

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛОЩІ ТА РОЗТАШУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ НА ГРЯНЯХ 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 виникає задача оптимального розташування та визначення площі фотоелектричних модулів з метою забезпечення заданого рівня електрозабезпечення. Розроблено графічний та аналітичний способи та програму *GELIOOPT* для оптимального розташування геліоприймачів – фотоелектричних модулів – на гранях будівель і мінімізації їх площі під час проектування енергоефективних будівель. Проектувальник в інтерактивному режимі з використанням існуючих креслень будинку може швидко провести розрахунки. Графічні моделі будуються на екрані комп'ютера і суміщення з кресленнями будинку дозволяє оцінювати рівень надходження електричної енергії при розташуванні фотоелектричних модулів на гранях будинку.

Ключові слова: оптимізація розташування геліоприймачів, енергоефективні будівлі, гранна форма, геометричне моделювання, фотоелектричні модулі.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛОЩАДИ И РАСПОЛОЖЕНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ НА ГРЯНЯХ 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 оптимального расположения и определения площади фотоэлектрических модулей с целью обеспечения заданного уровня электроснабжения. Разработаны графический и аналитический способы и программу *GELIOOPT* для оптимального расположения гелиоприемников – фотоэлектрических модулей – на гранях зданий с целью минимизации их площади для использования при проектировании энергоэффективных зданий. Проектировщик в интерактивном режиме с использованием существующих чертежей дома может быстро произвести расчеты. Графические модели строятся на экране компьютера и совмещение с чертежами дома позволяет оценивать уровень поступления электрической энергии при расположении фотоэлектрических модулей на гранях здания.

Ключевые слова: оптимизация расположения гелиоприемника, энергоэффективные здания, гранная форма, геометрическое моделирование, фотоэлектрические модули.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. При проектуванні енергоефективних будівель постає задача оптимального розташування на гранях будівлі геліоприймачів, фотоелектричних модулів для отримання максимальної кількості електроенергії при визначеній площі та визначення мінімальної площі, що забезпечує заданий рівень енергонадходження при оптимальному розташуванні геліоприймачів на огорожувальних конструкціях будівлі.

Фотоелектричні модулі і установки є автономними пристроями [1], початкова функція яких полягає в перетворенні сонячної енергії в електричну. З цієї причини традиційні фотоелектричні системи розглядаються як генератори фотоелектричної енергії. Теоретично фотоелектричні системи можна використовувати на будь-якій ділянці захисної конструкції будівлі, який піддається впливу прямих сонячних променів. Зазвичай їх розміщують на покрівлі, фасадах і сонцезахисних козирках. Для монтажу фото-електричних систем застосовуються три методи: додавання фотоелектричних модулів, заміна частини огорожувальних конструкцій та інтеграція модулів в огорожувальні конструкції. При їх використанні слід враховувати особливості огорожуючих конструкцій, архітектуру, а також енергетичні характеристики будівлі.

Питанню оптимальної орієнтації окремо розташованих геліоприймачів присвячені роботи [2–5].

Задачі дискретної зміни орієнтації та оптимізація розташування сонячного колектора на площині розглядалися в працях [6]. Моделюванню оптимальної форми відбивача та приймача фотоелектричних систем концентраторів присвячена робота [7].

Слід зазначити, що питання оптимального розташування геліоприймачів, фотоелектричних модулів, інтегрованих в огорожувальні конструкції гранних будівель, у прикладній геометрії не розглядалося. Відсутній графічний спосіб розв'язання цієї задачі.

Мета роботи – розробити спосіб мінімізації площі та оптимального розташування фотоелектричних модулів на гранях будівлі для забезпечення заданого рівня електрозабезпечення.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для визначення оптимальних параметрів орієнтації та площі геліоприймача необхідно розробити графічний та аналітичний способи оптимізації трьох параметрів геліоприймача одночасно, а саме: параметрів орієнтації (азимута A_k та кута нахилу ω_k) і площі S_k при розташуванні на огорожувальних конструкціях будівлі. При цьому необхідно забезпечити заданий рівень надходження енергії протягом визначеного інтервалу часу.

