

УДК 662.997-534 -4

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/64/18>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ УСТАНОВОК В ОКРУЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ

©*Матисаков Т. К.*, канд. техн. наук, Ошский государственный университет,  
г. Ош, Кыргызстан, [tugolbai\\_83@mail.ru](mailto:tugolbai_83@mail.ru)

©*Жогашдиев Н. Т.*, Кыргызский государственный технический университет  
им. И. Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан, [zhogashtiev@gmail.com](mailto:zhogashtiev@gmail.com)

©*Эргешов М. О.*, Ошский государственный университет,  
г. Ош, Кыргызстан, [mansur.85@mail.ru](mailto:mansur.85@mail.ru)

## STUDY OF DURATION OF OPERATION OF SOLAR PLANTS IN THE AIRCRAFT OF OBJECTS

©*Matisakov T.*, Ph.D., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [tugolbai\\_83@mail.ru](mailto:tugolbai_83@mail.ru)

©*Zhogashtiev N.*, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov,  
Bishkek, Kyrgyzstan, [zhogashtiev@gmail.com](mailto:zhogashtiev@gmail.com)

©*Ergeshov M.*, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, [mansur.85@mail.ru](mailto:mansur.85@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрена возможность оценки располагаемого количества солнечной энергии на основе расчета. В ходе исследования изучались условия правильного размещения солнечных установок в любое время года. Рассмотрена возможность установки солнечных установок вокруг объекта. Проанализированы различные препятствия для использования солнечных установок зимой.

*Abstract.* The article discusses the possibility of assessing the amount of solar energy available on the basis of calculation. The study examined the conditions for the correct placement of solar installations at any time of the year. The possibility of installing solar installations around the object was considered. Various barriers to the use of solar installations in winter are analyzed.

*Ключевые слова:* солнечная энергия, солнечное излучение, солнечные панели.

*Keywords:* solar energy, solar radiation, solar panels.

Тепловой коэффициент полезного действия солнечных установок зависит от количества солнечного излучения, облачности неба и расположения близлежащих объектов (зданий, деревьев, гор и т. д.). В зависимости от рельефа горной местности солнечные установки, работающие в горных условиях, могут некоторое время оставаться в тени под влиянием горных теней. Следовательно, правильная установка солнечных панелей, в свою очередь, продлевает срок их службы. Поскольку 70–80% территории Киргизской Республики занимают горы, важно определить наиболее подходящие районы для использования солнечной энергии.

Одним из важнейших параметров солнечного излучения (геометрического) является угол падения прямого солнечного излучения на поверхность радиатора. Этот угол определяет долю прямого солнечного излучения, которое проходит через плоскую прозрачную защиту коллектора.

Кроме того, гористая местность (например, скалы, холмы) может на некоторое время блокировать прямую солнечную радиацию. Прямое солнечное излучение может достигать тепловой батареи в определенное время после восхода солнца, на ровной поверхности, когда солнце встает над горами.

Высота скалы, расположение солнечной станции в ущелье, день месяца и время суток определяют угол, под которым солнечное излучение попадает на радиатор, в то время как в остальное время только прямое солнечное излучение достигает радиатора.

*Теоретическая часть.* Согласно литературным данным, поток прямого солнечного излучения, падающего на плоскость под углом  $i$ , равен [1]:

$$E_{\perp} = E_{\max} \cdot \cos i \cdot K_{атм} \quad (1)$$

В общем случае угол падения прямого солнечного излучения на произвольно направленную поверхность (на поверхность коллектора, установленного на поверхности Земли, Рисунок) можно определить выражением [2].

$$\cos i = \cos \beta (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) + \sin \beta (\cos \psi_n [tg \varphi (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega) - \sin \delta \sin \varphi] + \sin \psi_n \cos \delta \sin \omega)$$

где  $\varphi$  — широта местности;  $\delta$  — солнечное склонение, т.е. угловое положение Солнца в солнечный полдень относительно плоскости экватора;  $\beta$  — угол между рассматриваемой плоскостью (плоскостью теплоприемника СВК) и горизонтальной поверхностью;  $\gamma$  — азимутальный угол плоскости, т.е. отклонение нормали к плоскости от месячного меридиана;  $\omega$  — часовой угол.

