

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-30-36

***Гражданкин А.А., Иванченко В.Т.**

Кубанский государственный технологический университет

*E-mail: grazhdankin.aa@mail.ru

УТОЧНЕНИЕ СОЛНЕЧНОГО КЛИМАТА Г. КРАСНОДАРА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ В ЖИЛЫХ ЗДАНИЯХ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗА 2014–2020 ГОДЫ

Аннотация. Статья является продолжением статьи под названием «Уточнение солнечного климата г. Краснодара для эффективной работы солнечных батарей в жилых зданиях», опубликованной в Вестнике БГТУ им. В.Г. Шухова в 2017 году. В настоящее время подавляющее большинство стационарных метеостанций, расположены на достаточно большом расстоянии от зоны, в которой необходимо оценить потенциал возобновляемых энергоресурсов. В статье публикуются результаты натурных исследований солнечного климата г. Краснодара, проведенные с 2014 по 2020 годы. Приводится сравнение результатов исследования с нормативной документацией и климатическим справочником. Применение солнечных батарей является одним из важных факторов по уменьшению вредных выбросов в атмосферу. Для правильного подбора количества солнечных панелей необходимо как можно точнее знать количество солнечной энергии, которое будет попадать на эту панель. Исходя из этой информации можно рассчитать количество энергии, которую будет вырабатывать солнечная энергосистема здания, либо солнечная электростанция. Правильный подбор количества солнечных панелей влияет на качество жизни людей и позволяет полностью покрыть энергопотребление зданий и сооружений, использующих солнечную энергетику в качестве основного источника энергии.

Ключевые слова: инсоляция, система автономного жизнеобеспечения, солнечный климат, солнечная батарея, солнечная радиация.

Введение. Новые технологий в настоящее время направлены главным образом на понижение негативного воздействия на окружающую среду и переход с невозобновляемых источников энергии на возобновляемые. Наиболее сильное негативное воздействие на окружающую среду оказывает сжигание топлива для отопления зданий и производства электрической энергии. Использование солнечных батарей для получения электрической энергии один факторов, оказывающих большое влияние на снижение вредных выбросов в атмосферу и замедление развития «парникового эффекта».

Главный источник энергии на нашей планете – это Солнце. В современном мире солнечной энергии оказывается очень большое внимание, а также изучаются возможности её прямого использования. Ежесекундно солнце выделяет $370 \cdot 10^{12}$ ТДж тепловой энергии. Из всего объема этой энергии до Земли доходит только $1,2 \cdot 10^5$ ТВт в энергетическом эквиваленте, что при переводе на годовое поступление – $38 \cdot 10^{20}$ кВт.ч. Это больше в 108 раз, чем производится в мире для потребления [1]. «Солнечная постоянная» – это то количество солнечной энергии, которая проходит в форме излучения за единицу времени через поверхность площадью в 1 м^2 , перпендикулярно направлению прямой, проходящей через центр Солнца и Земли. Значение этой постоянной при входе в земную атмосферу – 1367 Вт/м^2 . Количество солнечной энергии, которая попадает

на верхнюю границу земной атмосферы в среднем – 341 Вт/м^2 , а на поверхность Земли попадает 184 Вт/м^2 [2]. Длина волн солнечного излучения находится в промежутке между 0,3 и 2,5 мкм. Данный диапазон называется коротковолновым и в него входит видимая часть спектра. [3]

Численное измерение солнечной радиации производят по значению её теплового воздействия на окружающую среду (калорий за единицу времени на единицу поверхности). Спектральный состав и интенсивность солнечной радиации изменяется при прохождении через земную атмосферу и зависит от расстояния, которое прошли солнечные лучи. На уровне моря уровень солнечной радиации составляет не более $1,5 \text{ кал/(см}^2 \cdot \text{мин)}$ и чем выше над ним происходят замеры - тем выше интенсивность потока.

