

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВЫБОР ТИПА СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

С. В. Головки, Д. А. Задоркин

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

В недалекие времена идея о бесплатной электроэнергии казалась невероятной, однако развитие технологий прогрессирует и у альтернативной энергетики увеличивается количество ценителей. Популярность использования солнечных панелей растет достаточно быстро, т. к. фотоэлектрические преобразователи представляют собой результативный восстанавливаемый источник электроэнергии. Для более эффективной работы солнечных элементов необходимы определенные условия в зависимости от места установки. Рассматриваются некоторые из условий более эффективной работы солнечных элементов – использование фотоэлектрических преобразователей в тяжелых климатических условиях и интенсивность солнечного излучения в зависимости от угла снижения солнечных лучей на поверхность панели солнечного элемента.

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь, солнечный элемент, эффективность работы, климатические условия, интенсивность солнечного излучения.

Для цитирования: Головки С. В., Задоркин Д. А. Анализ влияния климатических факторов на выбор типа солнечной панели // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2020. № 2 (70). С. 21–26. DOI: 10.24143/1812-9498-2020-2-21-26.

Введение

К настоящему моменту проведено огромное количество экспериментов в сфере применения восстанавливаемых источников электроэнергии (ВИЭ). Благодаря созданию различных конструкций солнечных элементов (СЭ) солнечная инсоляция преобразуется в электрическую энергию.

Условия использования СЭ различаются в зависимости от места расположения. К примеру, в некоторых странах Европы температура нагрева поверхности невысокая, на территории Казахстана, Таджикистана и других стран Азии в общеклиматических условиях жаркая среда. При чрезмерно увеличенной температуре поверхности различные фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) проявляют себя по-разному. Номинальная мощность кремниевых ФЭП, к примеру, снижается при увеличении температуры на 0,43–0,47 %, панели теллурида кадмия тратят всего 0,25 % [1].

Условия эффективной работы фотоэлектрических преобразователей

Эффективность работы ФЭП зависит от конечной температуры самой панели и различается для панелей разного типа. В условиях жаркого климата, например республики Калмыкии, это приобретает особую значимость. Зависимость температуры поверхности панели СЭ от температуры окружающей среды можно рассчитать по формуле

$$T_{pi} = T_{возд} + E_i / 800 (T_{н.экс} - 20 \text{ } ^\circ\text{C}),$$

где T_{pi} – температура поверхности СЭ, $^\circ\text{C}$; E_i – появление солнечного излучения; $T_{возд}$ – температура окружающей среды в расчетной точке, $^\circ\text{C}$; $T_{н.экс}$ – нормальная температура эксплуатации солнечной панели, $^\circ\text{C}$.

Коэффициент полезного действия (КПД) панели СЭ рассчитывается по формуле

$$\Pi_{pi} = \Pi_0 (1 - 0,0045 (T_{pi} - 25)),$$

где Π_{pi} – КПД панели СЭ, %; Π_0 – КПД солнечной панели при температуре 25 $^\circ\text{C}$, %; T_{pi} – температура поверхности солнечной панели, $^\circ\text{C}$.

В табл. 1 приведены данные по среднегодовой температуре, полученные с помощью измерения на поверхности солнечной панели и вычисленные по формуле для T_{pi} ; также представлено изменение температуры воздуха у солнечной панели в течение солнечного дня определенного месяца.

Среднегодовая температура воздуха

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Температура воздуха, °С	-4	-4,1	1,7	10,2	16,5	21,7	24,9	23,8	17,3	9,9	2,4	-2,3	9,8

График зависимости КПД панели приведен на рис. 1. При этом измеренные и вычисленные значения температуры поверхности солнечной панели в значительной степени разнятся в утреннее и вечернее время.

