

УДК 515.2

## **МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ**

Мартинів В. Л., к.т.н.

*Кременчуцький національний університет*

*імені Михайла Остроградського*

Тел. (05366) 74-33-08

**Анотація** – розроблено аналітичний і графічний способи визначення оптимальних геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки енергоефективних будівель з урахуванням тепловтрат, теплонадходження від сонячної радіації, впливу вітру за критерієм забезпечення заданого рівня енергоефективності будівель.

**Ключові слова** – оптимізація геометричних параметрів, енергоефективні будівлі, гранна форма, геометричне моделювання, опір теплопередачі.

*Постановка проблеми.* Підвищення енергоефективності будівель можливе за рахунок використання позитивного теплоенергетичного впливу навколишнього середовища, що можна досягти оптимізацією геометричних параметрів (опору теплопередачі) кожної конструкції теплоізоляційної оболонки. У зв'язку з цим при проектуванні енергоефективних будівель виникає потреба в розробці способів визначення оптимального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій з урахуванням тепловтрат, теплонадходження від сонячної радіації, впливу вітру за умови забезпечення заданого рівня енергоефективності будівель.

*Аналіз останніх досліджень.* У роботі [1] питання оптимізації параметрів утеплювача розглянуто в загальному вигляді без урахування гранної форми будівлі. Розв'язанню задачі багатопараметричної оптимізації з точки зору мінімізації тепловтрат через огорожувальні конструкції присвячена робота [2], але при цьому не забезпечується заданий рівень тепловтрат через огорожувальні конструкції. Зокрема, відсутні графічні способи розв'язання цієї задачі.

*Формулювання цілей статті.* Запропонувати аналітичний і графічний способи оптимізації опору теплопередачі конструкцій

теплоізоляційної оболонки будівлі для забезпечення заданого рівня тепловтрат.

*Основна частина.* Розроблено *аналітичний спосіб* оптимізації опору теплопередачі огорожувальних конструкцій при заданому загальному рівні тепловтрат  $\Delta Q_B$  через огорожувальні конструкції для опалювального періоду.

Наразі оптимізуються декілька геометричних параметрів опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Для цього складається математична модель теплового балансу  $\Delta Q_{грi}$  кожної грані будівлі, яка враховує опір теплопередачі ( $R_{ст}$ ,  $R_{вi}$ ) непрозорих і світлопрозорих конструкцій, площу конструкцій ( $S_{вi}$ ,  $S_{стi}$ ), геометричні параметри орієнтації для розташування вікон на фасадах будівлі ( $A_{вi}$ ,  $\omega_{вi}$ ) та ін.

Математичну модель теплового балансу грані будівлі можна зобразити у вигляді:

$$\Delta Q_{грi} = \frac{S_{стi}}{R_{стi}} \cdot \left( t_{вi} - \left( t_{зi} + \frac{r_i \cdot I_{спi}}{\alpha_{зстi}} \right) \right) \cdot N_{дiб} + \frac{S_{вi} \cdot D_{d_i}}{R_{вi}} - Q_{спi} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{o_i} \cdot S_{вi} \cdot (1)$$

Розв'язання даної задачі зводиться до оптимізації нелінійної функції з декількома змінними з використанням комп'ютера. Змінними є параметри опору теплопередачі ( $R_{стi}$ ,  $R_{вi}$ ) світлопрозорих та непрозорих конструкцій.

Сумарний опір теплопередачі непрозорих і світлопрозорих конструкцій мінімізується:

$$\sum (R_{вi} S_{вi} + R_{стi} S_{стi}) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Система обмежень

