

д. т. н., професор **Мартинов В.Л.**,  
arx.martynov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0822-1970

аспірант **Стаднійчук Д.М.**,  
111222@ukr.net

аспірант **Мартинюк О.Л.**,  
martynuk@ukr.net

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗТАШУВАННЯ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ФАСАДАХ ЗЕЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД В УКРАЇНІ**

*У післявоєнний період в Україні буде актуальним питання формування енергоефективних зелених будівель які використовують відновлювальну екологічно чисту енергію оточуючого середовища для енергозабезпечення.*

*Зелені будівлі проєктуються з урахуванням екологічно стійких принципів, що знижує негативний вплив на довкілля. Це важливо у контексті збереження природних ресурсів та зменшення викидів парникових газів.*

*Енергоефективні зелені будівлі зазвичай економічно вигідніші у довгостроковій перспективі. Інвестиції в зелені технології та матеріали окупаються за рахунок зменшення витрат на енергію та обслуговування будівлі.*

*Перед архітекторами, проєктувальниками при проєктуванні зелених будівель постане задача підвищення їх енергоефективності за рахунок раціонального розташування світлопрозорих конструкцій на фасадах будівель з урахуванням теплового балансу світлопрозорих та непрозорих конструкцій будинку, конструктивних особливостей вікон, коефіцієнта світлопропускання вікон та кліматичних особливостей місцевості ( температури, сили вітру, надходження сонячної радіації).*

*Проведено дослідження та для проєктування зелених будівель, розроблено графічні та аналітичні моделі з визначення раціональних параметрів орієнтації вікон азимута й кута нахилу ( $A_{\sigma}$ ,  $\omega$ ) вікон.*

*Запропоновано графічний спосіб раціонального розташування світлопрозорих конструкцій на фасадах будівель, який дозволяє визначати раціональну орієнтації вікон та їх розташування в огорожувальних конструкціях зелених будинків за умови, що тепловтрати через світлопрозорі конструкції не перевищують тепловтрати через стіни.*

*Ключові слова: енергоефективні зелені будівлі, оптимальні*

*параметри орієнтації вікон, оптимізація геометричних параметрів, графічні моделі, геометричне моделювання, архітектурне проектування.*

**Постановка проблеми.** Наразі Україна, як і багато інших країн, стикається з проблемами у сфері енергетики. Будівництво зелених будівель сприяє зменшенню споживання енергії завдяки використанню передових технологій та інноваційних матеріалів, що стане ще більше актуальним у післявоєнний період.

Зелені будівлі спроектовані з урахуванням екологічно стійких принципів, що знижує негативний вплив на довкілля. Це важливо у контексті збереження природних ресурсів та зменшення викидів парникових газів.

Енергоефективні зелені будівлі зазвичай економічно вигідніші у довгостроковій перспективі. Інвестиції в зелені технології та матеріали окупаються за рахунок зменшення витрат на енергію та обслуговування будівлі.

Зелені технології та стандарти будівництва стають все більш популярними у світі. Україна, як частина світової спільноти, прагне дотримуватися цих трендів для покращення своєї екологічної ситуації та підвищення рівня життя.

Таким чином, проектування енергоефективних зелених будівель в Україні є не лише актуальним, а й стратегічно важливим напрямком для розвитку будівельної галузі та підвищення стійкості країни.



Рис.1 Зелені будівлі з великою кількістю зелених рослин на фасадах, що мають з коефіцієнт пропускання  $t_3$  сонячної радіації на світлопрозорі та непрозорі конструкції будівель для літнього періоду

Разом з цим проектувальнику при створенні вискоелективних зелених проєктів зелених будинків треба знати оптимальні (раціональні) параметри орієнтації вікон при яких тепловтрати не будуть перевищувати

тепловтрати через непрозорі огорожувальні конструкції, враховувати особливості затінення фасадів зеленими рослинами.

