

УДК515.2

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧИХ ВІКОН ЗА ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Мартинов В.Л., д.т.н.

Київський національний університет будівництва і архітектури  
(Україна)

*Розроблено графічний спосіб визначення оптимальних параметрів просторової орієнтації енергогенеруючих вікон за термомодернізації будівель задля отримання максимальної кількості виробленої електричної енергії. Проектувальник із використанням графічної моделі та креслень будівлі миттєво визначає місце розташування вікон і рівень перетвореної електричної енергії. Також розроблено аналітичний спосіб та програму з визначення площі та просторової орієнтації енергогенеруючих вікон для отримання визначеного рівня електричної енергії.*

*Ключові слова: оптимальна орієнтація, енергогенеруючі вікна, термомодернізація будівлі.*

*Постановка проблеми.* Наразі в Україні є нагальна потреба щодо підвищення енергоефективності будівель існуючої забудови, за допомогою застосування енергоефективних заходів. Підвищення енергоефективності будівель включає як питання зменшення витрат енергії на опалення, так і витрат електричної енергії на побутові потреби. Використання енергогенеруючих вікон, які мають прозорі полімерні сонячні елементи, що перетворюють енергію сонця на електричну енергію, може забезпечити потребу будівлі в електричній енергії. Рівень надходження сонячної радіації на площину енергогенеруючого вікна та рівень перетвореної електричної енергії значною мірою залежить від його просторової орієнтації. Проектувальникові під час виконання термомодернізації будівлі потрібен швидкий і зручний у застосуванні спосіб визначення оптимальних геометричних параметрів просторової орієнтації (азимута  $A_6$  та кута нахилу  $\omega$ ) енергогенеруючих вікон, що розташовані на гранях будівлі, з метою отримання максимального можливого рівня електричної енергії.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Питанню оптимальної орієнтації окремо розташованих геліоприймачів присвячені роботи [1, 2, 3]. Зокрема, питання дискретної зміни орієнтації та оптимізація розташування сонячного колектора на

площині розглядалися в працях [1, 4], а моделюванню оптимальної форми відбивача та приймача фотоелектричних систем концентраторів присвячена робота [5]. Натомість питання щодо визначення оптимальної орієнтації геліоприймачів – енергогенеруючих вікон, інтегрованих в огорожувальні конструкції гранних будівель, не висвітлювалося. Наразі відсутній графічний спосіб розв’язання цієї задачі та аналітичний спосіб визначення площі та параметрів орієнтації енергогенеруючих вікон задля отримання заданого рівня електричної енергії.

**Формулювання цілей статті.** Розробити спосіб визначення оптимальної просторової орієнтації енергогенеруючих вікон, інтегрованих у грані огорожувальних конструкцій будівель із метою отримання найбільшої кількості електричної енергії для енергозабезпечення будівель та розробити аналітичний спосіб визначення площі та параметрів орієнтації енергогенеруючих вікон задля отримання заданого рівня електричної енергії.

**Основна частина.** Для вирішення питання з оптимального розташування енергогенеруючих вікон на гранях будівель запропоновано графічний спосіб розв’язання. Розроблено полярні моделі (модель  $E_i = f(A_6)$  при  $\omega = \text{const}$ ) залежності рівня електричної енергії, виробленої енергогенеруючими вікнами, залежно від просторової орієнтації (азимута  $A_6$  при заданому куті нахилу  $\omega$ ). При цьому кількість  $E$  перетвореної електричної енергії енергогенеруючим вікном за інтервал часу  $\Delta T$  розраховують за такою формулою:

$$E = Q_{\text{cp}} S_{\text{к}} \eta, \quad (1)$$

де  $Q_{\text{cp}}$  – рівень надходження СР на площину вікна за інтервал часу  $\Delta T$  протягом року ( $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2$ );  $\eta$  – коефіцієнт перетворення сонячної енергії на електричну (становить 4 відсотки);  $S_{\text{к}}$  – площа сонцеприймальної поверхні.