Склонение  $\delta$  можно определить по формуле Купера [3]:

$$\delta = 23,45 \sin[360(285+n/365)] \quad (2)$$

$K_{атм}$  Величину коэффициента  $K$  можно определить по данным работы с учетом поправок на воздушную массу [4]:

$$K_{атм} = 1,254 - 0,1366(1/\sinh_s) \quad (3)$$

Максимальное значение солнечной радиации зависит от величины, называемой «воздушной массой», поскольку солнечный свет встречает препятствия на своем пути. Масса воздуха равна  $1/\sinh_s$  [5]. где  $h_s$  — угол высота Солнца.

$$\sinh_s = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad (4)$$

Помимо прямой солнечной радиации, диффузная радиация также достигает поверхности. Рассеянное солнечное излучение можно рассматривать как величину, которая зависит от массы воздуха и прозрачности атмосферы. По методу Клейна [3] общее количество дневной солнечной радиации вне атмосферы сравнивалось с соответствующими значениями на Земле (по данным актинометрических станций). Сравнительный коэффициент  $K$  условно называется коэффициентом солнечного затмения и определяется следующим образом:

$$K = E/E_0 \quad (5)$$

В этом случае  $E$  и  $E_0$  — это падение суммарной суточной солнечной радиации на поверхность Земли и за пределы атмосферы соответственно.

Общее количество солнечной радиации за пределами атмосферы можно определить по [3]:

$$E_0 = E_{\max} \frac{1}{\rho^2} \quad (6)$$

$\rho$  — Среднее расстояние между солнцем и землей.

С учетом этого коэффициента получаем выражение для величины диффузной солнечной радиации [3]:

$$E_d = KK'E_{\perp} \quad (7)$$

здесь  $K' = 1,39 - 4,03K + 5,553K^2 - 3,11K^3$ . Общая суммарная излучения равна:

$$E = E_{\perp} + E_d \quad (8)$$

Зимний наклон солнца сокращает использование солнечных панелей в горных районах, что делает невозможным их использование в некоторых предгорьях. Кроме того, необходимы точные расчеты, чтобы отразить этот процесс для времени вокруг зданий, деревьев и других объектов. Поэтому самое время произвести расчеты с учетом вышеперечисленных условий [4–5].

Допустим, нам нужно установить солнечную систему в районе любого объекта. В свою очередь, данный нам объект может быть горой, зданием, деревом и так далее. В этом случае, зная параметры объекта, попробуем определить количество и продолжительность падающей на него солнечной энергии.

Рассмотрим условие размещения солнечной установки рядом с объектом высотой  $h$  (Рисунок). На Рисунке изображена солнечная система на расстоянии  $L$  от объекта. Как показано на рисунке, рекомендуется размещать гелиоустановку на расстоянии  $L$  с учетом ориентации солнца от объекта высотой  $h$ . В этом случае следующее уравнение может быть получено путем вывода формулы с использованием тригонометрических функций:

$$L = \frac{1}{h} \sqrt{1 - \cos^2 \alpha}$$

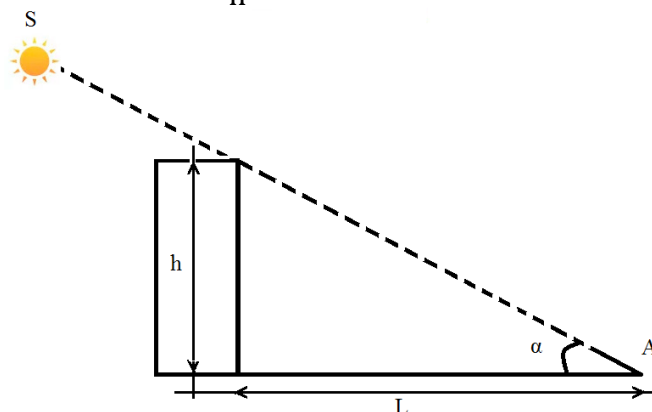


Рисунок. Солнечная система на расстоянии  $L$  от объекта.

