

UDC 514.18

OPTIMIZATION OF LOCATION OF PHOTOELECTRIC MODULES ON STRUCTURES OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

Martynov V., Doctor of Technical Sciences,
arx.martynov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0822-1970
 Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

During the reconstruction (thermal modernization) of existing and design of new energy efficient buildings, the task is to increase the efficiency of solar systems (collectors and photovoltaic modules). They can provide the building with hot water, heating and electricity. The analysis showed that improving the efficiency of solar systems is also possible by optimizing the spatial orientation of solar panels, which can be combined with the enclosing structures of buildings, and located separately.

If it is impossible to change the orientation of the building there is a problem of optimizing the orientation of solar panels due to their appropriate location on the edges of the building, which can be done using polar models of the dependence of solar radiation $Q_{cpki} = \text{const}$ and for the photovoltaic module - $E_i = f(A_\delta)$ for $\omega = \text{const}$). To determine the optimal location of helio receivers on enclosing structures, the Gelioopt application package was developed.

Plane polar models of heat input from solar radiation depending on the azimuthal orientation $Q_{kcp_i} = f(A_\delta)$ at $\omega = \text{const}$ (angle of inclination 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90°) have been developed. In the center of the model is an area for the location of drawings of the building (floor plan or roof plan).

Types of geometric models of solar radiation inflow on the surface of solar receivers and photovoltaic modules, energy inflow models due to the conversion of solar radiation into thermal or electrical energy have been developed. The method and graphical method of solving problems on the optimal location of solar panels on their faces of buildings are proposed. Combining the drawings of the building with the geometric model of the receipt of solar radiation on the solar receiver, the normals to the face of the building are drawn and the amount of solar energy to the face of the solar receiver is determined.

Using drawings of energy-efficient buildings, floor plan and roof plan, it is possible to determine the level of converted (thermal) energy at the location of solar panels on its faces. In this case, solar panels can be located on the slopes of the roof of the building and walls, model $Q_{kcp_i} = f(A_\delta)$ at $\omega = \text{const}$.

Keywords: energy efficient buildings, solar receiver, geometric model, solar radiation, photovoltaic modules, graphic method, polar model, thermal modernization, architectural design.

Statement of problem. During the reconstruction (thermo-modernization) of new and new energy-efficient systems, the task is to improve the efficiency of the solar systems (collectors and photovoltaic modules). The stench can become unhealthy to wake up hot water supplies, scorched and electric power.

Recent research and publication analysis. Nutrition of the optimal organization of the environmentally friendly helioprimes of the assigned robots [1,2,3,4.]. The withers feeding the discrete wintry and optimizing the growth of the sleepy collector on the area were looked at at a glance [1,5], and the model of the optimal form of the pickup and pickup of the photovoltaic systems of the concentrators [6] was assigned. The question of the optimal location of solar panels - hotovoltaic modules integrated into the enclosing structures of faceted buildings, during the reconstruction in applied geometry was not considered. There are also no graphical or analytical ways to solve this problem.

Setting article objectives. To propose a method (graphic model) for determining the optimal location of solar panels - photovoltaic modules integrated into the enclosing structures of faceted buildings.

Main part. Hot water supply is provided by solar collectors, the main component of which is the solar receiving surface (collector), which converts the radiant energy of the sun into heat. In practice, the most common flat collectors, among which there are two fundamentally different groups:

- a helio-receiver made of modular elements connected to each other is installed on the enclosing structures of the building;
- the collector is combined with the building element and thus forms a multifunctional structure. In particular, photovoltaic modules convert solar energy into electrical energy and can be integrated into enclosing structures.

During the reconstruction (thermal modernization of buildings), when it is impossible to change the geometric shape of the building, there are problems with the optimal location of solar panels, namely:

- determination of optimal geometric parameters of spatial orientation of solar receivers (azimuth A_6 and angle ω) at a given area S_k to obtain the maximum level of energy from solar radiation;
- determination of optimal geometrical parameters of spatial orientation and minimum area of solar receivers located on the edges of the building to ensure a given level.