Количество времени, на протяжении которого прямая солнечная радиация будет больше, либо равна $0,1 \text{ кВт/м}^2$ называется продолжительностью солнечного сияния. Оно измеряется на стационарных метеорологических станциях. Измерение остальных компонентов солнечной радиации производят на специализированные актинометрические станции.

В современном мире процент преобразования солнечной энергии в электрическую для большинства солнечных панелей составляет 13–18 %. В лабораторных же условиях смогли добиться КПД в 24 % для самых современных образцов [4].

Первичную оценку эффективности применения солнечной системы электроснабжения и отопления можно произвести по данным научно-прикладного справочника «Климат России» [5] и СП 131.13330.2018. Данные, полученные из этих источников, позволяют произвести ориентировочную оценку количества солнечной радиации, попадающей на интересующую нас местность. Исходя из этого можно произвести экономический и технический анализ рентабельности и эффективности применения солнечной системы.

В настоящее время оценку потенциала солнечных систем производят исходя из данных, которые передают стационарные метеостанции. Очень часто эти метеостанции находятся на удалении от места определения потенциала и не все

из них оборудованы датчиками измерения солнечной радиации. Так же измерения на данных метеостанциях производят несколько раз в сутки, что так же влияет на точность получаемой информации [6].

Методика проведения исследования. Первичную оценку количества солнечной радиации для города Краснодара, попадающей на горизонтальную поверхность, будем производить по данным, полученным из научно-прикладного справочника «Климат России», для метеостанции 34927 Круглик (таблица 1) и из СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» (табл. 2).

Таблица 1

Средние значения суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность (кВт·ч/м²) при безоблачном небе для метеостанции 34927 Круглик с 1965 г. по 2000 г.

Индекс ВМО	Название станции	Радиация	Месяц, кВт·ч/м ²												Год
			Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
34927	Краснодар, Круглик	суммарная радиация на горизонтальную поверхность	62,50	91,11	147,22	189,44	234,16	239,72	231,67	202,78	156,94	115,28	60,83	53,61	1785,26

Таблица 2

Значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) на горизонтальную поверхность при безоблачном небе (МДж/м² и кВт·ч/м²) для города Краснодара согласно СП 131.13330.2018 «Строительная климатология»

Единицы измерения	Месяц												Год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
МДж/м ²	227,29	342,27	582,25	735,10	880,71	913,98	898,75	770,88	607,04	450,72	251,29	187,80	6848,08
кВт·ч/м ²	63,14	95,08	161,74	204,19	244,64	253,88	249,65	214,13	168,62	125,20	69,80	52,17	1902,24

Для проведения исследования солнечного климата города Краснодара в условиях жилой застройки, при поддержке фирмы ООО «Солнечный центр» в октябре 2014 года в экспериментальном доме [7] на солнечную панель был смон-

тирован датчик измерения инсоляции и плотности теплового потока Sunny Sensorbox, который производит компания SMA Solar Technology AG. Данный датчик в автоматическом режиме проводит измерения с периодичностью замера 1 раз в

час, что составляет 24 замера в сутки. Полученные результаты измерения передаются на сервер компании SMA Solar Technology AG (рис. 1). Для определения количества солнечной энергии, которая попадает на поверхность солнечных батарей, а также условий работы этих батарей и здания в целом, был произведен анализ переданной информации о суммарной солнечной радиации (кВт·ч)/м², которая была получена с датчика Sunny Sensorbox. Для проведения сравнитель-

ного анализа данных, полученных из справочника для метеостанции, данных из СП 131.13330.2018 и реальных условий работы солнечных панелей в городской застройке при загрязнении атмосферы пылью и выхлопными газами (место установки датчика расположено в непосредственной близости одной из самых загруженных транспортных артерий г. Краснодара) используем данные, полученные во время исследований за 2014-2020 годы. Результаты исследования приведены в таблице 3.

