

УДК 515.2

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

**В. Л. Мартинов**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ddd151@yandex.ru

При проектуванні енергоефективних та енергоекономічних будівель постає задача зменшення витрат на опалення, підвищення їх енергоефективності. Це можливо за рахунок оптимізації параметрів будівель, раціональної азимутальної орієнтації вікон при розташуванні їх в огорожувальних конструкціях. Розроблено комп'ютеризований спосіб визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій будівлі з точки зору мінімального теплового балансу з оточуючим середовищем, за якого тепловий баланс вікон менший за тепловий баланс стіни. Для чотирьох кліматичних зон України, міст Києва, Запоріжжя, Одеси, Ялти визначено раціональну орієнтацію вікон при розташуванні в огорожувальних конструкціях будівлі. Розроблено моделі для визначення теплового балансу різних типів конструкцій енергоефективних будівель з різним опором теплопередачі. Даний спосіб визначення орієнтації можливо використовувати при проектуванні як енергоефективних, так і звичайних будівель.

**Ключові слова:** оптимізація параметрів, енергоефективні будівлі, гранна форма, геометричне моделювання, тепловий баланс, раціональна орієнтація вікон.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

**В. Л. Мартынов**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: ddd151@yandex.ru

При проектировании энергоэффективных и энергоэкономичных зданий возникает задача уменьшения затрат на отопление, повышения их энергоэффективности. Это возможно за счет оптимизации параметров зданий, рациональной азимутальной ориентации окон при расположении их в ограждающих конструкциях. Разработан компьютеризированный способ определения рациональной ориентации светопрозрачных конструкций здания с точки зрения минимального теплового баланса с окружающей средой, при которой тепловой баланс окон меньше теплового баланса стен. Для четырех климатических зон Украины, городов Киева, Запорожья, Одессы, Ялты определено рациональную ориентацию окон при расположении в ограждающих конструкциях здания и соблюдено нормативные требования по их теплоизоляции. Разработаны модели для определения теплового баланса различных типов конструкций энергоэффективных зданий с различным сопротивлением теплопередаче. Данный способ определения ориентации можно использовать при проектировании как энергоэффективных, так и обычных зданий.

**Ключевые слова:** оптимизация параметров, энергоэффективные здания, гранная форма, геометрическое моделирование, тепловой баланс, рациональная ориентация окон.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** При проектуванні енергоефективних та енергоекономічних будівель постає задача зменшення витрат на опалення, підвищення їх енергоефективності. Це можливо за рахунок оптимізації параметрів будівель, раціональної азимутальної орієнтації вікон при їх розташуванні в огорожувальних конструкціях. Орієнтація конструкцій значною мірою впливає на тепловий баланс огорожувальних конструкцій (надходження тепла від сонячної радіації та тепловтрати). Раціональне розташування вікон на фасадах може підвищити енергоефективність будівель до 10 %. Нормативні документи регламентують опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, але не враховують вплив орієнтації на тепловий баланс конструкції. Тепловий баланс сучасних вікон при певній орієнтації може бути меншим, ніж у непрозорих конструкцій стін. Проектувальнику необхідно мати спосіб визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій при їх розташуванні в огорожувальних конструкціях будівель.

Вирішенню питання підвищення енергоефективності будівель присвячено роботи [1–3], але в них визначалися оптимальні пропорції будівель з точки зору мінімізації тепловтрат через огорожувальні конструкції за одним параметром пропорцій. У роботах [4, 5] окремо оптимізувалася форма будівлі та окремо параметри утеплювача непрозорих конструкцій будівлі з точки зору мінімального теплового балансу огорожувальних конструкцій. У дослідженнях [6] розглядалася багатопараметрична оптимізація енергоефективних будівель. У роботі [7] оптимізувалася форма циліндричної будівлі та розподіл утеплювача для опалювального періоду. У дослідженнях [8] пропонувався спосіб оптимізації багатогранної форми енергоекономічної будівлі та розподілу утеплювача по огорожувальних конструкціях.