When using solar systems, the amount of converted solar energy into electricity depends on: the level Q_{cp} of the receipt of solar radiation on the solar receiver for the time of year (kWh/m^2), efficiency η and area S_k . Therefore, the amount E of converted electric energy by the photovoltaic module for the time interval ΔT is calculated by the following formula:

$$E = Q_{cp} S_k \eta, \quad (1)$$

where Q_{cpk} is the level of receipt of solar radiation on the plane of the solar receiver for the time interval ΔT during the year (kWh/m^2); η – is the coefficient of conversion of solar energy into electricity (is 5-18 percent); S_{k} is the area of the solar receiving surface of the solar receiver (m^2) located on the face. In fact, the advantage of solar collectors is the high efficiency η (efficiency) of conversion of solar energy into heat, which reaches 45-60 percent. The amount of heat energy converted by the collector Q_{cpk} for the time of year is calculated by the formula:

$$Q_{\text{cpk}} = F \sum_{j=1}^{j=n} \int_{t_1}^{t_2} I_{\text{cp}} m_j \eta_j dt, \quad (2)$$

where Q_{cpk} – the amount of thermal energy produced by the passive heating system for the time of year ΔT (kWh/m^2); I_{cp} – intensity of solar radiation coming to the sun-receiving surface (W/m^2); F – is the area of the solar receiving surface of the solar receiver (m^2); m_j - number of days in the j-month; η_j – efficiency for each month. Windows are passive solar systems, and the amount of heat from solar radiation Q_{cpb} (kWh/m^2) to the room for the time interval ΔT is determined by the formula:

$$Q_{\text{cpb}} = Q_{\text{cp}} K \zeta \varepsilon_{\text{B}} S_{\text{B}} = \int_{T_1}^{T_2} \int_{t_1}^{t_2} I_{\text{cp}} K \zeta \varepsilon_{\text{B}} S_{\text{B}} dt dT, \quad (3)$$

where is the coefficient that takes into account the shading of the window opening by opaque elements; ζ – coefficient of relative penetration of solar radiation for translucent structures; K – is the coefficient of cloud cover in the sky, which affects the receipt of solar radiation ; Q_{cpk} - receipt of solar radiation on the window plane for the time interval of the year ΔT (kWh/m^2), I_{cp} - energy illumination by solar radiation (W/m^2).

If it is impossible to change the orientation of the building there is a problem of optimizing the orientation of solar panels due to their appropriate location on the edges of the building, which can be done using polar models of the dependence of solar radiation $Q_{\text{cpki}} = \text{const}$ and for the photovoltaic module - $E_i = f(A_{\delta})$ for $\omega = \text{const}$). To determine the optimal location of helio receivers on enclosing structures, the Gelioopt application package was developed.

The simulation results are planar polar models of heat input from the SR depending on the azimuthal orientation $Q_{\text{kcdi}} = f(A_{\delta})$ at $\omega = \text{const}$ (angle of inclination 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90°). In the center of the model shown in Fig. 1, an area is allocated for the location of drawings of the building (floor plan or roof plan).

