує як дисперсію результатів, так і їх середній рівень, тобто коефіцієнт варіації

$$c_v = \frac{\sigma}{U}, \quad (6)$$

де U – осереднене значення (математичне сподівання) ефекту, яке можна визначити за формулою (2) або (3);

$\sigma = \sqrt{D_s}$ – середнє квадратичне відхилення ефекту, що відповідає вибраній стратегії.

Отже, розглянемо задачу вибору термічного опору огорожувальної конструкції будинку, для обігріву якого безпосередньо використовується природний газ. Нехай огороження 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 – $R_{\Sigma_0}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{град}}{\text{Вт}}$. За рахунок збільшення 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.

Повний дисконтований дохід $\text{ДД}_{T_{\text{сн}}}$ за весь термін $T_{\text{сн}}$ експлуатації даного енергозберігаючого заходу розраховується за формулою [1]

$$\text{ДД}_{T_{\text{сн}}} = \sum_{t=0}^{T_{\text{сн}}} \frac{\Delta D_t}{(1+r)^t}, \quad (7)$$

де r – норма дисконту, 1/рік, яку приймемо в даних дослідженнях постійною; ΔD_t – проміжний дохід в t -му році, грн/рік.

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

$$\begin{aligned} \Delta D_t &= c_{e_t} \cdot \Delta Q_{\text{рік}_t} + c_{r_t} \cdot K = \\ &= \frac{c_{r_t}}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta_{\text{с.о.}}} \cdot T_{\text{оп}_t} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{о.п.т}}^{\text{сп}}) \cdot F \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma_0}} - \frac{1}{R_{\Sigma}} \right) \cdot n + c_{r_t} \cdot K, \end{aligned} \quad (8)$$

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;

$c_{г_t}$ – вартість палива в t -му році, грн/м³;

Q_n^p – нижча теплота згорання палива, ГДж/м³;

$\eta_{с.о.}$ – ККД системи опалення;

$T_{оп_t}$ – тривалість опалювального періоду в t -му році, доби;

t_b – температура повітря всередині будинку, °С;

$t_{о.п.t}^{cp}$ – середня в опалювальний період температура навколишнього повітря, °С;

F – площа поверхні огороджувальної конструкції, м²;

R_{Σ_0} , R_{Σ} – відповідно опір теплопередачі огороджувальної конструкції до та

після встановлення теплової ізоляції, $\frac{м^2 \cdot град}{Вт}$;

n – коефіцієнт, що залежить від положення огороджувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря [2];

K – об'єм природного газу, що споживається на такі господарські потреби, як приготування їжі, нагрів води для гарячого водопостачання, м³.

Із формули (8) видно, що значення доходів в t -му році ΔD_t залежить від конструктивних та теплофізичних характеристик огороджувальних конструкцій (F , R_{Σ_0} , R_{Σ}), ККД системи опалення $\eta_{с.о.}$, вартості палива ($c_{г_t}$), а також від погоднокліматичних умов навколишнього середовища, які визначають тривалість та середню температуру опалювального періоду в t -му році ($T_{оп_t}$, $t_{о.п.t}^{cp}$). Згідно [2] показник, що визначається за виразом $T_{оп} \cdot (t_b - t_{о.п.}^{cp})$, 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, при споживанні природного газу за рік до 2500 м³ вартість 1 м³ цього палива становить 0,73 грн/м³, при споживанні від 2500 до 6000 м³ – 1,10 грн/м³, при споживанні від 6000 до 12000 м³ – 2,25 грн/м³, при споживанні природного газу за рік більше 12000 м³ – 2,69 грн/м³. Тобто у формулі (8) вартість палива зокрема залежить від кількості градусо-днів D .