Графічний спосіб розв'язання. Для визначення місця розташування модулів розроблено пакет програм *GELIOOPT* для побудови полярних моделей

вироблення енергії фотоелектричними модулями $E_{грi} = f(A_{гр})$ при $\omega = const$ (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 градусів) (рис. 1), залежно від азимутальної орієнтації при різних кутах нахилу. У центрі моделі виділяється нульова зона для розташування креслень будинку (плану поверху, плану даху).

Кількість виробленої енергії за інтервал часу розраховується за формулою [6]:

$$E = \Sigma Q_{ср} c S_{кi} \eta, \quad (1)$$

де $Q_{ср}$ – надходження сонячної радіації (СР) на грань; E – перетворена електрична енергія; η – коефіцієнт перетворення сонячної енергії на електричну; c – коефіцієнт поглинання грані геліоприймача; $S_{кi}$ – площа геліоприймача, розташованого на грані; $S_{грi}$ – площа грані.

Проектувальник суміщує план даху, план будинку з моделлю $E_{грi} = f(A_{гр})$ при $\omega = const$ і графічно визначає рівень вироблення електричної енергії залежно від розташування модулів на гранях будівлі. У випадку, коли необхідно отримувати визначений рівень $E_{потр}$ електричної енергії, задача визначення площі та місця розташування фотоелектричних модулів розв'язується за зазначеним алгоритмом (рис. 2). Далі пропонується аналітичний спосіб розв'язання задачі з використанням математичної моделі.

**Виробка електронергії електричним модулем залежно від просторової орієнтації за опалювальний період для 50 град Пн.Ш.
E=f(Aгр) при w= const (кВт год/м2)**

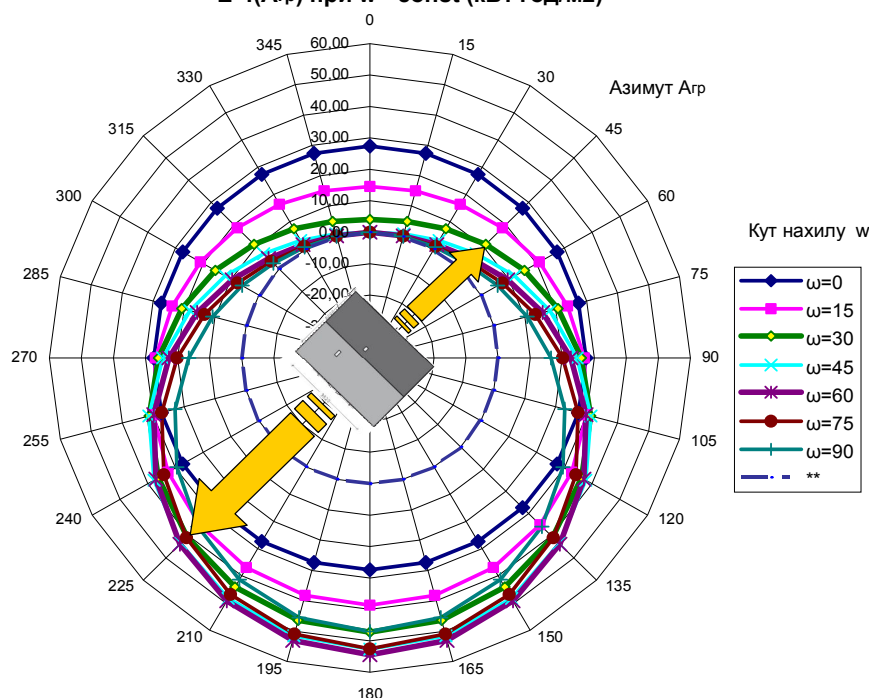


Рисунок 1 – Визначення рівня вироблення електричної енергії фотоелектричними модулями, розташованими на гранях даху будинку та стінах, модель $E_{грi} = f(A_{гр})$ при $\omega = const$

Необхідно визначити грані та площу геліоприймачів для забезпечення заданого рівня електроспоживання.