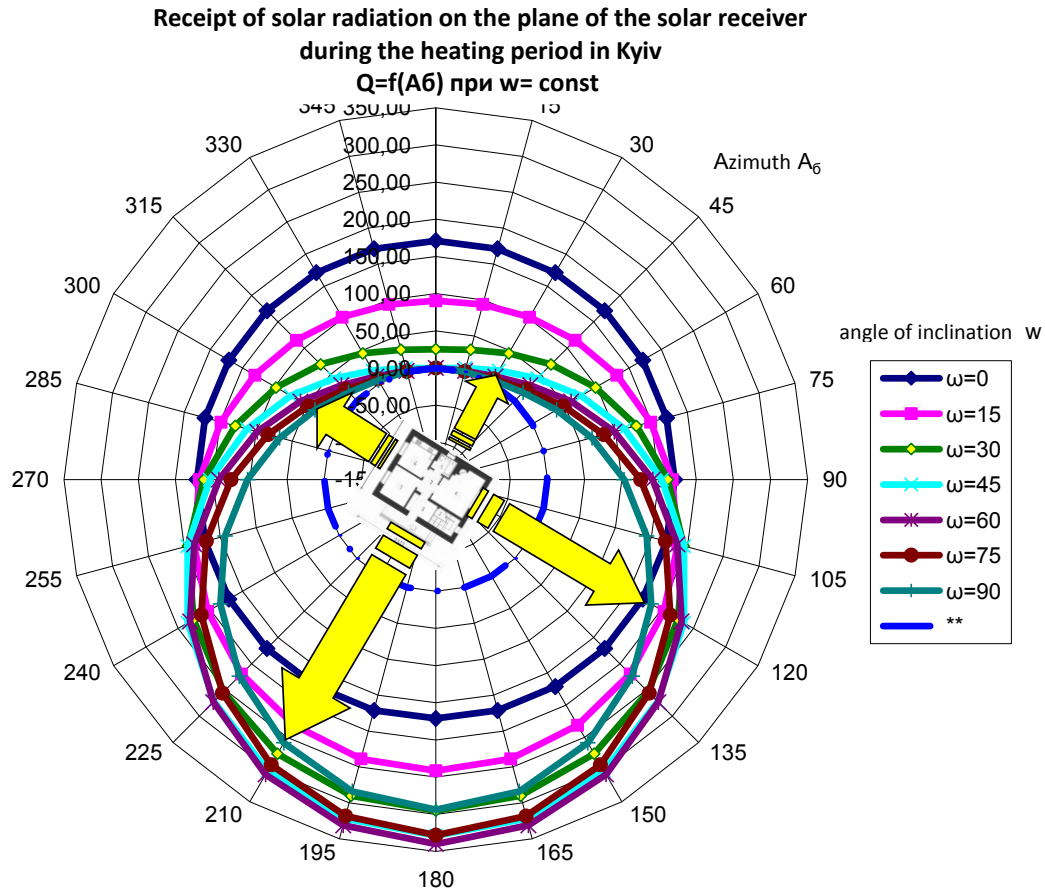


Fig. 1. Determination of the level of solar radiation on solar panels, which are located on the slopes of the roof and walls of the building, model $Q_{\text{ксп}i} = f(A_\sigma)$ at $\omega = \text{const}$

Combining the drawings of the building with the geometric model of the flow of SR on the solar receiver, the normals to the face of the building are drawn and the amount of solar energy to the face of the solar receiver is determined. In Fig. 2 shows the models of the dependence of the thermal energy converted by the solar receiver on its spatial orientation. Using drawings of energy-efficient buildings, floor plan and roof plan, it is possible to determine the level of converted (thermal) energy at the location of solar panels on its faces. In this case, solar panels can be located on the slopes of the roof of the building and the walls, model $Q_{\text{ксп}i} = f(A_\sigma)$ at $\omega = \text{const}$.

Conclusions . Thus, the types of geometric models of solar radiation inflow on the surface of solar receivers and photovoltaic modules, energy inflow models due to the conversion of SR into thermal or electrical energy have been developed.