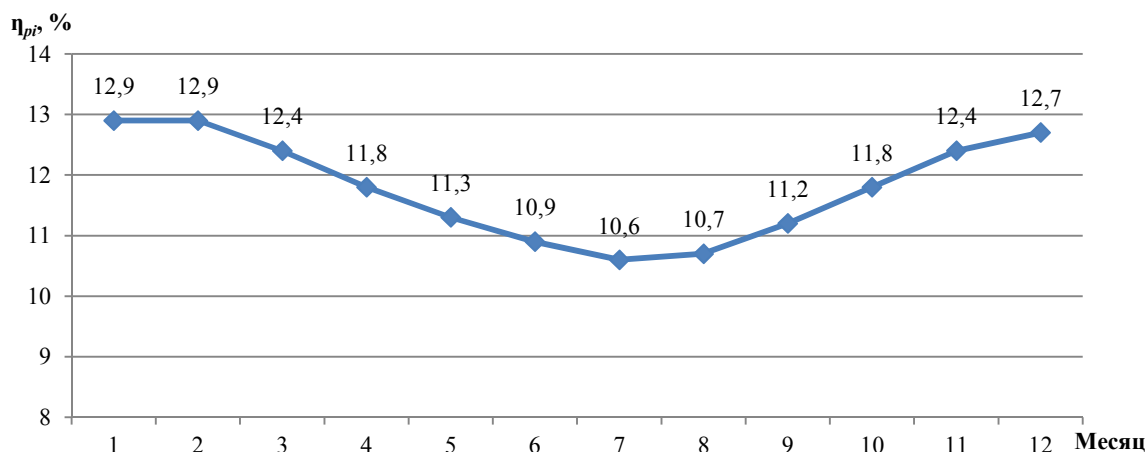


Рис. 1. График зависимости КПД СЭ от средней температуры воздуха

На рис. 2 приведен график изменения температуры солнечной панели в зависимости от солнечной радиации и температуры интересующей точки локации республики Калмыкии.

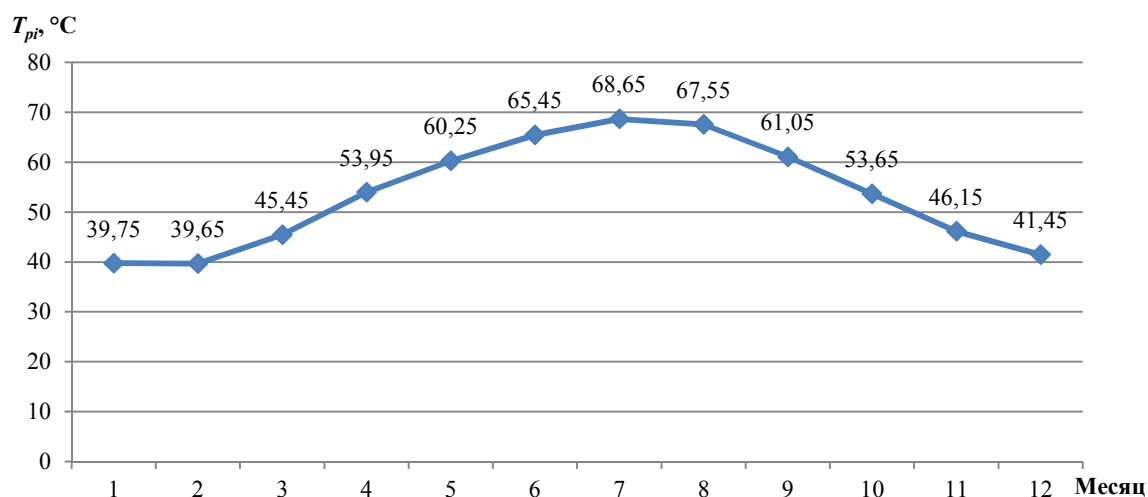


Рис. 2. График зависимости температуры поверхности СЭ от средней температуры воздуха

Исходя из данных рис. 1 и 2 можно сделать вывод, что в холодное время года в солнечное время суток температура поверхности СЭ может достигать 40 °С. В летнее же время температура поверхности достигает 70 °С. В результате наблюдается изменение среднего КПД солнечной панели в течение года на 18 % вследствие нагрева самой солнечной панели.

Таким образом, для использования в данном климатическом регионе необходимо выбирать ФЭП соответствующего типа, способные обеспечить эффективную работу в тяжелых климатических условиях, при высокой температуре воздуха и значительном солнечном излучении.

Важной проблемой, решение которой являлось особенно актуальным, был сильный перегрев панели СЭ. Для этого были разработаны различные конструкции, решающие данную задачу, такие как конструкции с водяным и воздушным охлаждением, с системой отвода тепла, с системой принудительного охлаждения и др. [2]. В основном наибольшим спросом на рынке пользовались кристаллические кремниевые ФЭП. Со временем были разработаны другие конструкции, например тонкопленочные, многослойные, переходные, каскадные и др. Конструкции тонкопленочных СЭ при высокой температуре работали эффективнее, но КПД в сравнении с кристаллическими оказался ниже практически в два раза (6–8 %) [3].