**Аналіз досліджень і публікацій.** У напрямку підвищення енергоефективності будівель та визначення раціональних геометричних параметрів орієнтації вікон та оптимальних геометричних параметрів розташування було проведено наступні дослідження.

У праці [1] розглянуто питання особливостей проектування та вирішення пасивних будинків. Але питання оптимального, раціонального розташування вікон не розглядалося. У роботі [2] питання оптимізації параметрів утеплювача будинку розглянуто в загальному вигляді без урахування гранної форми будівлі.

У дослідженнях [3] досліджувалося залежність оптимальної форми тіла від характеристик теплового поля, у якому воно знаходиться. Таке тіло названо квазікулею. Питання оптимального розташування вікон на оболонці будівель не розглядалося. А у роботах [4, 5, 6] розглядалося питання визначення оптимальної та раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій з урахуванням теплового балансу конструкцій для енергоефективного будинку. Але при цьому не розглядалося питання раціонального розташування вікон для зелених будівель з урахуванням озеленення фасадів та коефіцієнта пропускання зеленими рослинами сонячної радіації. Не розглядалося також питання раціонального розташування вікон на похилих площинах будинку.

У дослідженнях [7, 8] розглядалися питання оптимізації форми будівлі та розміру світлопрозорих конструкцій енергоефективних, а не зелених будинків, без урахування коефіцієнта пропускання сонячної радіації зеленими рослинами розташованими на фасадах будинку.

Таким чином задача визначення раціональних геометричних параметрів вікон зелених будинків та їх орієнтації з урахуванням пропускання сонячної радіації зеленими рослинами на фасади будівель в наведених вище дослідженнях не розглядалася.

**Цілі та завдання статті** полягають у проведенні досліджень щодо розроблення графічних моделей для швидкого визначення геометричних параметрів розташування вікон при проектуванні енергоефективних зелених будівель. Розв'язанням даних задач є визначення оптимальних параметрів орієнтації ( $A_s, \omega$ ) для різних типів вікон за різних вихідних умов.

**Основна частина.** При розробці проектів енергоефективних будівель необхідно враховувати вплив вікон на тепловий баланс будівлі, а також бажано мати спосіб оцінювання впливу орієнтації на тепловий баланс конструкції.

Зокрема, у житлових будинках до 50 % тепловтрат відбувається саме через вікна. Тому раціональне розташування в огорожувальних конструкціях вікон суттєво б зменшувало їх тепловтрати. Розташування вікон на фасадах будівель має забезпечити максимальне надходження тепла

від сонячної радіації (СР) при мінімальних тепловтратах через огорожувальні конструкції протягом опалювального періоду.

А для визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій будуються моделі теплового балансу  $\Delta Q_{\text{в}}$  огорожувальних конструкцій з навколишнім середовищем. Зокрема, тепловий баланс непрозорої конструкції грані з урахуванням надходження СР, визначають за формулою:

$$\Delta Q_{\text{н\ddot{o}}_i} = \frac{S_{\text{н\ddot{o}}_i}}{R_{\text{н\ddot{o}}_i}} \cdot \left[ t_{\text{а}} - \left( t_{\text{з}} + \frac{r_i \cdot I_{\text{н\ddot{o}}_i}}{\alpha_{\text{з\ddot{n}}\text{н\ddot{o}}_i}} \right) \right] \cdot N_{\text{а\ddot{з}}\text{а}} t_3, \quad (1)$$

а світлопрозорої конструкції грані знаходять так:

$$\Delta Q_{\text{в}_i} = \frac{S_{\text{в}_i} \cdot D_{d_i}}{R_{\text{в}_i}} - Q_{\text{ср}_i} \cdot K_i \cdot \zeta_i \cdot \varepsilon_{o_i} \cdot S_{\text{в}_i} t_3 \quad (2)$$