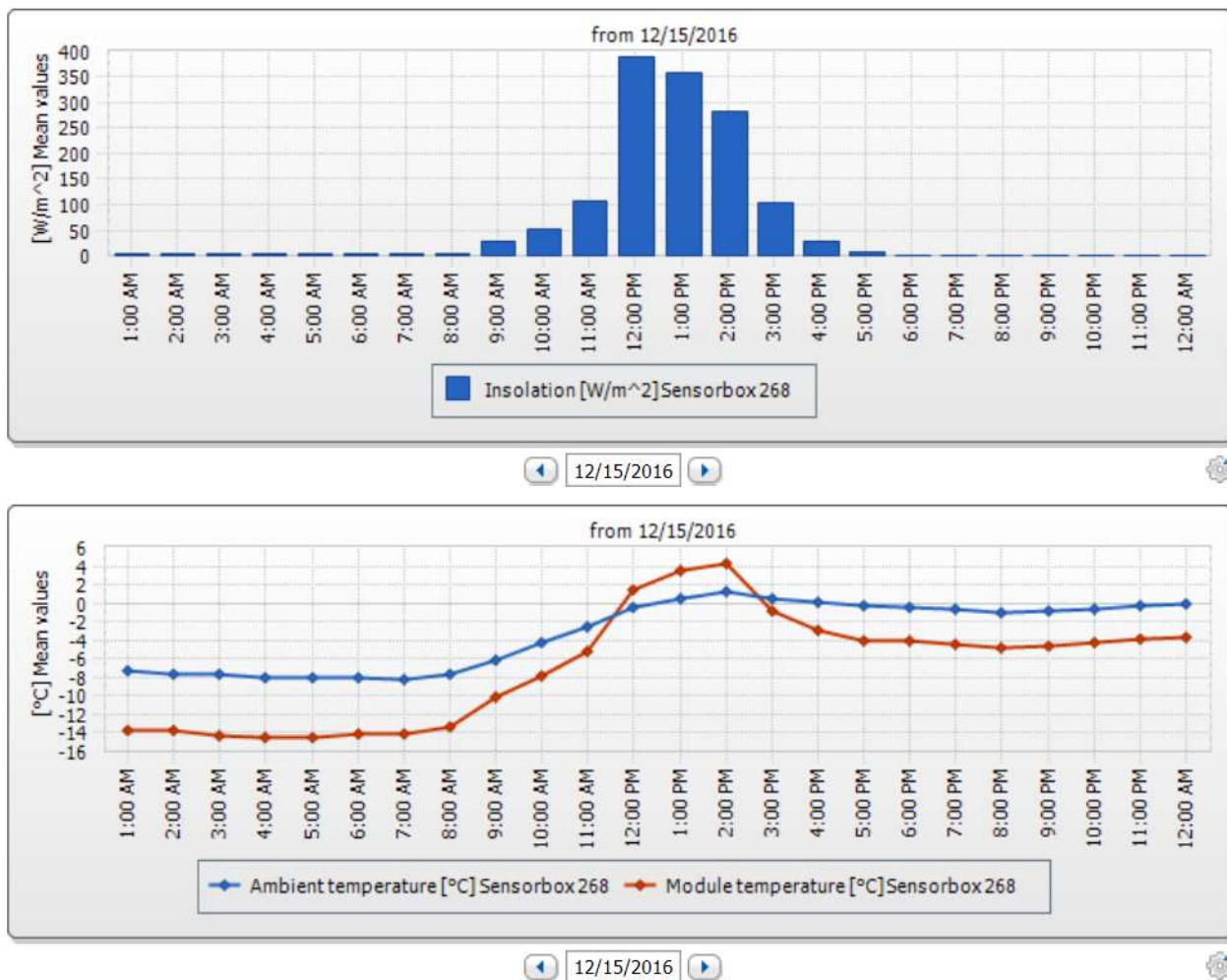


Рис. 1. Распределение плотности потока солнечной энергии, попадающей на солнечный модуль в течение дня. Данные получены от датчика инсоляции Sunny Sensorbox