На эффективность работы солнечной панели оказывает влияние не только температура воздуха, но и интенсивность солнечного излучения, которая может в значительных пределах изменяться в течение дня из-за движения солнца, а также наличия и движения облаков. К примеру, выработка электрической энергии СЭ напрямую зависит от угла падения солнечных лучей на поверхность СЭ и достигает максимального значения при угле, равном 90° . Требуется правильно расположить ФЭП в пространстве на нужный угол наклона.

В качестве примера можно рассмотреть изменение положения солнца за сутки в день летнего солнцестояния. Необходимо вычислить время восхода и заката, время начала и окончания освещения панелей СЭ. Эти данные можно рассчитать с помощью таких программ, как StarCalc, Cartes du Ciel, Stellarium и др. [4].

Для наглядности выберем день летнего солнцестояния – 24 июня 2019 г. Проведем расчет следующих параметров солнечной активности для данного дня:

- восход Солнца t_1 – 4 ч 30 мин (4,5 ч);
- пересечение направления на восток t_2 – 7 ч 50 мин (7,83 ч);
- пересечение направления на запад t_3 – 17 ч 20 мин (17,33 ч);
- заход Солнца t_4 – 20 ч 50 мин (20,83 ч).

Согласно вычисленным выше данным панель СЭ будет освещаться в определенный временной промежуток, равный Δt :

$$\Delta t = t_3 - t_2.$$

Результат расчета – 9,5 ч. В целом за день солнечная активность ΔT будет составлять:

$$\Delta T = t_4 - t_1.$$

Суммарно полная продолжительность солнечной активности за сутки будет равна ΔT , или 16,33 ч. Следовательно, интервал времени прямого освещения солнечными лучами панели СЭ будет равен $9,5 / 16,33 = 0,58$ (58 % от общей продолжительности времени солнечного излучения).

Для того чтобы выяснить эффективность применения солнечного света, необходимо вычислить величины относительной освещенности. Данные значения можно получить путем вычисления освещенности панели СЭ при различных вариантах установки этих панелей. Первым вариантом установки рассмотрим вертикальную установку панели СЭ, вторым – установку панели СЭ под углом 45° .

Прежде всего необходимо вычислить угловую высоту солнца в градусах над горизонтом в течение светлого времени суток. Примем временной интервал – 30 мин. Установим для данного угла освещенности обозначение γ . Величина светового освещения в зависимости от угла падения солнечных лучей будет понижаться пропорционально величине косинуса угла попадания солнечных лучей относительно поверхности панели СЭ. На рис. 3 проиллюстрированы выбранные для рассмотрения варианты установки панелей.

При вертикальной установке панели угол падения лучей солнца относительно панели СЭ будет соответствовать высоте солнца над горизонтом (углу γ). При установке панели под углом 45° величина угла освещенности определена как 45° к γ .

Далее можно рассчитать уровень относительной освещенности поверхности для выбранных нами вариантов установки СЭ. Результаты расчетов указаны в табл. 2.

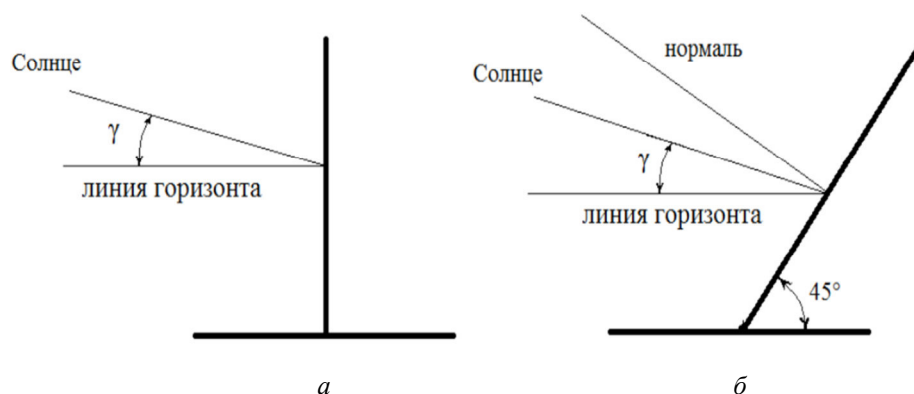


Рис. 3. Варианты установки панелей солнечного элемента:
 а – вертикальный вариант установки; б – установка под углом 45°