де  $t_{\text{з}}$  – фактична температура зовнішнього повітря (град);  $t_{\text{в}_i}$  – температура внутрішнього повітря (град);  $r_i$  – альbedo поверхні грані будівлі;  $Q_{\text{ср}_i}$  – енергетична освітленість повітря короткохвильовою радіацією (кВт год/м<sup>2</sup>);  $\alpha_{\text{зст}_i}$  – коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею огорожувальної конструкції та зовнішнім повітрям;  $R_{\text{ст}_i}$  – опір теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій (м<sup>2</sup> К/Вт);  $N_{\text{д\ddot{б}}}$  – кількість д\ddot{б} опалювального періоду [9];  $R_{\text{в}_i}$  – опір теплопередачі світлопрозорих огорожувальних конструкцій (м<sup>2</sup> · К/Вт) [9];  $S_{\text{ст}_i}$  – площа непрозорої грані огорожувальних конструкцій (м<sup>2</sup>);  $K_i$  – коефіцієнт дійсних умов хмарності, що впливають на надходження СР [355];  $\zeta_i$  – коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами [9];  $\varepsilon_{\text{і}_i}$  – коефіцієнт відносного надходження СР для світлопрозорих конструкцій [9];  $g = \zeta_i \cdot \varepsilon_o$  – фактор засклення вікон;  $t_3$  – коефіцієнт пропускання тепла від сонячної радіації.

Тепловий баланс (тепловтрати) через світлопрозорі огорожувальні конструкції при орієнтації, наближеної до південної, не перевищує тепловий баланс непрозорих конструкцій  $\Delta Q_{\text{в}_i} \leq \Delta Q_{\text{ст}_i}$ , а перетин моделей визначає зону раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій в огорожувальних конструкціях будівель (рис. 2).

$$\begin{cases} \Delta Q_{\text{в}_i} = f(A_{\sigma}); \\ \Delta Q_{\text{ст}_i} = f(A_{\sigma}). \end{cases} \quad (3)$$

Суміщення плану будівлі з побудованою графічною моделлю (рис.2) дозволить проєктувальникові у стислий час визначити раціональну орієнтацію вікон у зеленій будівлі, що вплине на підвищення енергоефективності будівлі.

Розроблено графічні та аналітичні моделі вирішення задач визначення раціональних параметрів орієнтації азимута й кута нахилу ( $A_{\sigma}$ ,  $\omega$ ) для різних типів вікон.

