

**МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ***Київський національний університет будівництва і архітектури***Аннотація**

На сьогодні в Україні актуальним є питання підвищення рівня енергоефективності існуючих і будівництво нових енергоефективних будівель. Підвищення енергоефективності існуючих будівель можливо за рахунок їх термомодернізації, що вимагає створення способів по визначенню раціональних і оптимальних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель з метою підвищення рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до сучасних вимог.

Аналіз досліджень показав, що тепловий баланс світлопрозорих і непрозорих конструкцій будівель залежить від параметрів просторової орієнтації (азимута A_{σ} , кута нахилу ω), опору теплопередачі R_i і площі конструкцій S_i . При заданій геометричній формі і азимутальній орієнтації будівель змінними параметрами є опору теплопередачі непрозорих R_{cti} і світлопрозорих R_{vti} конструкцій, а також їх площа S_i, S_{vti} .

Розроблено комплекс графічних моделей по визначенню раціональних (близьких до оптимальних) геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель з урахуванням тепловтрат і теплопоступлення від сонячної радіації через огорожуючі конструкції для використання при термомодернізації існуючих будівель і будівництві нових енергоефективних будівель, при умові забезпечення заданого рівня тепловтрат через огорожуючі конструкції будівель відповідно до сучасних нормативних вимог.

Для визначення раціонального опору теплопередачі і розташування вікон на гранях будівель гранної форми разом з отриманими графічними моделями $R_{vti} = f(A_{\sigma})$ застосовуються і креслення будівель. При цьому план будівель накладається на моделі, і проєктувальник в діалоговому режимі з комп'ютером визначає раціональний рівень опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих огорожуючих конструкцій.

Аналіз моделей підтвердив, що во всіх природно-кліматических районах України на тепловий баланс світлопрозорих конструкцій в значній мірі впливає опору теплопередачі, g-фактор остеклення і орієнтація світлопрозорих конструкцій.

Ключові слова – геометричне моделювання, оптимізація геометричних параметрів, енергоефективні будівель, термомодернізація будівель.

Постановка проблеми. На сьогодні в Україні є актуальним питання підвищення рівня енергоефективності існуючих та будівництво нових енергоефективних будівель. Підвищення енергоефективності існуючих будівель можливо за рахунок їх термомодернізації, що вимагає створення способів з визначення раціональних та оптимальних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель з метою підвищенні рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до сучасних вимог.

Аналіз досліджень показав, що тепловий баланс світлопрозорих і непрозорих вертикальних конструкцій будівлі залежить від параметрів просторової орієнтації (азимуту A_{σ} , кута нахилу ω), опору теплопередачі R_i та площі конструкцій S_i . При заданій геометричній формі та азимутальній орієнтації будівлі змінними параметрами є опір теплопередачі непрозорих $R_{ст_i}$ і світлопрозорих $R_{ві}$ конструкцій, а також їх площа $S_i, S_{ві}$.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У роботі [1] розглянуто питання оптимізації параметрів утеплювача в загальному вигляді без урахування гранної форми будівлі та її орієнтації. 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. У роботах [4,5,6,7] досліджувалась оптимізація параметрів будівель, але не було запропоновано графічні моделі з визначення раціональних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель.

Мета та завдання статті. Створити комплекс графічних моделей для швидкого графічного визначення раціональних параметрів утеплювача (близьких до оптимальних) з використанням креслень будівлі з метою забезпечення заданого рівня теплового балансу конструкцій.

Основна частина. Для моделювання раціональних параметрів огорожувальних конструкцій залежно від азимута при визначеному куті нахилу ω розроблено графічні моделі (полярні діаграми) теплового балансу, непрозорих та світлопрозорих конструкцій граней будівлі, раціонального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій залежно від азимутальної орієнтації та забезпечення визначеного рівня теплового балансу конструкції (рис. 1,2).

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 $R_{ст_{рi}}$ розраховується за формулою:

$$R_{ст_{рi}} = \frac{N_{дiб}}{\Delta Q_{ст_i}} \left(t_{в_i} - \left(t_{з_i} + \frac{\rho_i \cdot I_{сп_i}}{\alpha_{зст_i}} \right) \right). \quad (1)$$

Для автоматизації розрахунків розроблено ППП *Polar*, з використанням якої побудовано модель раціонального опору теплопередачі $R_{стри} = f(A_{\sigma})$, залежно від азимутальної орієнтації будівлі (рис. 1).

