

## ГРАФІЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОЇ ОБОЛОНКИ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ КАМПУСІВ

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Анотація – розроблено графічний і аналітичний способи визначення раціональних ( близьких до оптимальних) геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель кампусів з урахуванням тепловтрат, теплонадходження від сонячної радіації, впливу вітру за критерієм забезпечення заданого рівня енергоефективності будівель відповідно до сучасних нормативних вимог.*

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

**Постановка проблеми.** При реконструкції та термомодернізації існуючої забудови у тому рахунку кампусів постає питання підвищення рівня енергоефективності будівель 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 швидкого 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 і публікацій.** 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 і конструкції. Зокрема, відсутні графічні способи розв'язання цієї задачі.

**Мета та завдання статті.** Запропонувати графічний та аналітичний і способи визначення раціональних ( близьких до оптимальних) параметрів опору теплопередачі непрозорих та світлопрозорих конструкцій теплоізоляційної оболонки будівлі для забезпечення заданого рівня тепловтрат.

**Основна частина.** Розроблено графічний та аналітичний спосіб оптимізації опору теплопередачі огорожувальних конструкцій при заданому загальному рівні тепловтрат  $\Delta Q_{\Sigma}$  через огорожувальні конструкції для заданого періоду часу, наприклад опалювального періоду.



Рис.1 Історичні та рядові будинки в забудові кампуса НТТУ (КП)

Для цього складається математична модель теплового балансу  $\Delta Q_{\text{гр}i}$  кожної грані будівлі, яка враховує опір теплопередачі ( $R_{\text{ст.}}$ ,  $R_{\text{в}i}$ ) непрозорих і світлопрозорих конструкцій, площу конструкцій ( $S_{\text{в}i}$ ,  $S_{\text{ст}i}$ ), геометричні параметри орієнтації для розташування вікон на фасадах будівлі ( $A_{\text{в}i}$ ,  $\omega_{\text{в}i}$ ) та ін.

Математичну модель теплового балансу грані будівлі можна зобразити у вигляді:

$$\Delta Q_{\text{в}i} = \frac{S_{\text{в}i}}{R_{\text{в}i}} \cdot \left( t_{\text{в}i} - \left( t_{\text{в}i} + \frac{r_i \cdot I_{\text{сп}i}}{\alpha_{\text{сп}i}} \right) \right) \cdot N_{\text{в}i} + \frac{S_{\text{в}i} \cdot D_{d_i}}{R_{\text{в}i}} - Q_{\text{сп}i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{o_i} \cdot S_{\text{в}i} \quad (1)$$

де  $t_{\text{в}i}$  – фактична температура зовнішнього повітря (град);  $t_{\text{в}i}$  – температура внутрішнього повітря (град);  $r_i$  – альbedo поверхні грані будівлі;

$I_{cp_i}$  – енергетична освітленість повітря короткохвильовою радіацією (Вт/м<sup>2</sup>);  $\alpha_{зст_i}$  – коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції та зовнішнім повітрям;  $R_{ст_i}$  – опір теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій (м<sup>2</sup> · К/Вт);  $N_{дiб}$  – кількість діб опалювального періоду [3];  $R_{вi}$  – опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій (м<sup>2</sup> · К/Вт) [3];  $D_{di}$  – кількість градусо-дiб опалювального періоду [3];  $S_{ст_i}$  – площа непрозорої грані огорожувальних конструкцій (м<sup>2</sup>);  $Q_{cp_i}$  – кількість сонячної радіації, що надходить протягом опалювального періоду (кВт · год/м<sup>2</sup>);  $K_i$  – коефіцієнт дійсних умов хмарності, що впливають на надходження сонячної радіації [3];  $\zeta_i$  – коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами [3];  $\varepsilon_o$  – коефіцієнт відносного надходження сонячної радіації для світлопрозорих конструкцій [3];  $g = \zeta_i \cdot \varepsilon_o$  – фактор засклення вікон.