Кількість тепловтрат  $\Delta Q_B$  через огорожувальні конструкції відповідає класу енергоефективності будівлі та є незмінними:

$$\Delta Q_B = \sum \Delta Q_{грi} = \text{const.} \quad (3)$$

Кількість утеплювача мінімізується, при цьому обмежуються геометричні параметри опору теплопередачі утеплювача відповідно [3]:

$$0,5 \leq R_{вi} \leq 0,75. \quad 0,5 \leq R_{стi} \leq 0,75. \quad (4)$$

Залежно від типу будівлі уточнюються параметри обмеження, де  $t_{зi}$  – фактична температура зовнішнього повітря (град);  $t_{вi}$  – температура внутрішнього повітря (град);  $r_i$  – альbedo поверхні грані будівлі;  $I_{спi}$  – енергетична освітленість повітря короткохвильовою радіацією ( $\text{Вт/м}^2$ );  $\alpha_{зстi}$  – коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції та зовнішнім повітрям;  $R_{стi}$  –

опір теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ );  $N_{\text{дiб}}$  – кількість дiб опалювального перiоду [3];  $R_{\text{вi}}$  – опiр теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій ( $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ) [3];  $D_{\text{di}}$  – кількість градусо-дiб опалювального перiоду [3];  $S_{\text{cti}}$  – площа непрозорої грані огорожувальних конструкцій ( $\text{м}^2$ );  $Q_{\text{cp}i}$  – кількість сонячної радіації, що надходить протягом опалювального перiоду ( $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ );  $K_i$  – коефіцієнт дійсних умов хмарності, що впливають на надходження сонячної радіації [3];  $\zeta_i$  – коефіцієнт, що враховує затiнення віконного прорiзу непрозорими елементами [3];  $\varepsilon_{o_i}$  – коефіцієнт відносного надходження сонячної радіації для світлопрозорих конструкцій [3];  $g = \zeta_i \cdot \varepsilon_{o_i}$  – фактор засклення вікон.

Розв'язання даної задачі зводиться до оптимізації нелінійної функції з використанням комп'ютера за декількома змінними методом Хука–Дживса.

#### *Графічний спiсib визначення раціонального опору теплопередачі непрозорих конструкцій*

Для забезпечення заданого рiвня тепловтрат ( $\Delta Q_{\text{ct}i} = \text{const}$ ) через непрозорі огорожувальні конструкції з метою підвищення енергоефективності будівлі пропонується використовувати раціональний опiр теплопередачі залежно від азимутальної орієнтації.

Раціональний опiр теплопередачі  $R_{\text{ctri}}$  розраховується за формулою:

$$R_{\text{ctri}} = \frac{N_{\text{дiб}}}{\Delta Q_{\text{ct}i}} \left( t_{\text{вi}} - \left( t_{\text{зi}} + \frac{\rho_i \cdot I_{\text{cp}i}}{\alpha_{\text{зct}i}} \right) \right). \quad (5)$$

Для автоматизації розрахунків розроблено ППП *Polar*, з використанням якого побудовано модель раціонального опору теплопередачі  $R_{\text{ctri}} = f(A_\sigma)$ , залежно від азимутальної орієнтації будівлі. Але в огорожувальних конструкціях будівлі до 50 відсотків тепловтрат відбувається через світлопрозорі конструкції, тому спiсib моделювання раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій розглянемо далі.

#### *Графічний спiсib визначення раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій*

Для забезпечення заданого рiвня теплового балансу  $\Delta Q_{\text{вi}} = \text{const}$  світлопрозорих конструкцій (тепловтрат і теплонадходжень від сонячної радіації (СР) протягом опалювального перiоду) виведено аналітичні залежності для визначення раціонального опору теплопередачі конструкцій.

Раціональний опір теплопередачі вікон  $R_{вp_i}$  визначається:

$$R_{вp_i} = \frac{D_{di}}{\Delta Q_{вi} + Q_{cp_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{вi}}. \quad (6)$$

Розроблено комп'ютерні програми та побудовано графічні моделі  $R_{вp_i} = f(A_\sigma)$  раціонального опору теплопередачі (світлопрозорих конструкцій (рис. 1) (що забезпечують рівень теплового балансу 100, 80, 60, 40 кВт · год/м<sup>2</sup> протягом опалювального періоду), які можуть використовуватися ще на етапі архітектурного проектування.