Если угол наклона солнца больше, чем угол падения света на объект, получаем:

$$L = \frac{1}{h} \sqrt{1 - \cos^2(\delta - \beta)}$$

Здесь  $\beta$  — угол между углом тени, отбрасываемой объектом, и углом наклона солнца. Как видно из формулы, в результате увеличения разностного угла солнечная установка может быть размещена ближе к объекту. Это, в свою очередь, увеличивает время работы солнечной установки [6–7].

#### Вывод

Написана специальная формула для точных расчетов при размещении солнечных батарей вокруг объектов. Записанная формула точно определяет, как далеко может быть размещена солнечная система, в зависимости от высоты объекта.

Не рекомендуется использовать солнечные установки, если угол тени объекта относительно плоскости больше угла склонение солнца.

#### Список литературы:

1. Даффи Д. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. М.: Мир, 1977. 420 с.
2. Аvezов Р. Р., Орлов А. Ю. Солнечные системы отопления и горячего. Ташкент: Фан, 1988. 288 с.
3. Байрамов Р. Б., Ушакова А. Д. Солнечные водонагревательные установки. Ашхабад: БИЛЫМ, 1987. 168 с.
4. Мануйленко А. Г., Ильенко В. В., Кастун М. М. Кисловодская опытно-экспериментальная солнечная электростанция // Энергетик. 1994. №12. С. 31-36.
5. Матисаков Т. К. Теоретическое исследование теплофизических характеристик СВК на основе математического моделирования // Наука и новые технологии. 2010. №3. С. 23-25.
6. Javadi F. S., Saidur R., Kamalisarvestani M. Investigating performance improvement of solar collectors by using nanofluids // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2013. V. 28. P. 232-245.
7. Salimzadeh N., Vahdatikhaki F., Hammad A. Parametric modeling and surface-specific sensitivity analysis of PV module layout on building skin using BIM // Energy and Buildings. 2020. V. 216. P. 109953. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109953>

#### References:

1. Daffi, D. A. 1977. Teplovye protsessy s ispol'zovaniem solnechnoi energii. Moscow. (in Russian).
2. Avezov, R. R., & Orlov, A. Yu. (1988). Solnechnye sistemy otopleniya i goryachego. Tashkent. (in Russian).
3. Bairamov, R. B., & Ushakova, A. D. (1987). Solnechnye vodonagrevatel'nye ustanovki. Ashkhabad. (in Russian).
4. Manuilenko, A. G., Ilenko, V. V., & Kastun, M. M. (1994). Kislovodskaya opytно-eksperimental'naya solnechnaya elektrostantsiya. *Energetik*, (12), 31-36. (in Russian).
5. Matisakov, T. K. (2010). Teoreticheskoe issledovanie teplofizicheskikh kharakteristik SVK na osnove matematicheskogo modelirovaniya. *Nauka i novye tekhnologii*, (3), 23-25. (in Russian).

6. Javadi, F. S., Saidur, R., & Kamalisarvestani, M. (2013). Investigating performance improvement of solar collectors by using nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 232-245. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.053>

7. Salimzadeh, N., Vahdatikhaki, F., & Hammad, A. (2020). Parametric modeling and surface-specific sensitivity analysis of PV module layout on building skin using BIM. *Energy and Buildings*, 216, 109953. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109953>

Работа поступила  
в редакцию 12.02.2021 г.

Принята к публикации  
19.02.2021 г.

*Ссылка для цитирования:*

Матисаков Т. К., Жогаштиев Н. Т., Эргешов М. О. Исследование продолжительности эксплуатации солнечных установок в окружении объектов // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №3. С. 189-193. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/64/18>

*Cite as (APA):*

Matisakov, T., Zhogashtiev, N., & Ergeshov, M. (2021). Investigation of the Duration of Operation of Solar Installations Surrounded by Objects. *Bulletin of Science and Practice*, 7(3), 189-193. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/64/18>