Згідно байесівського підходу, для врахування імовірнісного закону розподілу кількості градусо-днів у багаторічному перерізі, пропонується вибирати таке значення термічного опору огороджувальної конструкції, при якому середнє в статистичному смислі значення чистого дисконтованого доходу [5]

$$\overline{ЧДД} = \frac{1}{r} \cdot [1 - (1+r)^{-T_{сн}}] \cdot \int_{D_{min}}^{D_{max}} \Delta D(D) \cdot f(D) \cdot dD + \Delta K_{с.о.} - \Delta K_t \quad (9)$$

відповідає прийнятим умовам доцільності влаштування теплозахисту огороджувальної конструкції. Де у формулі (9) прийнято, що $\sum_{t=0}^{T_{сн}} \frac{1}{(1+r_t)^t} = \frac{1}{r} \cdot [1 - (1+r)^{-T_{сн}}]$; $\Delta D(D)$ – 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; r – норма дисконту, 1/рік, яку приймемо в даних дослідженнях постійною; $T_{\text{кл}}$ – термін експлуатації даного енергозберігаючого західу.

Термін окупності даного енергозберігаючого західу у даному випадку пропонується визначати як

$$\overline{T}_{\text{ок}} = - \frac{\ln \left(1 - \frac{\Delta K_{\text{с.о.}} - \Delta K_{\text{т.}}}{r \cdot \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} \Delta D(D) \cdot f(D) \cdot dD} \right)}{\ln(1+r)}. \quad (10)$$

Для визначення «метеорологічної» невизначеності ЧДД пропонується залежність

$$\sigma_{\text{ЧДД}} = \frac{\sqrt{\int_{D_{\min}}^{D_{\max}} [\text{ЧДД}(D) - \overline{\text{ЧДД}}]^2 \cdot f(D) \cdot dD}}{\overline{\text{ЧДД}}}, \quad (11)$$

де $\text{ЧДД}(D)$ – розрахункове значення ЧДД при певному значенні кількості градусо-днів D ; $\overline{\text{ЧДД}}$ – середнє в статистичному смислі значення чистого дисконтованого доходу і визначається за формулою (9).

Аналогічно для визначення «метеорологічної» невизначеності дисконтового терміну окупності пропонується залежність

$$\sigma_{T_{\text{ок}}} = \frac{\sqrt{\int_{D_{\min}}^{D_{\max}} [T_{\text{ок}}(D) - \overline{T_{\text{ок}}}]^2 \cdot f(D) \cdot dD}}{\overline{T_{\text{ок}}}}, \quad (12)$$

де $T_{\text{ок}}(D)$ – розрахунковий дисконтований термін окупності при певному значенні кількості градусо-днів D ;

$\overline{T_{\text{ок}}}$ – середній в статистичному смислі дисконтований термін окупності, який визначається за формулою (10).

Приведемо приклад розрахунку деяких економічних показників та їх вплив на вибір термічного опору огорожувальної конструкції будинку. При цьому, у першому випадку будемо вважати, що розрахункове значення кількості градусо-днів, як це прийнято в існуючій практиці, постійне і рівне його середньо багаторічному значенню $D = D_{\text{ср}}$. У другому випадку враховуємо щорічну зміну кількості градусо-днів використовуючи розглянутий вище підхід. Вихідні дані приймемо наступні: нижча теплота 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 $c_t = 900 \text{ грн/м}^3$; питомі капітальні вкладення в систему опалення, $c_{c.o.} = 1 \text{ грн/Вт}$; термін служби ізоляції 30 років; ставка дисконту $r = 10 \%$; розрахункова температура опалення навколишнього повітря, $t_{p.o.} = -21 \text{ }^\circ\text{C}$; температура повітря всередині будинку, $t_b = +18 \text{ }^\circ\text{C}$.

На рис. 1 наведені графіки зміни ЧДД в залежності від загального опору теплопередачі R_Σ та характеру врахування кількості градусо-днів.

Бачимо, що в даному випадку має місце наявність оптимального значення термічного опору, при якому ЧДД максимальний. Причому, при площі огорожувальної конструкції будинку 220 м^2 це оптимальне значення однакове як при неврахуванні зміни кількості градусо-днів $D = D_{cp} = \text{const}$, так і у випадку врахування варіації кількості градусо-днів в багаторічному перерізі. Разом з тим, видно, що значення чистого дисконтованого доходу без урахуванням зміни величини D більші на значення цього ж показника з урахуванням зміни кількості градусо-днів на протязі років. Очевидно, що й інші показники (термін окупності, індекс дохідності, внутрішня норма дохідності), які безпосередньо пов'язані із ЧДД, будуть відрізнятися від таких, які розраховані при умові неврахування зміни D .