Раціональний опір теплопередачі вікна  
 $R_{вp_i} = f(A_\sigma)$  при  $w = 90$  та  $w = 0$  для опалювального періоду м. Київ,  $g = 0,5$

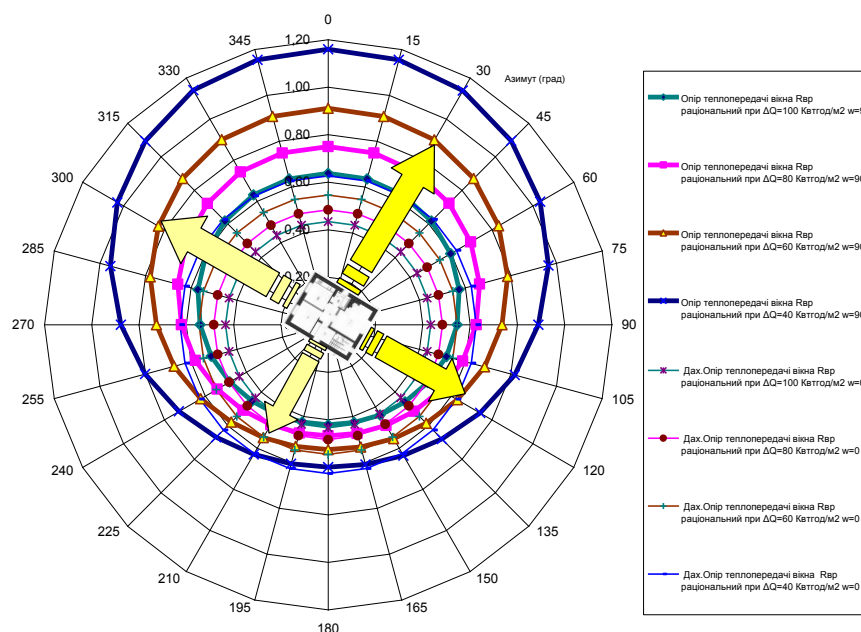


Рис. 1. Визначення раціонального опору теплопередачі вікон залежно від орієнтації та зон раціонального розташування вікон на фасадах будівлі.

Для визначення раціонального опору теплопередачі та розташування вікон на гранях будівлі гранної форми разом з отриманими графічними моделями  $R_{вp_i} = f(A_\sigma)$  застосовуються і креслення будівлі. При цьому план будівлі суміщується з моделями, і проектувальник в інтерактивному режимі за комп'ютером визначає раціональний рівень опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій і зони раціонального, допустимого та небажаного розташування вікон в огорожувальних конструкціях будівлі.

*Висновки.* Розроблено аналітичний і графічний способи визначення оптимального і раціонального опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій з урахуванням теплоенергетичного впливу навколишнього середовища за умови дотримання заданого рівня тепловтрат через огорожувальні

конструкції і забезпечення заданого рівня енергоефективності будівлі.

#### Література

1. *Сергейчук О. В.* Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності / О. В. Сергейчук // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.
2. *Мартынов В. Л.* Багатопараметрична оптимізація гранних енергоефективних будівель / В. Л. Мартынов // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн: теорія, практика, освіта». – Ужгород, 2011. – С. 135–139.
3. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинні від 2007-04-01] // Мінбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – ( Державні будівельні норми України).

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ОБОЛОЧКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

В.Л. Мартынов

*Аннотация* – разработан аналитический и графический способы определения оптимальных геометрических параметров теплоизоляционной оболочки энергоэффективных зданий с учетом теплотерь, теплоступления от солнечной радиации, воздействия ветра по критерию обеспечения заданного уровня энергоэффективности зданий.

### MODELING OPTIMAL GEOMETRICAL PARAMETERS THERMAL INSULATION SHELL ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

V. Martynov

#### *Summary*

Developed analytical and graphical methods of determining the optimal geometric parameters insulating shell energy efficient buildings considering heat loss, teplonadhodzhennya from solar radiation, the impact of wind on criteria of a given level of energy efficiency of buildings.