Таблица 2

Уровень освещенности поверхности панели солнечного элемента

Время, ч	Высота солнца над горизонтом, град	Уровень солнечного освещения при вертикальном варианте установки поверхности СЭ	Уровень солнечного освещения при варианте установки поверхности СЭ под углом 45°
4:30	1,2434	1,0203	0,73654
5:00	5,049	1,01592	0,78132
5:30	9,0066	1,00776	0,82314
6:00	13,413	0,99348	0,867
6:30	17,5644	0,9741	0,9027
7:00	22,4094	0,94554	0,9384
7:30	27,1626	0,91188	0,96798
8:00	32,181	0,86904	0,99246
8:30	36,822	0,82416	1,00776
9:00	41,0244	0,77928	1,01694
9:30	45,5634	0,72522	1,02
10:00	50,1024	0,6681	1,01694
10:30	53,8866	0,6171	1,01082
11:00	57,63	0,56304	0,9996
11:30	60,4656	0,52122	0,98838
12:00	62,526	0,49062	0,9792
12:30	63,3114	0,47838	0,97512
13:00	62,7606	0,48654	0,97818
13:30	61,0674	0,51204	0,98634
14:00	58,6296	0,54876	0,99552
14:30	55,7634	0,59058	1,00572
15:00	52,0914	0,64158	1,01388
15:30	48,0114	0,69462	1,01898
16:00	43,6254	0,74868	1,01898
16:30	38,862	0,80274	1,01286
17:00	34,2924	0,84966	0,9996
17:30	29,5596	0,8925	0,98022
18:00	24,786	0,92922	0,95472
18:30	20,1654	0,95982	0,9231
19:00	15,6366	0,98328	0,88638
19:30	11,0466	1,01064	0,84366
20:00	6,9675	1,01224	0,80262
20:30	3,0675	1,03798	0,75667
Результат		26,0765	32,3576

Данные указанных в табл. 2 расчетов представлены на рис. 4.

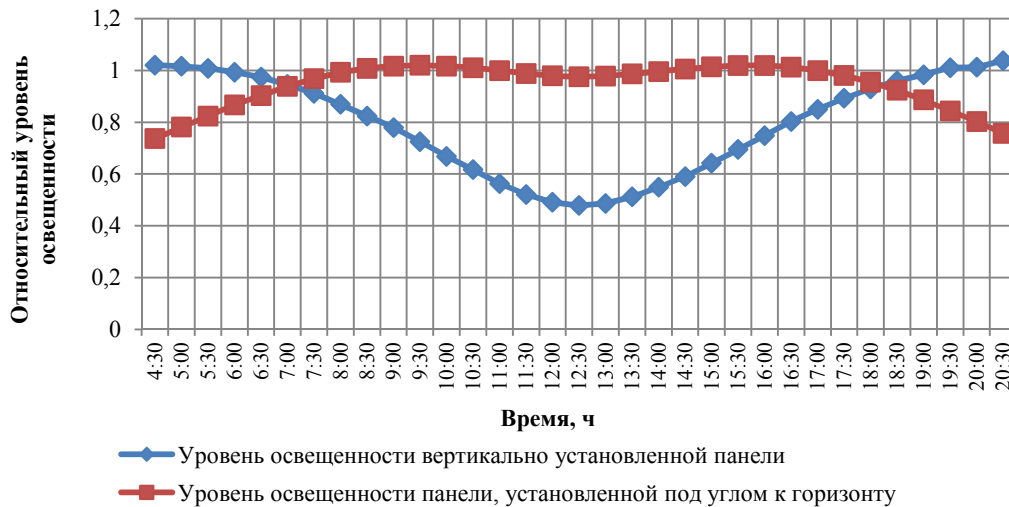


Рис. 4. Графики изменения освещенности поверхности солнечной панели в день летнего солнцестояния

В результате проведенного исследования можно утверждать, что установка панели СЭ под углом в 45° представляется более эффективной, чем вертикальная установка. Максимальной же эффективности освещения поверхности СЭ можно достичь с применением системы автоматического регулирования СЭ.