Результаты исследования. Исходя из полученных результатов можно сделать следующий вывод (таблица 3 и рисунок 2), что количество солнечной радиации, которое попадает на солнечную панель, на 14,3 % ниже, чем указано в научно-прикладном справочнике «Климат России» и на 19,5 % ниже чем мы получаем расчётом согласно СП 131.13330.2018. Данные результаты объясняются тем, что датчик установлен параллельно поверхности солнечной батареи, т.е. под

углом 45 градусов к горизонтальной поверхности и повернут в направлении юга. В нормативных же документах приводится информация о количестве солнечной радиации, попадающей на горизонтальную поверхность. Так же нормативная документация не учитывает загрязнение атмосферы, городской смог и другие факторы, влияющие на поток солнечной радиации.

Таблица 3

Значение суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность в условиях городской застройки за период исследования с ноября 2014 по июль 2020 годы (кВт·ч/м²)

Отклонение от СП 131.13330.2018	Отклонение от метеостанции 34927 Круглик	Среднее за период исследования	Суммарная радиация на поверхность солнечной панели												Год исследования			
			Sunny Sensorbox															
			Месяц, кВт*ч/м2															
			2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	Радиация								
			Название станции															
			Январь															
			Февраль															
			Март															
			Апрель															
			Май															
			Июнь															
			Июль															
			Август															
			Сентябрь															
			Октябрь															
			Ноябрь															
			Декабрь															
			Год, кВт·ч															
-22,5 %	-21,5 %	49,09	40,04	44,88	39,02	58,93	56,69	54,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-17,0 %	-13,4 %	78,91	83,25	62,91	52,29	88,55	101,25	85,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-28,8 %	-21,8 %	115,19	135,67	118,88	84,73	124,70	100,59	126,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-21,6 %	-15,4 %	160,11	169,71	157,17	180,12	153,14	155,33	145,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-32,9 %	-29,9 %	164,20	152,28	174,83	172,09	153,08	155,85	177,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-30,9 %	-26,8 %	175,53	169,73	191,35	187,70	171,17	162,25	170,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-25,2 %	-19,4 %	186,79	179,35	175,31	188,36	191,69	192,28	193,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-9,8 %	-4,8 %	193,11	194,75	192,92	206,58	194,19	174,93	195,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-2,4 %	+4,8 %	164,49	-	172,65	154,99	185,23	147,12	162,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-0,1 %	+8,5 %	125,07	-	138,59	145,94	111,86	118,54	110,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
+4,8 %	+20,3 %	73,15	-	100,17	61,12	65,36	70,61	57,28	84,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-13,4 %	-15,7 %	45,17	-	56,13	31,02	58,78	38,25	47,78	39,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-19,5 %	-14,3 %	1530,81	-	1585,79	1503,96	1556,68	1473,69	1526,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