Суміщення креслень будівлі з моделлю та проведення нормалей дозволить визначити раціональний опір теплопередачі непрозорих конструкцій.

Раціональний опір теплопередачі непрозорих конструкцій $R_{стри} = f(A_{\sigma})$
для опалювального періоду м. Київ

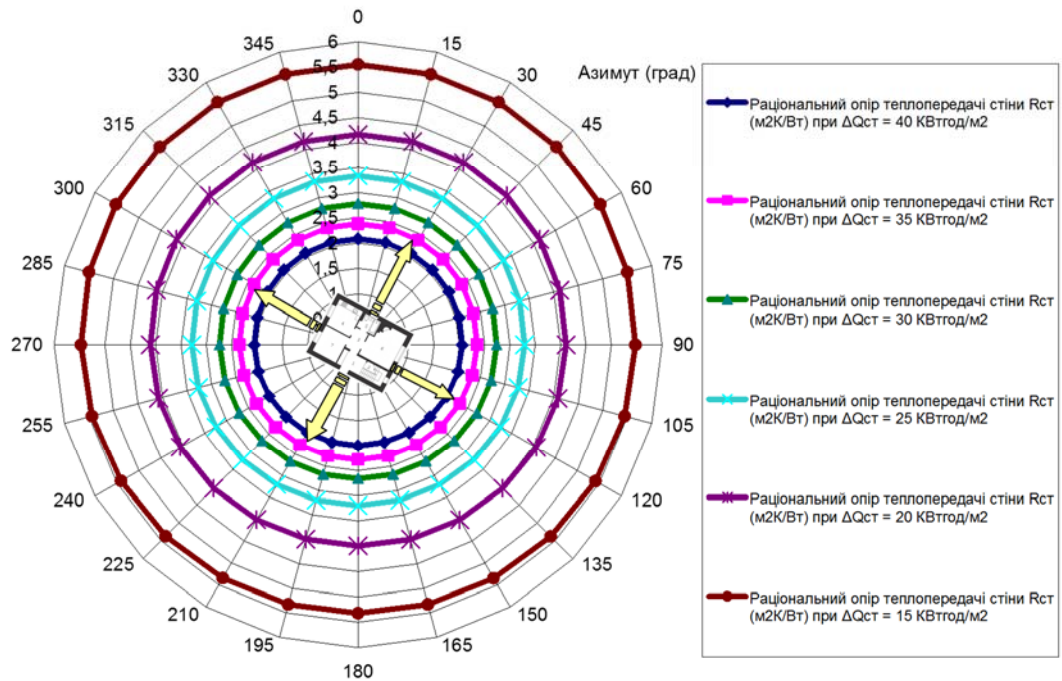


Рис.1 – Графічна модель раціонального опору теплопередачі $R_{стри} = f(A_{\sigma})$ при $\omega=90$ непрозорих конструкцій стін, залежно від азимутальної орієнтації, при заданому рівні тепловтрат $\Delta Q_{сти} = const$

Аналіз побудованих моделей для різних регіонів України показав, що для стін з північною орієнтацією раціональним є підвищення опору теплопередачі на 5–6 відсотків, для стін зі східною та західною орієнтацією, порівняно з південною, на 2–3 відсотки, що приведе до скорочення тепловтрат будівлі.

Але в огорожувальних конструкціях будівлі до 50 відсотків тепловтрат відбувається через світлопрозорі конструкції, тому спосіб моделювання раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій розглянемо далі.

Визначення раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій

Для забезпечення заданого рівня теплового балансу $\Delta Q_{ви} = const$ світло прозорих конструкцій (тепловтрат і тепло надходжень від СР протягом

опалювального періоду) виведено аналітичні залежності для визначення раціонального опору теплопередачі конструкцій.

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

$$R_{врi} = \frac{D_{di}}{\Delta Q_{vi} + Q_{cp_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{vi}} \quad (2)$$

Розроблено комп'ютерні програми та побудовано графічні моделі $R_{врi} = f(A_\sigma)$ раціонального опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій (рис.2) (що забезпечують рівень теплового балансу 100, 80, 60, 40 кВт·год/м² протягом опалювального періоду), які можуть використовуватися при термомодернізації та новому будівництві ще на етапі архітектурного проектування.