Математична модель надходження тепла від сонячної радіації $Q_{ср}$ на геліоприймач і перетворення на електричну енергію E_i , який розташований на грані будівлі.

Цільова функція

$$E_i = Q_{срi} \eta = Q_{ср} c S_{кi} \eta. \quad (2)$$

Перетворення енергії геліоприймачами, які розташовані на декількох гранях будівлі:

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

Площа геліоприймачів $\Sigma S_{кi}$, розташованих на гранях, мінімізується:

$$\Sigma S_{кi} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Система обмежень.

Сумарні теплонадходження на геліоприймачі (перетворена електроенергія), розташованих на гранях будівлі, залишається незмінною:

$$\Sigma E_i = \Sigma Q_{срi} \eta = const. \quad (5)$$

Площа геліоприймачів $S_{кi}$, розташованих на i -тій грані, не перевищує площу $S_{грi}$ грані:

$$S_{кi} < S_{грi}. \quad (6)$$

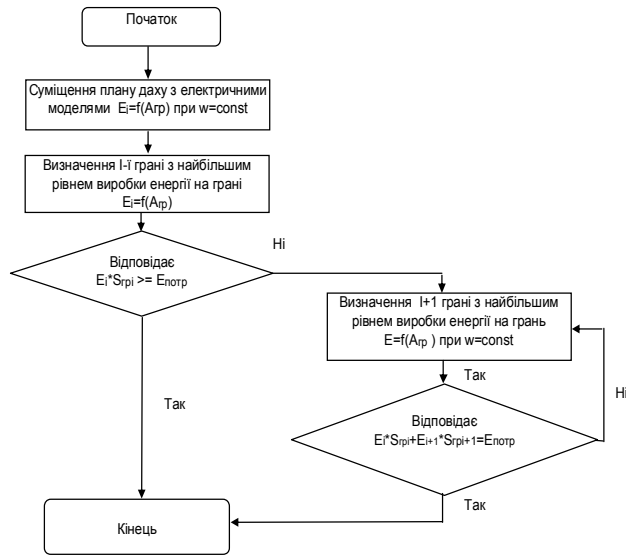


Рисунок 2 – Алгоритм оптимального розташування фотоелектричних модулів на огорожувальних конструкціях