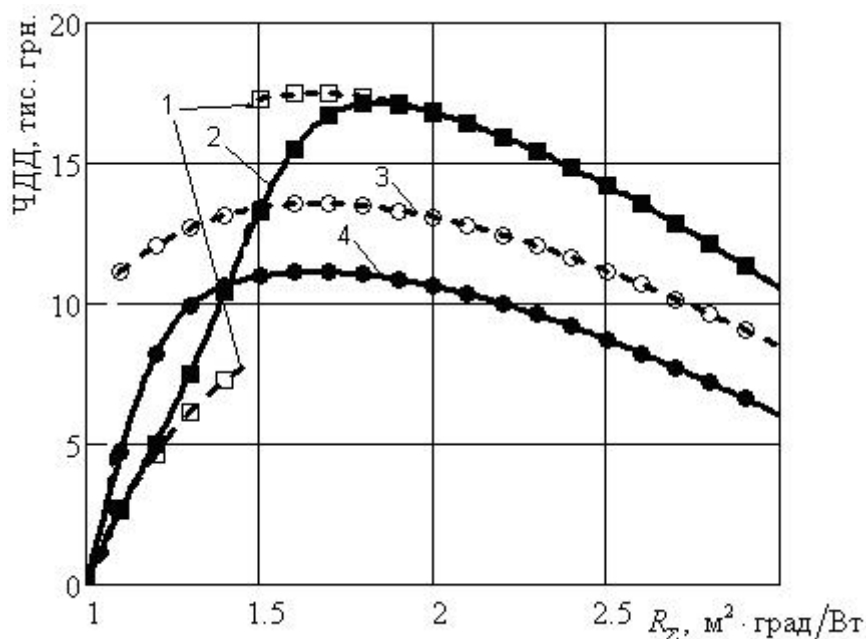


Рис. 1. Зміни ЧДД при влаштуванні теплової ізоляції в залежності від загального опору теплопередачі огорожувальної конструкції R_Σ та характеру врахування кількості градусо-днів:
 1 – при площі огорожувальної конструкції 300 м^2 та неврахуванні зміни кількості градусо-днів;
 2 – при площі огорожувальної конструкції 300 м^2 та врахуванні зміни кількості градусо-днів;
 3 – при площі огорожувальної конструкції 220 м^2 та неврахуванні зміни кількості градусо-днів;
 4 – при площі огорожувальної конструкції 220 м^2 та врахуванні зміни кількості градусо-днів

Із рис. 1 також видно, що уже при площі огорожувальної конструкції 300 м^2 оптимальне значення термічного опору при неврахуванні зміни кількості градусо-днів D становить $R_\Sigma = 1,7 (\text{м}^2 \cdot \text{град}) / \text{Вт}$ і відрізняється від оптимального значення термічного опору при врахуванні зміни кількості градусо-днів в багаторічному перерізі, яке становить $R_\Sigma = 1,8 (\text{м}^2 \cdot \text{град}) / \text{Вт}$. При цьому, якщо прийняти значення термічного

опору $R_{\Sigma} = 1,7 (\text{м}^2 \cdot \text{град})/\text{Вт}$, визначене при умові постійного показника $D = D_{\text{ср}} = \text{const}$, то середньостатистичне ЧДД буде становити 16 тис. грн., а не 17,5 тис. грн.

На рис. 2 наведені графіки зміни дисконтованого терміну окупності в залежності від загального опору теплопередачі R_{Σ} та характеру врахування кількості градусо-днів.