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

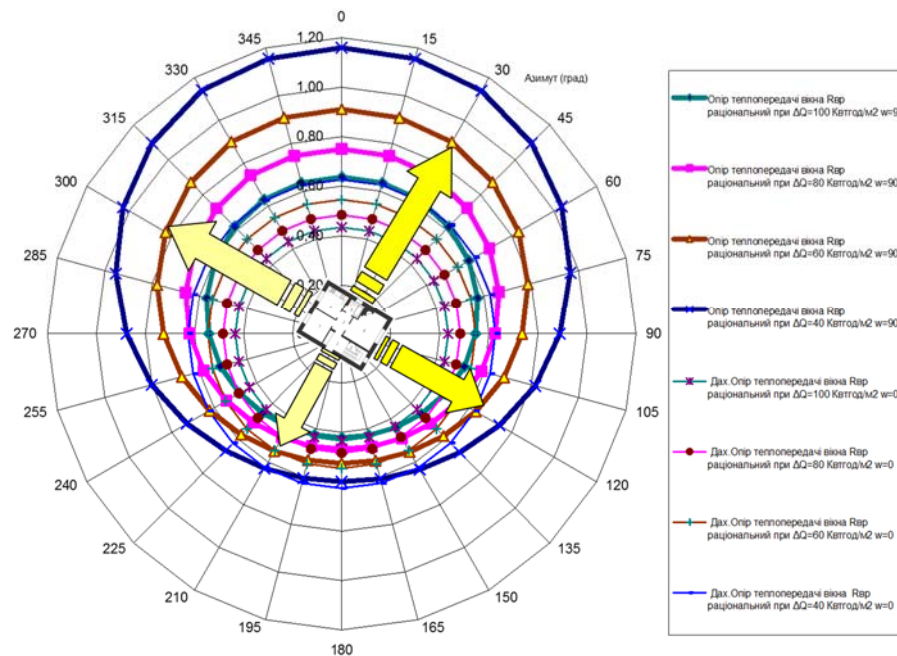


Рис.2 – Визначення раціонального опору теплопередачі вікон залежно від орієнтації та зон раціонального розташування вікон на фасадах будівлі

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

Приклад. Для присадибного будинку в м. Київ, використовуючи графічні моделі (рис. 2) можна зробити такі рекомендації щодо для забезпечення заданого рівня тепловтрат вікон $\Delta Q_{vi} = 60$ кВт год/м² за рахунок

раціонального опору теплопередачі та орієнтації світлопрозорих конструкцій, а саме:

– розташовувати вікна з великими розмірами доцільно на фасаді з орієнтацією $A_{\sigma} = 210^{\circ}$ ($R_{вр} = 0,48 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$) та $A_{\sigma} = 120^{\circ}$ ($R_{вр} = 0,52 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$) та відповідно використовувати раціональний опір теплопередачі;

– розташування вікон на фасаді з орієнтацією $A_{\sigma} = 300^{\circ}$ можливо при встановленні вікон з раціональним опором теплопередачі $R_{вр} = 0,82 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

– вікна з орієнтацією $A_{\sigma} = 30^{\circ}$ розташовувати на фасаді недоцільно, але за необхідності їх використання необхідно довести опір теплопередачі до $R_{вр} = 0,9 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;

– пропонується по можливості для приміщень з орієнтацією світлопрозорої конструкції $A_{\sigma} = 30^{\circ}$ перенести вікно на стіну з азимутальною орієнтацією $A_{\sigma} = 120^{\circ}$, а для приміщень з орієнтацією $A_{\sigma} = 300^{\circ}$ перенести вікно на стіну з азимутальною орієнтацією $A_{\sigma} = 210^{\circ}$.

Висновок. Таким чином, створено комплекс графічних та аналітичних моделей з визначення раціональних параметрів (близьких до оптимально) опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій з урахуванням тепловтрат і теплонадходжень від сонячної радіації залежно від азимутальної орієнтації, за умови дотримання заданого рівня тепловтрат.

Аналіз моделей показав, що для всіх природно-кліматичних районів України що га тепловий баланс світлопрозорих конструкцій значною мірою впливає опір теплопередачі, g-фактор засклення та орієнтація світлопрозорих конструкцій.

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. Мартинов В. Л. Багатопараметрична оптимізація гранних енергоефективних будівель / В. Л. Мартинов // 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).