*Графічний спосіб визначення раціонального опору теплопередачі непрозорих конструкцій*

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

Раціональний опір теплопередачі  $R_{ст_{pi}}$  розраховується за формулою:

$$R_{ст_{pi}} = \frac{N_{дiб}}{\Delta Q_{ст_i}} \left( t_{вi} - \left( t_{зi} + \frac{\rho_i \cdot I_{cp_i}}{\alpha_{зст_i}} \right) \right). \quad (2)$$

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

*Графічний спосіб визначення раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій*

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

Раціональний опір теплопередачі вікон  $R_{в_{pi}}$  визначається:

$$R_{в_{pi}} = \frac{D_{di}}{\Delta Q_{вi} + Q_{cp_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{вi}}. \quad (3)$$

Розроблено комп'ютерні програми та побудовано графічні моделі  $R_{vpi} = f(A_{\sigma})$  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.

Для визначення раціонального опору теплопередачі та розташування вікон на гранях будівлі гранної форми разом з отриманими графічними моделями  $R_{vpi} = f(A_{\sigma})$  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.

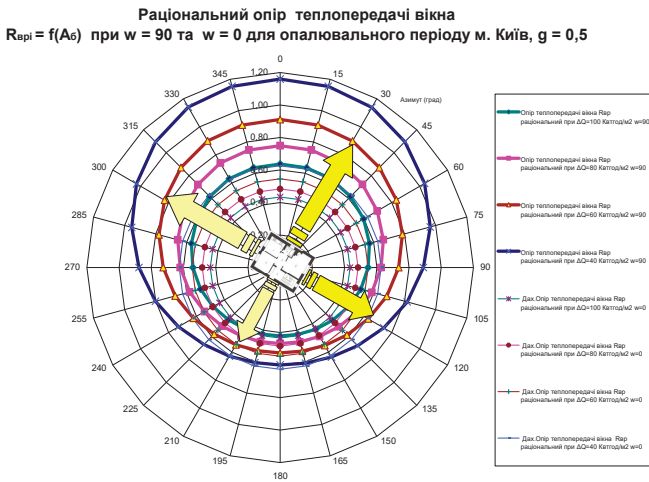


Рис. 2 – Визначення раціонального опору теплопередачі вікон залежно від орієнтації та зон раціонального розташування вікон на фасадах будівлі

**Висновки.** Розроблено графічний і аналітичний способи визначення раціонального (близького до оптимального) опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій з урахуванням теплоенергетичного впливу навколишнього середовища за умови дотримання заданого рівня тепловтрат через огорожувальні конструкції з метою забезпечення заданого рівня енергоефективності будівлі при новому будівництві та термомодернізації на території кампусів.

### 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 граничних 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.2.6-31:2016. – [Чинні від 2017-05-01] // Мінбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2016. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

## ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ КАМПУСОВ

*В. Л. Мартынов, С. А. Кожедуб*

Аннотация - разработан графический и аналитический способы определения рациональных (близких к оптимальным) геометрических параметров теплоизоляционной оболочки зданий кампусов с учетом теплотерь, теплопоступления от солнечной радиации, воздействию ветра по критерию обеспечения заданного уровня энергоэффективности зданий в соответствии с современными нормативными требованиями.

Ключевые слова - оптимизация геометрических параметров, кампус, энергоэффективные здания, гранная форма, геометрическое моделирование, сопротивление теплопередаче.

## GRAPHICAL METHOD OF DETERMINATION OF RATIONAL GEOMETRIC PARAMETERS OF HEAT INSULATION SHELL AT THERMOMODERNIZATION OF CAMPUS BUILDING

*V. Martynov, S. Cogedub*

### *Summary*

Abstract - graphical and analytical methods for determining the rational (close to optimal) geometrical parameters of the heat insulation shell of campus buildings, taking into account heat losses, heat revenues from solar radiation, and the influence of wind on the criterion of providing a given level of energy efficiency of buildings in accordance with modern regulatory requirements, have been developed.

Keywords - optimization of geometric parameters, campus, energy efficient buildings, face shape, geometric modeling, heat transfer resistance.