Мета роботи – запропонувати спосіб визначення раціональної орієнтації вікон при розташуванні в непрозорих огорожувальних конструкціях для підвищення енергоефективності будівель, за якого тепловий баланс вікон менший за тепловий баланс стін.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для визначення раціональної орієнтації світлопрозорих

Функція теплового балансу непрозорої конструкції грані, згідно з [6, 9], визначається таким чином:

$$\Delta Q_{cmi} = \left[ \frac{1}{R_{cmi}} \right] \cdot S_{cmi} \cdot (t_{ei} - (t_{zi} + \frac{r_i \cdot Q_{cpi}}{\alpha_{zcmi}})) \cdot N_{oi6} \cdot (1)$$

Функція теплового балансу світлопрозорої конструкції грані згідно з [6, 9] визначається як

$$\Delta Q_{ei} = \left[ \frac{1}{R_{ei}} \right] \cdot S_{ei} \cdot D_{di} - Q_{cpi} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{oi} \cdot S_{ei}, \quad (2)$$

де  $t_{zi}$  – фактична температура зовнішнього повітря;  $t_{ei}$  – температура внутрішнього повітря;  $r_i$  – альbedo поверхні грані будівлі;  $Q_{cpi}$  – енергетична освітленість повітря короткохвильовою радіацією;  $\alpha_{zcmi}$  – коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції та зовнішнім повітрям;  $R_{cmi}$  – опір теплопередачі непрозорих

конструкцій складається теплового балансу  $\Delta Q$  огорожувальних конструкцій з оточуючим середовищем. огорожувальних конструкцій;  $N_{oi6}$  – кількість днів опалювального періоду [9];  $R_{ei}$  – опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій [9];  $D_{di}$  – кількість градусо-днів опалювального періоду [9];  $S_{cmi}$  – площа непрозорої грані огорожувальних конструкцій;  $K_i$  – коефіцієнт дійсних умов хмарності, що впливають на надходження сонячної радіації [9];  $\zeta_i$  – коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами [9];  $\varepsilon_{oi}$  – коефіцієнт відносного надходження сонячної радіації для світлопрозорих конструкцій [9].

Розроблено програму SOLAR, що будує моделі залежності теплового балансу  $\Delta Q_{cmi} = f(A_\sigma)$  та  $\Delta Q_{ei} = f(A_\sigma)$  від азимутальної орієнтації конструкції  $A_\sigma$  при різному опорі теплопередачі світлопрозорих і непрозорих конструкцій (рис. 1).

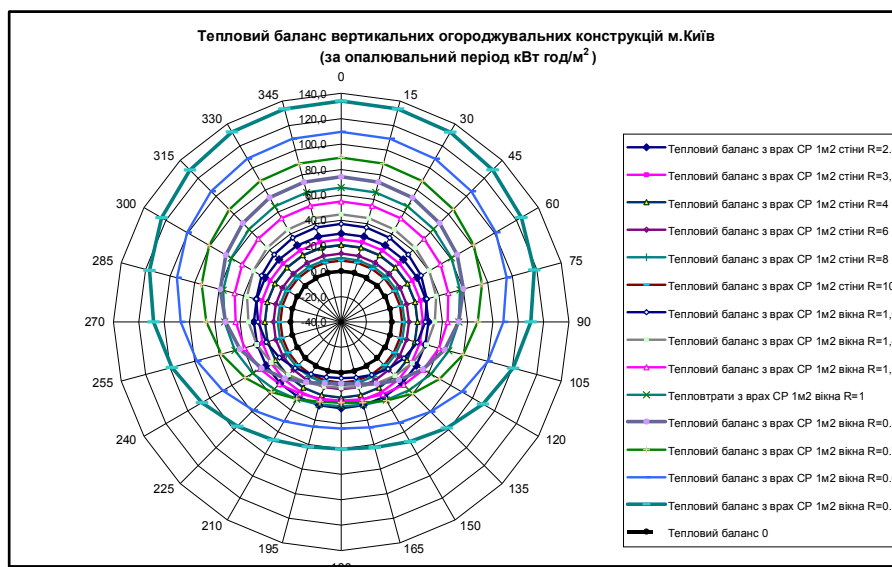


Рисунок 1 – Моделі  $\Delta Q_{cmi} = f(A_\sigma)$  та  $\Delta Q_{ei} = f(A_\sigma)$  теплового балансу світлопрозорих та непрозорих огорожувальних конструкцій з різним опором теплопередачі

Якщо накласти план будівлі на центр моделі, то можливо визначати рівень теплового балансу кожної огорожувальної конструкції залежно від орієнтації.

З моделі видно, що азимутальна орієнтація більшою мірою впливає на тепловий баланс світлопрозорих конструкцій порівняно з непрозорими. Тепловий баланс (тепловтрати) при південній орієнтації значно менший, ніж при північній. Так, для вікон з орієнтацією на південь та опором теплопередачі  $R_{ви} \geq 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  тепловий баланс вікон менший, ніж тепловий баланс стін з нормативним опором [9].