Результатом моделювання є побудова площинних полярних моделей надходження електричної енергії залежно від азимутальної орієнтації  $E_i = f(A_6)$  при  $\omega = \text{const}$  (кут нахилу  $0, 15, 30, 45, 60, 75, 90^\circ$ ), які будують на дисплеї комп’ютера, із використанням розробленого пакета прикладних програм *Optoprient*. У центрі моделі, яку зображено на рис. 1, виділено зону для розташування креслень будівлі (плану поверху або плану даху з розташованими вікнами). Проектувальник суміщує креслення будівлі та полярні моделі та визначає оптимальну грань для розташування енергогенеруючих вікон та отримання максимальної кількості електричної енергії.

Вироблення електричної енергії енергоперетворюючими вікнами залежно від просторової орієнтації за опалювальний період для 50 град Пн.Ш.

$E_i = f(A_{\sigma})$  при  $\omega = \text{const}$  (кВт год/м<sup>2</sup>)

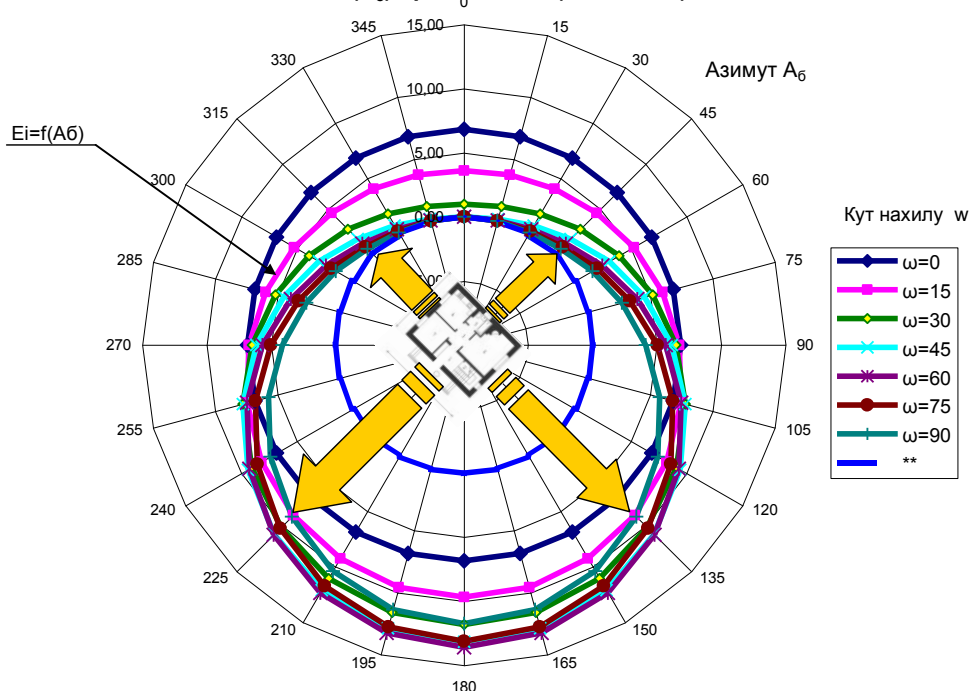


Рис. 1 – Визначення рівня перетворення електричної енергії енергогенеруючими вікнами, інтегрованих у стіни та схили даху будівлі, модель  $E_i = f(A_{\sigma})$  при  $\omega = \text{const}$

### Аналitичний спосiб розв'язання

Для визначення оптимального мiсця розташування енергогенеруючих вiкон розроблено математичну модель надходження сонячної рiдiацiї на гелiоприймачi, якi розташованi на гранi будiвлi, та перетворення її на електричну енергiю. Змiнним параметром є площа гелiоприймачiв.