Отже, бачимо, що в даному випадку, при площі огорожувальної конструкції будинку 220 м^2 , дисконтований термін окупності при врахуванні варіації кількості градусо-днів в багаторічному перерізі є більший за цей же показник, але розрахований при умові постійного значення параметра $D = D_{\text{ср}} = \text{const}$. Наприклад, при $R_{\Sigma} = 2,5 (\text{м}^2 \cdot \text{град})/\text{Вт}$ дисконтований термін окупності при врахуванні зміни кількості градусо-днів у багаторічному перерізі становить 5,8 роки, а при неврахуванні зміни кількості градусо-днів – 5 років.

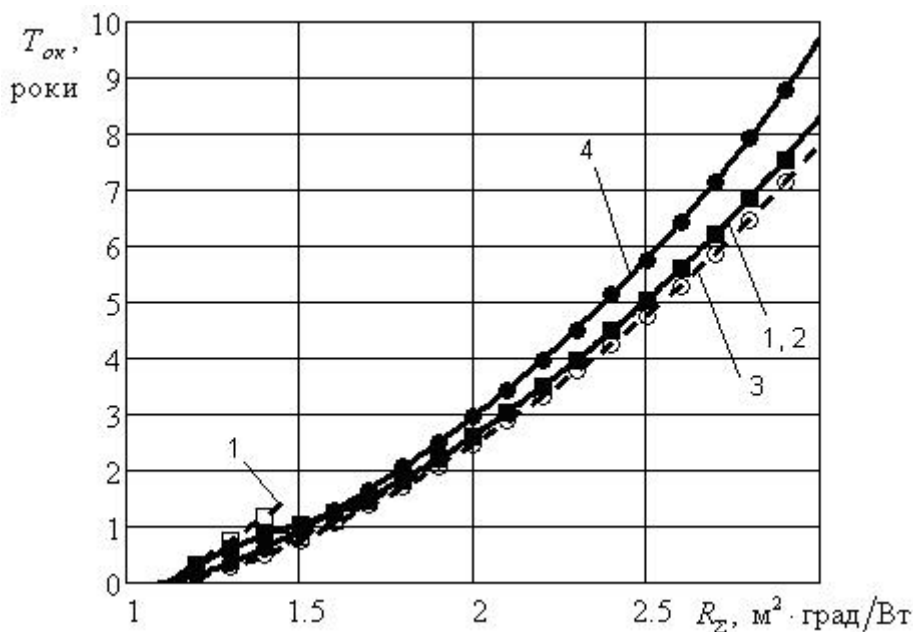


Рис. 2. Зміни дисконтованого терміну окупності при влаштуванні теплової ізоляції в залежності від загального опору теплопередачі огорожувальної конструкції R_{Σ} та характеру врахування кількості градусо-днів:

- 1 – при площі огорожувальної конструкції 300 м^2 та неврахуванні зміни кількості градусо-днів;
- 2 – при площі огорожувальної конструкції 300 м^2 та врахуванні зміни кількості градусо-днів;
- 3 – при площі огорожувальної конструкції 220 м^2 та неврахуванні зміни кількості градусо-днів;
- 4 – при площі огорожувальної конструкції 220 м^2 та врахуванні зміни кількості градусо-днів

На рис. 3 показані графіки грошових потоків у часі при площі огорожувальної конструкції 300 м^2 , розраховані за існуючим підходом (лінія 1), та згідно із запропонованим методом (лінія 2) при збільшенні термічного опору конструкції у два з половиною рази. Також на рис. 3 спеціальними точками, сполученими ломаними лініями, показані графіки грошових потоків, що визначені по реальним даним параметра D для метеостанції Дубно Рівненської області. Необхідно відмітити, що при обчисленні дисконтованих доходів для реальних років враховувалась тільки зміна кількості градусо-днів. Динаміка зміни цін на енергоносії та матеріали протягом років, для спрощень, не враховувалась.

Отже, бачимо, що лінії 1 та 2 співпадають (див. також рис. 1). Це має місце тому, що при даних умовах тариф на природний газ не змінюється. При цьому, відхилення реальних значень грошових потоків від розрахункових не перевищує 5 %.