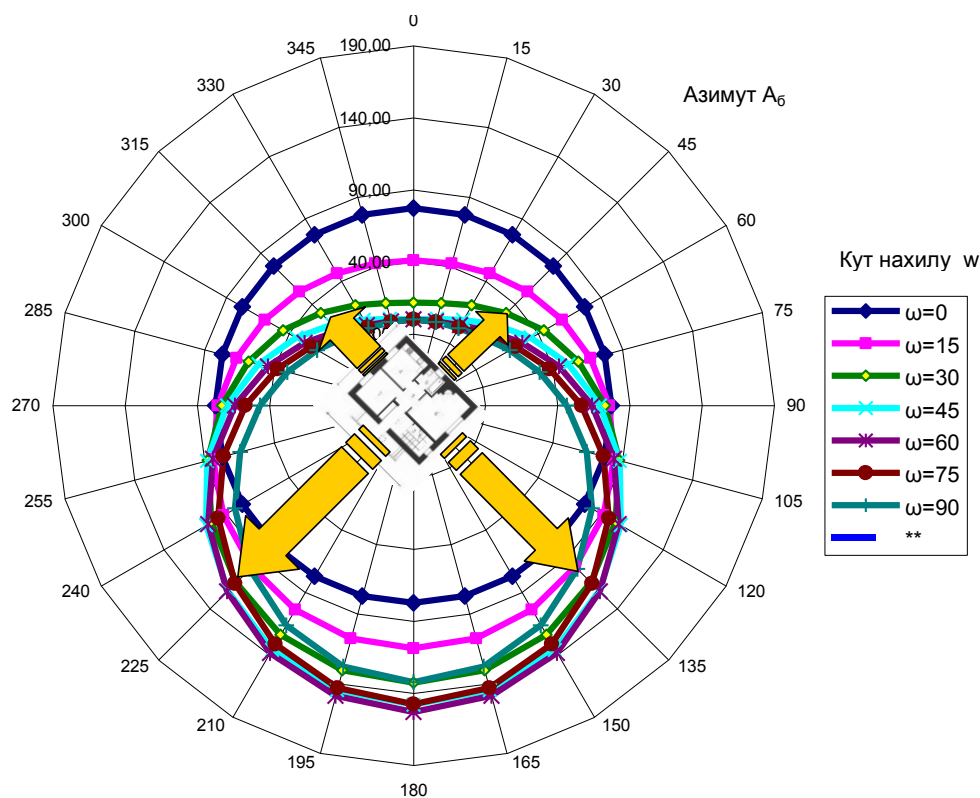


Fig. 2 - Determination of the level of converted energy by the solar collector depending on the spatial orientation, $Q_{\text{кспі}} = f(A_{\sigma})$ at $\omega = \text{const}$

Since the design of energy-efficient buildings and thermal modernization of existing ones raises a number of problems regarding the location of solar panels on their faces, the analysis of problems was carried out and their graphical and analytical methods were solved. Currently, the graphical method allows you to solve problems using graphical models, while the analytical - using optimization solutions, which will be discussed later in the next article.

Literature

1. Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення. ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. URL: http://dbn.at.ua/index/v_25/0-92.
2. 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.
3. Рабинович М.Д. Разработка и исследование гелиосистем горячего

- водоснабжения гражданских зданий : автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Ашхабад, 1980. 17 с.
4. Сергейчук О.В. Моделирование энергетической яркостной розсіяной сонячної радіації. *Геометрич. та комп'ют. моделювання*. Харків : ХДУХТ, 2007. Вип. 18. С. 124–129.
 5. Шнерх О.А. Підвищення ефективності геліосистем теплопостачання дискретною орієнтацією сонячних колекторів : дис. ... канд. техн. наук : 11.00.11. К., 1994. 166 с.
 6. Воскресенська С.М. Моделирование потоков відбитих і заломлених сонячних променів при рівномірному розподілі енергії стосовно створення фотоелектричних систем : дис. ... канд. техн. наук. : 05.01.01. Сімферополь, 2012. 192 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ НА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Мартынов В.Л.

При реконструкции (термомодернизации) существующих и проектировании новых энергоэффективных зданий возникает задача повышения эффективности использования гелиосистем (коллекторов и фотоэлектрических модулей). Они могут снабжать здание горячим водоснабжением, отоплением и электрической энергией.

Проведенный анализ показал, что повышение эффективности использования гелиосистем возможно за счет оптимизации пространственной ориентации гелиоприемников, которые могут быть как совмещены с ограждающими конструкциями зданий, так и расположенными отдельно. При невозможности изменения ориентации здания возникает задача оптимизации ориентации гелиоприемников за счет соответствующего их расположения на гранях здания, что возможно сделать, используя разработанные полярные модели зависимости поступления солнечной радиации $Q_{\text{срки}}$ на гелиоприемник от азимута A_{δ} при заданном угле наклона $\omega = \text{const}$ и для фотоэлектрического модуля – $E_i = f(A_{\delta})$ при $\omega = \text{const}$).

*Для определения оптимального расположения гелиоприемников на ограждающих конструкциях разработан пакет прикладных программ *Gelioopt*. Разработаны плоскостные полярные модели поступления тепла от солнечной радиации в зависимости от азимутальной ориентации $Q_{\text{кспри}} = f(A_{\delta})$ при $\omega = \text{const}$ (угол наклона 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90°). В центре модели выделена зона для расположения чертежей здания (плана этажа или плана крыши).*

Разработаны типы геометрических моделей поступления солнечной

радиации на поверхности гелиоприемников и фотоэлектрических модулей, модели энергопоступления за счет преобразования солнечной радиации в тепловую или электрическую энергию.

Предложены методика и графический способ решения задач по оптимальному расположению гелиоприемников на их гранях зданий. Совмещая чертеж здания с геометрической моделью поступления солнечной радиации на гелиоприемник, производятся нормали к грани здания и определяется величина поступления солнечной энергии на грань гелиоприемника. Используя чертежи энергоэффективного здания, план этажа и план крыши, можно определить уровень преобразованной (тепловой) энергии при расположении гелиоприемников на его гранях. При этом гелиоприемники могут быть расположены на склонах крыши здания и стенах, модель $Q_{\text{кспи}} = f(A_{\delta})$ при $\omega = \text{const}$.