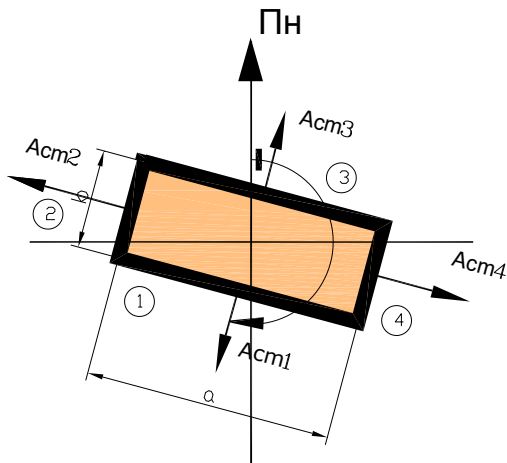


Рисунок 3 – Оптимальне розташування фотоелектричних модулів

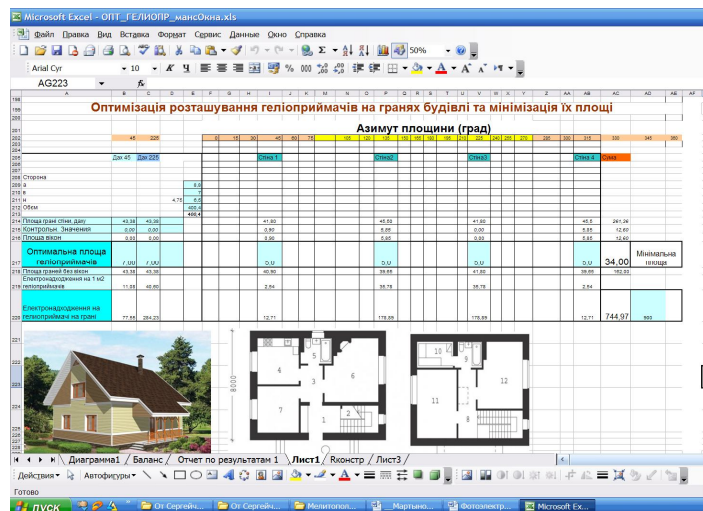


Рисунок 4 – Вихідні дані для оптимізації розташування фотоелектричних модулів та їх площі для забезпечення заданого рівня електрозабезпечення

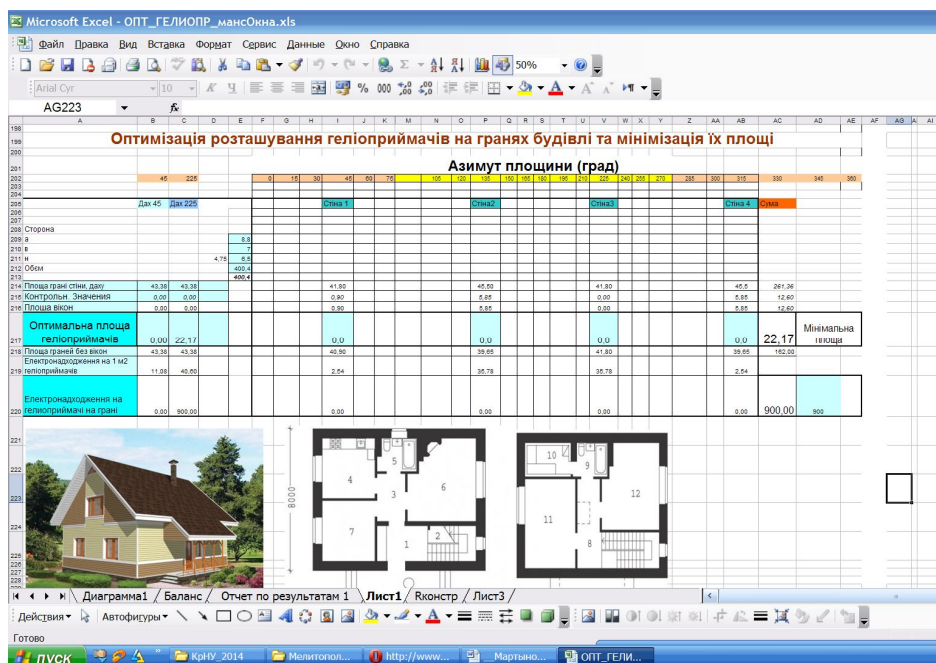


Рисунок 5 – Розрахунок оптимального розташування фотоелектричних модулів та їх площі для забезпечення заданого рівня електрозабезпечення

Для визначення оптимальних параметрів орієнтації та площі геліоприймачів розроблено програму *GELIOOPT* та проведено розрахунки. У результаті дослідження (рис. 1–5) визначено, що оптимальною площиною для розташування геліоприймачів є площина даху з орієнтацією $A_{гр} = 225^0$ та $\omega_{гр} = 30^0$, яка забезпечує електронадходження 40,6 кВт·год/м² від фотоелектричних модулів за опалювальний період. При потребі електроенергії та 1200 кВт·год за опалювальний період площа геліоприймачів – фотоелектричних модулів – має складати 29,55 м².