Абсиси точок перетину горизонталі, що відповідає значенню капітальних затрат на влаштування теплової ізоляції огорожувальної конструкції, з графіком грошових потоків відповідають дисконтованому терміну окупності даного енергозберігаючого заходу. Із рис. 3 бачимо, що за рахунок сезонної змінності кількості градусо-діб даний термін окупності коливається в межах 4,5...5,5 роки, тобто має певну невизначеність.

На рис. 4 показані графіки зміни грошових потоків у часі при площі огорожувальної конструкції 220 м² та загальному термічному опорі $R_{\Sigma} = 2,5$ (м²·град)/Вт, розраховані за існуючим підходом (лінія 1), та згідно із запропонованим методом (лінія 2). Знову ж таки, на рис. 4 спеціальними точками, сполученими ломаними лініями, показані грошові потоки по рокам, що визначені по реальним даним показника D для метеостанції Дубно.

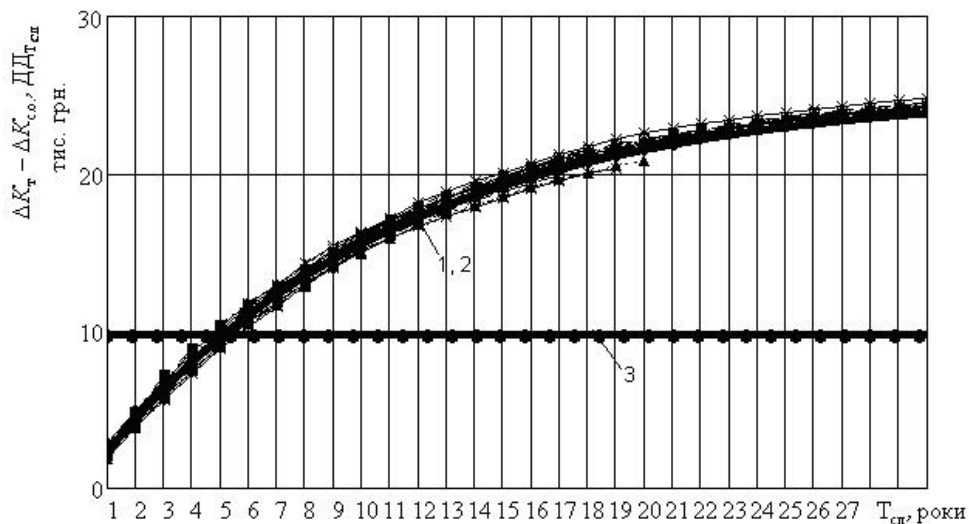


Рис. 3. Грошові потоки при влаштуванні теплової ізоляції в огорожувальній конструкції площею 300 м² та загальному термічному опорі $R_{\Sigma} = 2,5$ (м²·град)/Вт:
1 – розраховані за існуючим методом;
2 – розраховані за запропонованим методом; 3 – капітальні затрати

Отже, бачимо, що лінія 2 проходить нижче ніж лінія 1 (див. також рис. 1). Значення грошових потоків, визначені по фактичним метеорологічним даним, розміщуються навколо лінії 1, яка побудована за запропонованим підходом, і характеризує середні статистичні значення грошових потоків для даних погодно-кліматичних умов. Разом з тим, необхідно відмітити досить суттєвий розкид значень грошових потоків, що визначені із урахуванням фактичних метеорологічних даних від лінії 2. Як показав аналіз, такий розкид обумовлений переходом на інший тариф оплати за природній газ за рахунок зміни кількості градусо-діб. При цьому, відхилення реальних значень грошових потоків від розрахованих за запропонованим підходом (лінія 2) сягає 40...50 %. А відхилення реальних значень чистого дисконтованого доходу від його середньостатистичного значення становить 25 %. Лінія 1 на рис. 4 знаходиться вище від лінії 2 і практично осторонь від значень грошових потоків, визначених для фактичних погодно-кліматичних умов.

Із рис. 4 бачимо, що дисконтований термін окупності, визначений згідно запропонованого методу становить 5,8 роки (середньостатистичне значення), що може бути економічно доцільним [2]. Хоча тут спостерігається досить суттєва невизначеність цього показника – дійсні значення дисконтованого терміну окупності змінюються в межах 4,5...8 років.