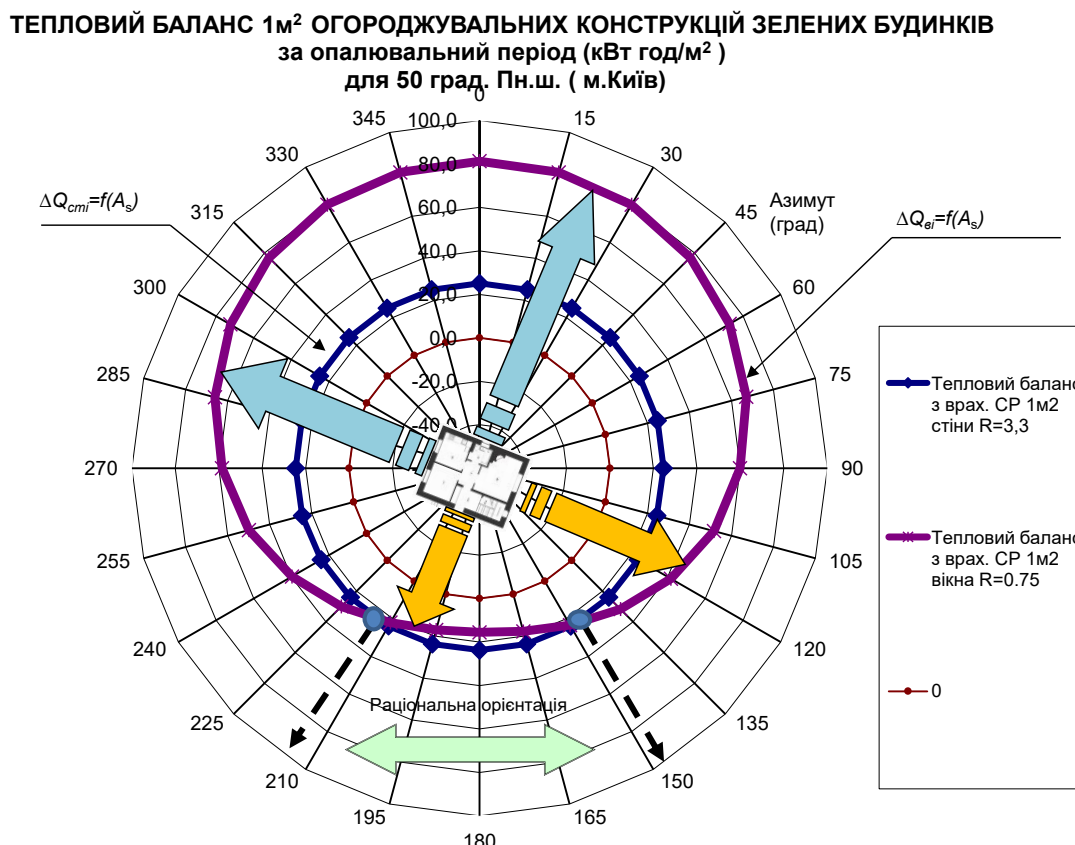


Рис. 2 Визначення раціональної орієнтації світлопрозорих конструкцій з використанням моделей  $\Delta Q_{ст_i} = f(A_{\sigma})$  та  $\Delta Q_{ві} = f(A_{\sigma})$  теплового балансу світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій при заданому куті нахилу  $\omega$  площини фасаду (з урахування коефіцієнта  $t_3$  пропускання зеленими рослинами сонячної радіації)

**Висновки.** У результаті виконаних досліджень розроблено графічний й аналітичні способи розв’язання задач визначення раціональної орієнтації (азимута й кута нахилу) для різних типів вікон при проєктуванні енергоефективних зелених будівель, місця розташування вікон за умови що тепловтрати протягом опалювального періоду через світлопрозорі огорожувальні конструкції не перевищують тепловтрати через непрозорі конструкції. При цьому враховується коефіцієнт пропускання сонячної радіації зеленими рослинами розташованими на фасадах будівель. Це дозволяє підвищувати швидкість та якість проєктування енергоефективних зелених будівель.

## Література

1. *Вольфганг Файст*. Основные положения по проектированию пассивных домов (Wolfgang Feist «Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser»). Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. 144 с. : ил
2. *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.
3. *Сергейчук О. В.* Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків : Автореферат дис. ... доктора техн. наук : 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. Київ, 2008. 341 с.
4. *Мартинов В. Л.* Визначення допустимої зони розташування світлопрозорих конструкцій на фасадах енергоекономічних будівель / *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Вип. 1/2011(66), ч. 1. С. 104–108.
5. *Мартинов В. Л.* Раціональна орієнтація віконних прорізів енергоефективних будівель / *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. Київ : КНУБА, 2013. Вип. 4. С. 185–189.
6. *Мартинов В. Л.* Оптимальне розташування вікон в огорожувальних конструкціях енергоефективних будівель для п'яти кліматичних районів України / *Енергоефективність в будівництві та архітектурі* : наук.-техн. зб. Київ : КНУБА, 2014. Вип. 6. С. 192–198.
7. *Sergeychuk O., Martynov V. Virchenko G., Usenko I.* Optimization of forms and size of windows for energy conservation / *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.2) (2018) 399–403 <https://DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27278>
8. *Sergeychuk O., Martynov V., Usenko I.* The definition of the optimal energy-efficient form of the building *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.2) (2018) 667-671. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14611
9. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України. Київ : Укрархбудінформ, 2006. 65 с. (Державні будівельні норми України).