Якщо тепловий баланс (тепловтрати) через світлопрозорі огорожувальні конструкції не перевищує теплового балансу непрозорих конструкцій  $\Delta Q_{ei} \leq \Delta Q_{cmi}$ , тоді перетин моделей

визначає зону раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій в огорожувальних конструкціях будівель (рис. 2).

$$\begin{cases} \Delta Q_{ei} = f(A_\sigma); \\ \Delta Q_{cmi} = f(A_\sigma). \end{cases} \quad (3)$$

Територія України має чотири кліматичних зон, що характеризуються різною температурою повітря протягом року та рівнем надходження тепла від сонячної радіації. Відповідно до [9] огорожувальні конструкції мають різний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Для чотирьох кліматичних зон України міст Києва, Запоріжжя, Одеси, Ялти визначено раціональну орієнтацію вікон при розташуванні в огорожувальних конструкціях будівель.



Рисунок 2 – Визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій з використанням моделей  $\Delta Q_{ст} = f(A_{ст})$  та  $\Delta Q_{в} = f(A_{в})$  теплового балансу світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій

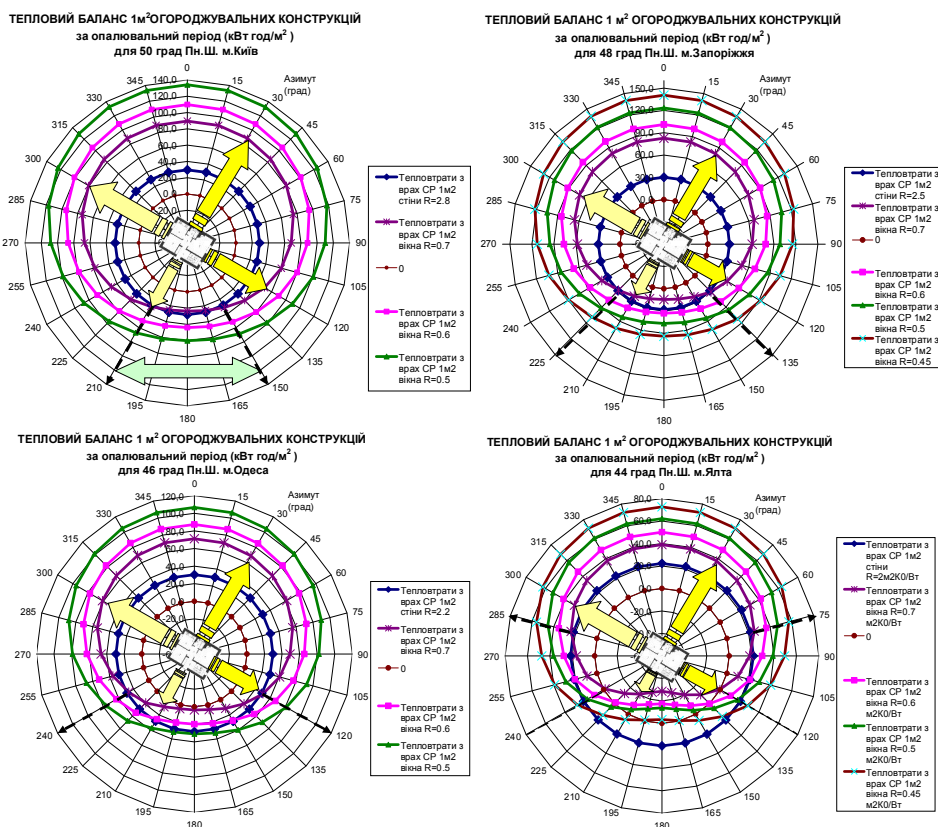


Рисунок 3 – Визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій з використанням моделей теплового балансу вертикальних огорожувальних конструкцій для чотирьох кліматичних зон України міст Києва, Запоріжжя, Одеси, Ялти

**ВИСНОВКИ.** Розроблено комп'ютеризований спосіб визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій при розташуванні в огорожувальних непрозорих конструкціях енергоєфективних будівель з точки зору мінімального теплового балансу з оточуючим середовищем з метою під-

вищення енергоєфективності протягом опалювального періоду.

Визначено раціональну орієнтацію вікон з опором теплопередачі  $R = 0,7 \text{ м}^2\text{К/Вт}$  для чотирьох кліматичних зон України, при якій тепловий баланс вікон менший, ніж тепловий баланс стін з нормованим опором теплопередачі. Для м. Київ (1 кліматич-

на зона) орієнтація становить від 155 до 205 градусів, для м. Запоріжжя (II кліматична зона) – від 135 до 225 градусів, для м. Одеса (III кліматична зона) – від 120 до 240 градусів, для м. Ялта (IV кліматична зона) – від 75 до 285 градусів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Здания, климат и энергия / Т.А. Маркус, Э.Н. Морис. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.
2. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.
3. Мартинов В.Л. Геометричне моделювання параметрів енергоактивних житлових будинків // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Геометричне моделювання і комп'ютерні технології: теорія, практика, освіта». – Харків, 2009. – С. 153–158.
4. Сергейчук О.В. Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності // Матеріали VI Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.
5. Сергейчук О.В. Оптимізація форми енергоєфективної будівлі, зовнішня оболонка якої n-

параметрична поверхня // Матеріали VII Міжнародної Кримської науково-практичної конференції «Геометричне моделювання та комп'ютерний дизайн». – Сімферополь, 2010. – С. 150–155.