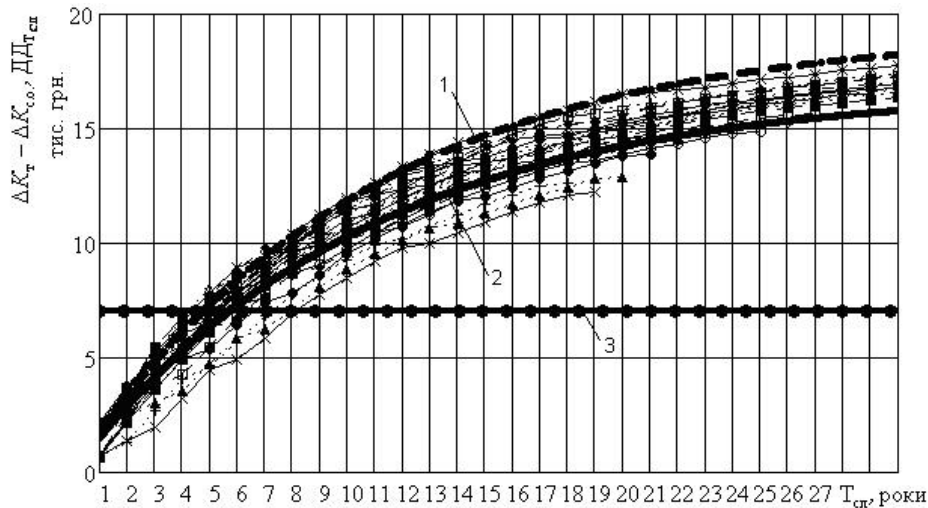


Рис. 4. Грошові потоки при влаштуванні теплової ізоляції в огорожувальній конструкції площею 220 м² та загальному термічному опорі $R_{\Sigma} = 2,5$ (м²·град)/Вт:
 1 – розраховані за існуючим методом;
 2 – розраховані за запропонованим методом; 3 – капітальні затрати

На рис. 5 наведені графіки зміни коефіцієнта варіації ЧДД $\sigma_{\text{ЧДД}}$ та коефіцієнта варіації терміну окупності $\sigma_{T_{\text{ок}}}$ в залежності від загального опору теплопередачі.