#### Цiльова функцiя

Рiвень перетвореної сонячної рiдiацiї енергiї на електричну енергогенеруючими вiкнами, розташованими на гранi, розраховують:

$$E_i = Q_{\text{ср}i} S_{\text{к}i} \eta_i. \quad (2)$$

Сумарну кiлькiсть перетвореної енергiї гелiоприймачами, якi розташованi на декiлькох гранях енергоефективної будiвлi,

$$E = \sum E_i. \quad (3)$$

Загальна площа гелiоприймачiв (енергогенеруючих вiкон)  $S_{\text{к}}$ , розташованих на гранях енергоефективної будiвлi, мiнiмiзується:

$$S_{\text{к}} = \sum S_{\text{к}i} \rightarrow \min. \quad (4)$$

### Система обмежень

Сумарна перетворена електрична енергія енергогенеруючими вікнами (геліоприймачами), розташованими на  $n$ -гранях будівлі, залишається незмінною:

$$\sum E_i = E_{\text{потр}} = \sum Q_{\text{сркі}} \eta = \text{const.} \quad (5)$$

Площа енергогенеруючих вікон  $S_{ki}$ , розташованих на  $i$ -й грані, не перевищує її площу  $S_{\text{гр}i}$ :

$$S_{ki} < S_{\text{гр}i}. \quad (6)$$

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

**Висновок.** Наразі розроблено графічний спосіб визначення оптимальної просторової орієнтації енергогенеруючих вікон, інтегрованих у грані огорожувальних конструкцій, із метою отримання найбільшої кількості електричної енергії для енергозабезпечення будівель. Створено аналітичний спосіб визначення площі та параметрів орієнтації енергогенеруючих вікон задля отримання заданого рівня електричної енергії.

### Література

1. Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення [Електронний ресурс] : ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. – Режим доступу: [http://dbn.at.ua/index/v\\_25/0-92](http://dbn.at.ua/index/v_25/0-92). – (Національний стандарт України).
2. Диб М. З. Определение оптимального угла наклона гелиоприемников на Украине / М. З. Диб // Будівельні конструкції : міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – К.: ДП НДІБК, 2013. – Вип. 77. – С. 217–221.
3. Рабинович М. Д. Разработка и исследование гелиосистем горячего водоснабжения гражданских зданий : автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн. наук / М. Д. Рабинович. – Ашхабад, 1980. – 17 с.
4. Шнерх О. А. Підвищення ефективності геліосистем теплопостачання дискретною орієнтацією сонячних колекторів: дис. ... канд. техн. наук : 11.00.11 / О. А. Шнерх. – К., 1994. – 166 с. – Бібліогр. : С. 141–153.
5. Воскресенська С. М. Моделювання потоків відбитих і заломлених сонячних променів при рівномірному розподілі енергії стосовно

створення фотоелектричних систем : дис. ... канд. техн. наук:  
05.01.01 / Воскресенська Світлана Миколаївна. – Сімферополь,  
2012. – 192 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭНЕРГОГЕНЕРИРУЮЩИХ ОКОН ПРИ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ ЗДАНИЙ**

Мартынов В. Л.

*Разработан графический способ определения оптимальных параметров пространственной ориентации энергогенерирующих окон для размещения на гранях исторических зданий с целью получения максимального количества произведенной электроэнергии. Также разработан аналитический способ и программа по определению площади и пространственной ориентации энергогенерирующих окон для получения заданного уровня электрической энергии.*

*Ключевые слова: оптимальная ориентация, энергогенерирующие окна, термомодернизация здания.*

## **OPTIMIZATION LOCATION POWER GENERATING WINDOWS THEN ON VERGE OF THERMO BUILDINGS**

Martynov V.

*Developed graphical way of determining the optimum parameters of spatial orientation energy generating windows for placing on the faces of historic buildings in order to obtain the maximum amount of generated electricity. Also developed an analytical method and a program to determine the area of power generation and spatial orientation of windows to get a certain level of electricity.*

*Keywords: optimal orientation, power windows, thermo building.*