ВИСНОВКИ. Розроблено графічний та аналітичний способи та програму *GELIOOPT* оптимального розташування фотоелектричних модулів на огорожувальних конструкціях будівель. Для будівлі, що знаходиться в м. Києві, визначено місце розташування та площу фотоелектричних модулів на огорожувальних конструкціях будівель для забезпечення заданого рівня споживання електричної енергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фотоэлектрические модули, интегрированные в ограждающие конструкции зданий [Электронный ресурс] / Франческо Фронтини, Томас Фризен // Здания высоких технологий. – 2013. – Режим доступа: <http://zvt.abok.ru/>.
2. Андерсон Б. Солнечная энергия: (Основы строительного проектирования) / Пер. с англ. А.Р.

Анисимова; под. ред. Ю.Н. Малевского. – М.: Стройиздат, 1982. – 375 с.

3. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж.А. Даффи, У.А. Бекман; под. ред. Ю.Н. Малевского. – М.: Мир, 1977. – 420 с.

4. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р.Р. Аvezов, М.А. Барский-Зорин и др.; под. ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.

5. Диб М.З. Определение оптимального угла наклона гелиоприемников на Украине // 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.

6. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення: ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. – Чинний з 2010-09-01. – Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 32 с. – (Державний стандарт України).

7. 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.

**OPTIMIZATION OF SPACE AND LOCATION PHOTOVOLTAIC MODULES ON THE VERGE
OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS**

V. Martynov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

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

In the design of energy-efficient and energy-efficient buildings arises the problem of optimal location and determining the area of photovoltaic modules to provide a given level of power supply. Developed graphical and analytical methods and program GELIOOPT for optimal positioning of PV modules – on the faces of the buildings in order to minimize their area for use in the design of energy efficient buildings. Designer interactively using existing drawings at home, can quickly make calculations. Graphical models are built on the computer screen and the combination with the drawings to measure the level house receipts of electricity at the location of PV modules on the faces of the house.

Key words: optimization of the location of the solar absorber, energy-efficient buildings, hexagon shape, geometric modeling, photovoltaic modules.

REFERENCES

1. Franchesko Frontyny, Thomas Fryzen (2013), *“Photovoltaic modules integrated into the building envelope”*, The building of high technology, available at: <http://zvt.abok.ru/>.
2. Anderson, B. (1982). *Solnechnaya energiya (osnovni stroitel'nogo proektirovaniya)* [Solar energy: (Fundamentals of building design)], translated from English. A.R. Anisimova, under the Ed. Y.N. Malevsky, Stroyizdat, Moscow, Russian.
3. Duffy, J.A., Beckman, W.A. (1977). *Teplovie processy s ispolzovaniem solnesnoy energii* [Thermal processes using solar energy], under Ed. Y.N. Malevsky, World, Moscow, Russian.
4. Avezov, R.R., Barsky-Zorin, M.A. (1990), *Solar heat and cold supply*, under the Ed. E.V. Sarnatsky and S.A. Chistovich, Stroyizdat, Moscow, Russian.
5. Dyb, M.Z. (2013). *Determination of the optimal angle plies helyopryemnykov in Ukraine*, Constructions: The scientific and technical Collected Works (Construction) / State Enterprise "State Research Institute of Building Structures" of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, iss. 77, NIISK SE, Kiev, pp. 217–221.
6. *Guide arrangement of solar heating in homes and public buildings housing: ISO-H B V.2.5-43: 2010* – [Valid from 2010-09-01]. – Ministry of Regional Development of Ukraine, Ukrarhbudinform, Kiev (State Standard of Ukraine).
7. Voskresenskaya, S.M. (2012), *“Simulation of flow and reflected refracted sunlight with a uniform distribution of energy in relation to the creation of photovoltaic systems”*: Thesis abstract for Cand. Sc. (Engineering.), 05.01.01/Simferopol National University, Simferopol, Ukraine.

Стаття надійшла 30.07.2014.