Ключевые слова: энергоэффективные дома, гелиоприемник, геометрическая модель, солнечная радиация, фотоэлектрические модули, графический способ, полярная модель, термомодернизация, архитектурное проектирование.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗТАШУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ НА ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Мартинов В.Л.

При реконструкції (термомодернізації) існуючих і проектуванні нових енергоефективних будівель постає задача підвищення ефективності використання геліосистем (колекторів і фотоелектричних модулів). Вони можуть забезпечувати будівлю гарячим водопостачанням, опаленням та електричною енергією.

Проведений аналіз показав, що підвищення ефективності використання геліосистем також можливе за рахунок оптимізації просторової орієнтації геліоприймачів, які можуть бути як суміщені з огороджувальними конструкціями будівель, так і розташованими окремо.

При неможливості зміни орієнтації будівлі постає задача оптимізації орієнтації геліоприймачів за рахунок відповідного їх розташування на гранях будівлі, що можливо зробити, використовуючи розроблені полярні моделі залежності надходження CP $Q_{\text{спкі}}$ на геліоприймач від азимута A_{δ} при заданому куті нахилу ω ($Q_{\text{спкі}} = f(A_{\delta})$, при $\omega = \text{const}$ та для фотоелектричного модуля – $E_i = f(A_{\delta})$ при $\omega = \text{const}$). Для визначення оптимального розташування геліоприймачів на огороджувальних конструкціях розроблено пакет прикладних програм *Gelioopt*.

Розроблено площинні полярні моделі надходження тепла від сонячної радіації залежно від азимутальної орієнтації $Q_{\text{кспи}} = f(A_{\delta})$ при $\omega = \text{const}$ (кут нахилу 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90°). У центрі моделі виділено зону для

розташування креслень будівлі (плану поверху або плану даху).

Розроблено типи геометричних моделей надходження сонячної радіації на поверхні геліоприймачів і фотоелектричних модулів, моделі енергонадходження за рахунок перетворення сонячної радіації на теплову або електричну енергію.

Запропоновано методику та графічний спосіб розв'язання задач щодо оптимального розташування геліоприймачів на їх гранях будівель.

Суміщуючи креслення будівлі з геометричною моделлю надходження сонячної радіації на геліоприймач, проводяться нормалі до грані будівлі та визначається величина надходження сонячної енергії на грань геліоприймача.

Використовуючи креслення енергоефективної будівлі, план поверху та план даху, можливо визначити рівень перетвореної (теплової) енергії при розташуванні геліоприймачів на її гранях. При цьому геліоприймачі можуть бути розташовані на схилах даху будівлі та стінах, модель $Q_{\text{кспі}} = f(A_{\text{о}})$ при $\omega = \text{const}$.

Ключові слова: енергоефективні будинки, геліоприймач, геометрична модель, сонячна радіація, фотоелектричні модулі, графічний спосіб, полярна модель, термомодернізація, архітектурне проектування.

Referenses

1. Engineering business and equipment. (2010) Guidelines for the installation of solar heat supply systems in residential and public buildings. DSTU-N B V.2.5-43: Retrieved from: http://dbn.at.ua/index/v_25/0-92. [in Ukrainian].
2. Dib, M. Determination of the optimal angle of inclination of solar receivers in Ukraine. Economic design: multi-household scientific and technical collection of scientific works / State educational establishment, the building of the living and communal government of Ukraine. K.: DP NDIBK, 77, 217-221. [in Ukrainian].
3. Rabinovich, M. (1980) Development and research of heliosystems for hot water supply of civil buildings: a candidate's thesis. Ashgabat, 17 [in Ukrainian].
4. Sergeychuk, O. (2007) Model of energetic development of sleepy radioactivity. Geometric. that computer. model: Kharkiv: KhDUHT, 18. 124-129. [in Ukrainian].
5. Shnerkh, O. (1994) Adjustment of efficiency of heliosystems of heat supply by discrete arrangement of sleepy collectors: candidate's thesis. K., 166 [in Ukrainian].
6. Voskresenska, S. (2012) Modeling of streams of dormant and broken sleepy exchanges in case of equal power supply in photoelectric systems: candidate's thesis. Simferopol, 192 [in Ukrainian]