4. Мартинов В. Л. Економічно доцільне утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій енергоекономічних будівель при заданому терміні окупності [Текст] / В. Л. Мартинов // Вісник КрНУ імені Михайла

Остроградського. – Вип. 1/2011(66), ч. 1. – С. 158–163. – (*Ulrich's Periodicals Directory*).

5. Мартинов В. Л. Рациональна орієнтація віконних прорізів енергоефективних будівель [Текст] / В. Л. Мартинов // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – К. : КНУБА, 2013. – Вип. 4. – С. 185–189.

6. Мартинов В. Л. Моделювання оптимальних геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки енергоефективних будівель [Текст] / В. Л. Мартинов // Сучасні проблеми моделювання : зб. наук. праць. – Мелітополь : МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – Вип. 2. – С. 95–100.

7. Мартинов В. Л. Моделирование оптимальных параметров теплоизоляционной оболочки зданий заданного класса энергоэффективности [Текст] / В. Л. Мартинов // Інтегровані енергоефективні технології в архітектурі та будівництві «Енергоінтеграція–2017» : матеріали сьомої міжнар. наук.-практ. конф. – Київ, 2017. – С. 34.

Анотація

На сьогодні в Україні є актуальним питання підвищення рівня енергоефективності існуючих та будівництво нових енергоефективних будівель. Підвищення енергоефективності існуючих будівель можливо за рахунок їх термомодернізації, що вимагає створення способів з визначення раціональних та оптимальних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель з метою підвищенні рівня енергетичної ефективності будівель відповідно до сучасних вимог.

Аналіз досліджень показав, що тепловий баланс світлопрозорих і непрозорих конструкцій будівлі залежить від параметрів просторової орієнтації (азимуту A_σ , кута нахилу ω), опору теплопередачі R_i та площі конструкцій S_i . При заданій геометричній формі та азимутальній орієнтації будівлі змінними параметрами є опір теплопередачі непрозорих $R_{стi}$ і світлопрозорих $R_{вi}$ конструкцій, а також їх площа $S_i, S_{вi}$.

Розроблено комплекс графічний моделей з визначення раціональних (близьких до оптимальних) геометричних параметрів теплоізоляційної оболонки будівель з урахуванням тепловтрат та теплонадходження від сонячної радіації через огорожувальні конструкції для використання при термомодернізації існуючих будівель і будівництві нових енергоефективних будівель за умови забезпечення заданого рівня тепловтрат огорожувальних конструкцій будівель відповідно до сучасних нормативних вимог.

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

Аналіз моделей підтвердив, що у всіх природно-кліматичних районах України на тепловий баланс світлопрозорих конструкцій значною мірою впливає опір теплопередачі, g -фактор засклення та орієнтація світлопрозорих конструкцій.

Ключові слова – геометричне моделювання, оптимізація геометричних параметрів, енергоефективні будівлі, термомодернізація.

Abstract

Today, the issue of improving the level of energy efficiency of existing and construction of new energy efficient buildings is an urgent issue in Ukraine. Improving the energy efficiency of existing buildings is possible due to their thermal modernization, which requires the creation of ways to determine the rational and optimal parameters of the thermal insulation shell of buildings in order to increase the level of energy efficiency of buildings in accordance with modern requirements.

Analysis of the studies showed that the thermal balance of translucent and opaque structures of the building depends on the parameters of the spatial orientation (azimuth, slope), the heat transfer resistance and the area of structures. Given the geometric shape and azimuthal orientation of the building, the variable parameters are the heat transfer resistance of opaque and translucent structures. as well as their area.

The complex of graphical models for determination of rational (close to optimal) geometric parameters of thermal insulation shell of buildings with consideration of heat losses and heat inflow from solar radiation through fencing structures is developed for use in thermo-modernization of existing buildings and construction of new energy-efficient structures on the level of construction current regulatory requirements.

The drawings of the building are used to determine the rational heat transfer resistance and the location of windows on the faces of a faceted building along with the resulting graphic models $R_{\text{вpi}} = f(A_{\sigma})$. In this case, the building plan is combined with the models, and the designer in a dialog mode with the computer determines the rational level of resistance to heat transfer of translucent and opaque enclosing structures.

Model analysis confirmed that in all natural and climatic regions of Ukraine, the thermal balance of translucent structures is significantly influenced by heat transfer resistance, the g -factor of glazing, and the orientation of translucent structures.

Keywords - geometric modeling, optimization of geometric parameters, energy efficient buildings.