## References

1. *Wolfgang Feist*. Basic provisions for the design of passive houses (Wolfgang Feist "Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser"). Moscow : Publishing House of the Association of Construction Universities, 2008. 144 p. : ill
2. *Sergeychuk O.V.* Optimizing the distribution of insulation on the surface of the building for a given class of its efficiency / *Materials of the VI International Crimean Scientific and Practical Conference "Geometric and computer modeling: energy saving, ecology, design"*. Simferopol, 2009. S. 44–49.

3. *Sergeychuk O. V.* Geometrical modeling of physical processes during optimization of the form of energy-efficient buildings: Abstract of the dissertation. ... doctor of technology Sciences: 05.01.01 / *Sergeychuk Oleg Vasyliovych*. Kyiv, 2008. 341 p.
4. *Martynov V. L.* Determination of the permissible zone of the location of translucent structures on the facades of energy-efficient buildings / *Bulletin of Mykhailo Ostrogradskyi KrNU*. Issue 1/2011(66), part 1. pp. 104–108.
5. *Martynov V. L.* Rational orientation of window openings of energy-efficient buildings / *Energy efficiency in construction and architecture*. Kyiv : KNUBA, 2013. Issue 4. pp. 185–189.
6. *Martynov V. L.* Optimal location of windows in enclosing structures of energy-efficient buildings for five climatic regions of Ukraine / *Energy efficiency in construction and architecture: science and technology*. coll. Kyiv : KNUBA, 2014. Vol. 6. pp. 192–198.
7. *Sergeychuk O., Martynov V. Virchenko G., Usenko I.* Optimization of forms and size of windows for energy conservation / *International Journal of Engineering & Technology*. #7 (3.2) (2018) 399-403 [https://DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27278](https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27278)
8. *Sergeychuk O., Martynov V., Usenko I.* The definition of the optimal energy-efficient form of the building / *International Journal of Engineering & Technology*. # 7 (3.2) (2018) 667-671. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14611
9. Thermal insulation of buildings: DBN V.2.6-31:2006. – [Effective from 2007-04-01] / Ministry of Construction of Ukraine. Kyiv : Ukrakhbudinform, 2006. 65 p. (State building regulations of Ukraine).

UDC 514.18

DOI:

Doctor of Technical Sciences, Professor **V. Martynov**,  
 arx.martynov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0822-1970  
 graduate student **Stadnychuk D.M.**,  
 111222@ukr.net  
 graduate student **O.L. Martyniuk**,  
 martynuk@ukr.net  
 Kyiv National University of Construction and Architecture

### **DETERMINATION OF THE RATIONAL PARAMETERS OF THE PLACEMENT OF TRANSPARENT STRUCTURES ON THE FACADES OF GREEN BUILDINGS IN THE POST-WAR PERIOD IN UKRAINE**

*In the post-war period in Ukraine, the issue of creating energy-efficient green buildings that use renewable, ecologically clean energy of the surrounding environment for energy supply will be relevant.*

*Green buildings are designed taking into account environmentally sustainable principles, which reduces the negative impact on the environment. This is important in the context of preserving natural resources and reducing greenhouse gas emissions.*

*Energy-efficient green buildings are usually more cost-effective in the long run. Investments in green technologies and materials pay off in reduced energy and building maintenance costs.*

*When designing green buildings, architects and designers will face the task of increasing their energy efficiency due to the rational arrangement of transparent structures on the facades of buildings, taking into account the thermal balance of transparent and opaque structures of the building, structural features of windows, the coefficient of light transmission of windows and climatic features of the area (temperature, wind strength, incoming solar radiation).*

*Research has been carried out and for the design of green buildings, graphic and analytical models have been developed to determine the rational parameters of window orientation, the azimuth and the angle of inclination ( $A\sigma$ ,  $\omega$ ) of the windows.*

*A graphical method for the rational arrangement of transparent structures on the facades of buildings is proposed, which allows determining the rational orientation of windows and their location in the enclosing structures of green buildings, provided that heat losses through transparent structures do not exceed heat losses through walls.*

*Keywords: energy-efficient green buildings, optimal window orientation parameters, optimization of geometric parameters, graphic models, geometric modeling, architectural design.*