6. Мартинов В.Л. Багатопараметрична оптимізація граничних енергоєфективних будівель // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн: теорія, практика, освіта». – Ужгород, 2011. – С. 135–139.

7. Мартинов В.Л. Оптимізація циліндричної форми енергоєфективних будівель та розподілу утеплювача // Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми геометричного моделювання». – Мелітополь, 2011. – С. 133–138.

8. Мартинов В.Л. Оптимізація багатогранної форми енергоєкономічної будівлі та розподілу його утеплювача // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Технічна естетика і дизайн». – К.: КНУБА, 2012. – Вип. 89. – С. 143–147.

9. 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).

## DETERMINATION OF RATIONAL ORIENTATION OF TRANSLUCENT STRUCTURES OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

V. Martynov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: ddd151@yandex.ru

One of the problems of the energy efficient buildings engineering is how to reduce heating expenses and increase their energy efficiency. The way to solve this problem is to optimize the parameters of buildings and provide rational azimuthal orientation of windows when you place them in the building envelope. The author has developed a computerized method for determining the rational orientation of the translucent structures of a building for purposes of the minimum thermal balance and minimum heat exchange with surrounding environment, when the heat balance of windows is lower the heat balance of walls. Within the frame of research the author has defined rational orientation of the windows placed in the building envelope for four climatic zones of Ukraine – Kyiv, Kharkiv, Odessa, and Yalta, with their insulation regulatory compliance. Also, there were designed the models for evaluation of thermal balance of different types of energy-efficient buildings having different heat transfer resistance. The offered method of determining the orientation can be used for design planning of the energy efficient buildings as well as conventional ones.

**Key words:** optimization parameters, energy efficient buildings, faceted shape, geometric modelling, heat balance, rational orientation of windows.

## REFERENCES

1. Markus, T.A., Maurice, J.E. (1985), *Zdaniya, klimat i energiya* [Buildings, climate and energy], Gidrometeoizdat, St-Petersburg, Russia.
2. Tabunshchikov, Y.A., Brodach, M.M. (2002), *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya teplovoi effektivnosti zdaniy* [Mathematical modelling and optimization of thermal efficiency of buildings], AVOK-PRESS, Moscow, Russia.
3. Martynov, V.L. (2009), «Geometric modelling of parameters of energy-active houses», *Proceedings of the VI International Scientific Conference «Geometrical modeling and computer technology: Theory, practice and education»*, Kharkiv, Ukraine, pp. 153–158.
4. Sergeychuk, O.V. (2009), «Optimization of insulation distribution on the surfaces of a building when its efficiency class is specified», *Proceedings of the VI International Crimean Scientific Conference «Geometrical and computer modelling: energy-saving, ecology, design»*, pp. 44–49, Simferopol, Ukraine.
5. Sergeychuk, O.V. (2010), «Shape optimization of the energy-effective building, which external shell is an n-parametric surface», *Proceedings of the VI International Crimean Scientific Conference*

*«Geometrical and computer modelling: energy-saving, ecology, design»*, pp. 150–155, Simferopol, Ukraine.

6. Martynov, V.L. (2011), «Multiparameter optimization of faceted energy-efficient buildings», *Proceedings of the VI International Scientific Conference «Geometrical modeling and computer technology: Theory, practice and education»*, pp. 135–139, Uzhgorod, Ukraine.

7. Martynov, V.L. (2011), «Shape optimization of energy-efficient buildings and insulation distribution» *Proceedings of the XIII International Scientific Conference «Topical problems of geometrical modeling»*, pp. 133–138, Melitopol, Ukraine.

8. Martynov, V.L. (2012), «Optimization of multifaceted shapes of energy-efficient buildings and their insulation distribution», *Technical aesthetics and design*, KNUCA, iss. 89, pp. 143–147, Kyiv, Ukraine.

9. Thermal insulation of buildings: ДБН В.2.6–31:2006 (2006), Effective from 01 April, 2007, Ministry of Construction of Ukraine, Ukrarhбудінформ, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла 15.03.2013.