Заключение

Долю использования ВИЭ в энергетике планируется расширять каждый год. Многие страны поддерживают усилия, направленные на повышение развития возобновляемой энергии в структуре энергетики своей территории [5]. В настоящее время эффективность использования ФЭП не достигла максимума как в бюджетном (считается, что установку СЭ могут позволить себе только относительно состоятельные люди), так и конструктивном варианте – не всегда получается повысить КПД установки до оптимальных значений. Но исследования в области ВИЭ увеличиваются, проводятся испытания каждого типа ФЭП в реальных условиях эксплуатации, модернизируются конструкции и исследуются рекомендуемые для них параметры использования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Твайделл Д.* Возобновляемые источники энергии. М.: Энергоатомиздат, 2018. 390 с.
2. *Гринкруг М. С.* Критерий для выбора параметров элементов автономных систем электроснабжения. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=483> (дата обращения: 27.09.2020).
3. *Жураева З. И., Шогучкаров С. К., Жумабоев Б. К.* Анализ основных показателей различных конструкций фотоэлектрических батарей при эксплуатации в условиях жаркого климата. URL: <http://library.ziyonet.uz/static/lib/reader-pdf/web/viewer.html?file=http://library.ziyonet.uz/uploads/books/1304363/5b321f8c1de29.pdf> (дата обращения: 20.09.2020).
4. *Норкин А.* Типы и особенности солнечных батарей для индивидуальной энергетической установки. URL: <http://www.facepla.net/the-news/energy-news-mnu/2158-home-solar.html> (дата обращения: 25.09.2020).
5. *Усков А. Е., Гиркин А. С., Дауров А. В.* Солнечная энергетика: состояние и перспективы // Науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2014. № 98 (04). С. 1–6.

Статья поступила в редакцию 05.10.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Головко Сергей Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры электрооборудования и автоматики судов; g_s_v_2007@mail.ru.

Задоркин Дмитрий Анатольевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; магистрант кафедры электрооборудования и автоматики судов; lokrian010@gmail.com.



ANALYSIS OF INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON SELECTING TYPES OF SOLAR PANELS

S. V. Golovko, D. A. Zadorkin

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article outlines the problem of the influence of climatic factors on the efficiency of solar panels operation. Not long ago the idea of free electricity seemed incredible. However, the development of technologies rapidly progresses, and the alternative energy captures more and more supporters every day. The popularity of solar panels is growing quite rapidly, since photovoltaic converters are an efficient source of electricity. But for more efficient operation of solar cells it is necessary to create the specific conditions, taking into account the location of the unit. There have been considered the factors of more efficient operation of the photovoltaic converters: the hash climatic conditions and the intensity of solar radiation depending on the angle of reducing the impact of the solar rays onto the solar cell surface.

Key words: photovoltaic converter, solar cell, operating efficiency, climate conditions, solar radiation intensity.

For citation: Golovko S. V., Zadorkin D. A. Analysis of influence of climatic factors on selecting types of solar panels. *Vestnik of Astrakhan State Technical University*. 2020;2 (70):21-26. (In Russ.) DOI: 10.24143/1812-9498-2020-2-21-26.

REFERENCES

1. Tvaiddell D. *Vozobnovliaemye istochniki energii* [Renewable sources of energy]. Moscow, Energoatomizdat, 2018. 390 p.
2. Grinkrug M. S. *Kriterii dlia vybora parametrov elementov avtonomnykh sistem elektrooborudovaniia* [Criterion for selecting parameters of elements of autonomous power supply systems]. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=483> (accessed: 27.09.2020).
3. Zhuraeva Z. I., Shoguchkarov S. K., Zhumaboev B. K. *Analiz osnovnykh pokazatelei razlichnykh konstruktssii fotoelektricheskikh batarei pri ekspluatatsii v usloviakh zharkogo klimata*. [Analysis of main indicators of various designs of photovoltaic batteries during operation in hot climates]. Available at: <http://library.ziyonet.uz/static/lib/reader-pdf/web/viewer.html?file=http://library.ziyonet.uz/uploads/books/1304363/5b321f8c1de29.pdf> (accessed: 20.09.2020).
4. Norkin A. *Tipy i osobennosti solnechnykh batarei dlia individual'noi energeticheskoi ustanovki* [Types and features of solar panels for individual power plant]. Available at: <http://www.facepla.net/the-news/energy-news-mnu/2158-home-solar.html> (accessed: 25.09.2020).
5. Uskov A. E., Girkin A. S., Daurov A. V. *Solnechnaia energetika: sostoianie i perspektivy* [Solar energy: state and prospects]. *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, no. 98 (04), pp. 1-6.

The article submitted to the editors 05.10.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Golovko Sergey Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Ship Automation and Electric Equipment; g_s_v_2007@mail.ru.

Zadorkin Dmitry Anatolyevich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Master's Course Student of the Department of Ship Automation and Electric Equipment; lokrian010@gmail.com.