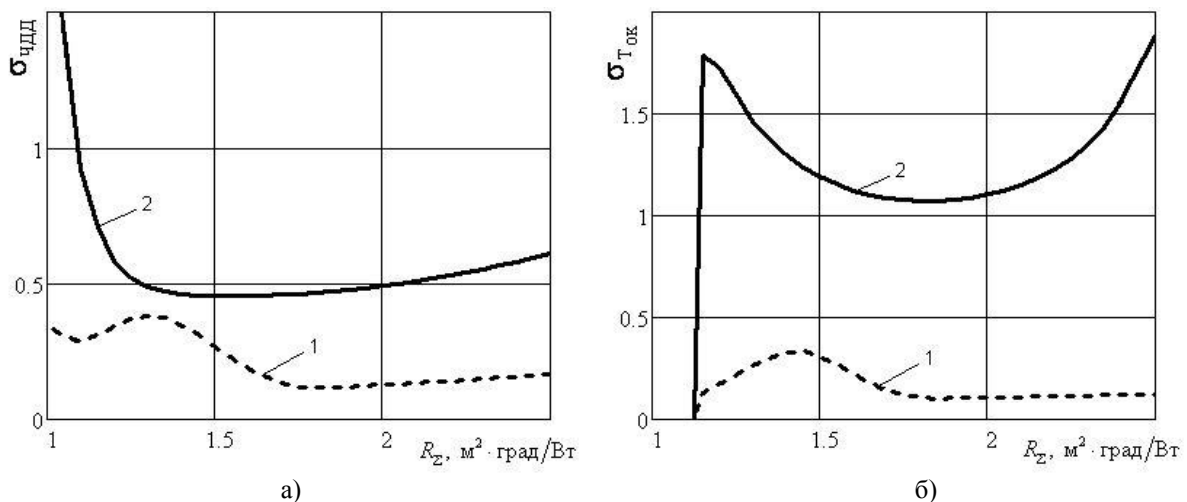


Рис. 5. Зміни коефіцієнта варіації ЧДД $\sigma_{\text{ЧДД}}$ (а) та коефіцієнта варіації терміну окупності $\sigma_{T_{\text{ок}}}$ (б) при влаштуванні теплової ізоляції в залежності від загального опору теплопередачі огорожувальної конструкції R_{Σ} : 1 – при площі огорожувальної конструкції 300 м²; 2 – при площі огорожувальної конструкції 220 м²

Отже, для площі огорожувальної конструкції 300 м² коефіцієнт $\sigma_{\text{ЧДД}}$ незначний і змінюється в межах 0,2...0,35 (рис. 5а).

Для площі огорожувальної конструкції 220 м² коефіцієнт варіації ЧДД є вищим ніж при площі 300 м² (рис. 5а). Так при зміні R_{Σ} від 1,5 (м²·град)/Вт до 2,5 (м²·град)/Вт коефіцієнт варіації ЧДД збільшується від 0,45 до 0,60, що є достатньо високим. Значенню $\sigma_{\text{ЧДД}} = 0,6$ відповідає відхилення реальних значень чистого дисконтованого доходу від його середньостатистичного значення до 25 %. Необхідно зазначити, що в даному випадку показник $\sigma_{\text{ЧДД}}$ сягає іще більших значень при $R_{\Sigma} < 1,5$ (м²·град)/Вт.

Для площі огорожувальної конструкції 300 м² коефіцієнт $\sigma_{T_{\text{ок}}}$ також незначний і змінюється в межах 0,2...0,35 (рис. 5б).

Для площі огороження 220 м² коефіцієнт варіації дисконтованого терміну окупності є значно вищим ніж при площі 300 м² (рис. 5б). Так при зміні R_{Σ} від 1,75 (м²·град)/Вт до 2,5 (м²·град)/Вт коефіцієнт варіації $\sigma_{T_{\text{ок}}}$ збільшується від 1,1 до 1,8. Значенню $\sigma_{T_{\text{ок}}} = 1,5$ відповідає зміна дійсних значень дисконтованого терміну окупності в межах 4,5...8 років (див. рис. 4), тобто в даному випадку має місце досить висока міра невизначеності.

Таким чином, наведені матеріали свідчать про необхідність подальшого уточнення методів з обґрунтування опору теплопередачі при влаштуванні теплової ізоляції будинків оскільки при цьому однією з обов'язкових умов є врахування всього спектру зміни кількості градусо-днів, що відображає реалізацію погодно-кліматичних умов на території розміщення об'єкта.

Виходячи з вищенаведеного можна зробити такі висновки:

1 В роботі запропонований метод визначення впливу природної сезонної мінливості погодно-кліматичних чинників у багаторічному перерізі на значення параметрів вибору термічного опору огорожувальної конструкції та їх невизначеність.

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

3 Показано, що зміна кількості градусо-днів у багаторічному перерізі може суттєво вплинути на невизначеність показників, за допомогою яких здійснюють вибір раціонального теплозахисту огорожувальних конструкцій.

Список літератури: 1. Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия [Текст] / А.Н. Дмитриев, И.Н. Ковалев, Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 120 с. – ISBN 5-98267-016-2. 2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинний від 2007.04.01]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 80 с. 3. Строительная климатология и геофизика: СНИП 2.01.01-82. – [Дата введення 1984.01.01]. – М.: Стройиздат, 1983. – 137 с. 4. Жуковский, Е.Е. Метеорологическая информация и экономические решения [Текст] / Е.Е. Жуковский. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 303 с. 5. Волощук, В.А. Визначення кліматологічно-оптимального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будинків при улаштуванні теплової ізоляції / В.А. Волощук, Н.А. Фроленкова, А.М. Рокочинський [Текст] // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 5. – С. 54-60.

© Волощук В.А., 2012
Надійшла до редколегії 15.02.12