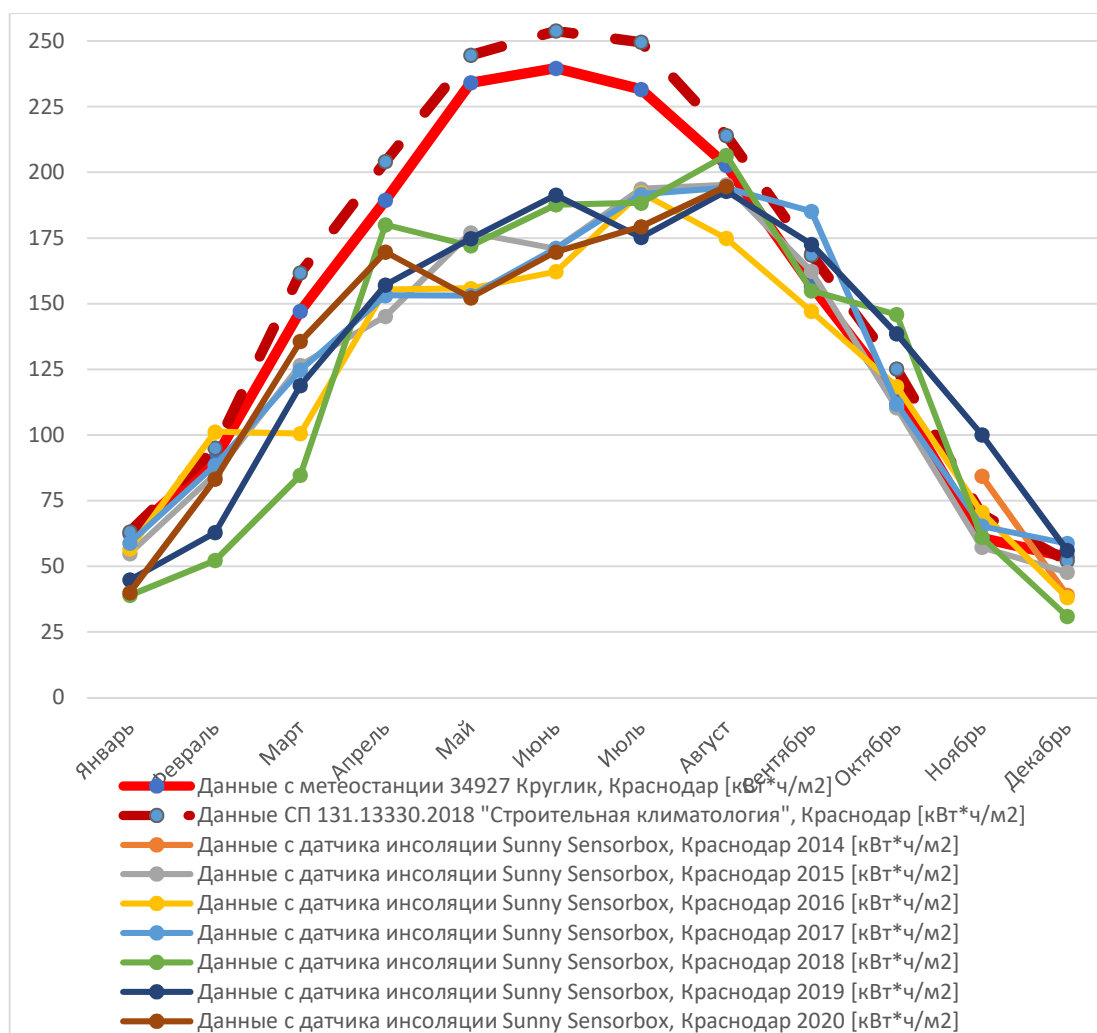


Рис. 2. Сравнительный анализ инсоляции в реальной городской застройке в г. Краснодар с данными из СП 131.13330.2018 и Научно-прикладного справочника «Климат России».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сафаров М.Г., Раупов Н.М., Рахимов З.С. Применение солнечных электростанций в южных регионах республики Таджикистан // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. 2016. № 2-2(38). С. 66–69.

2. Trenberth K.E., Fasullo J.T., Kiehl J. Earth's global energy budget // Bulletin of the American Meteorological Society. 2009. Vol. March. Pp. 311–323.

3. Стадник В.В., Елистратов В.В. Возобновляемые энергетические ресурсы // Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2014. № 574. С. 179–223.

4. Авагян С.К. Влияние расположения солнечного диска на эффективность работы солнечной батареи // Наука, техника и образование. 2020. № 3. С. 32–35.

5. Научно-прикладной справочник «Климат России» [Электронный ресурс]. URL.: <http://aisori.meteo.ru/ClspR/> (дата обращения: 12.07.2020)

6. Иванченко В.Т., Гражданкин А.А. Уточнение солнечного климата г.Краснодара для эффективной работы солнечных батарей в жилых зданиях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2017. №7. С. 47–51.

7. Иванченко В.Т., Гражданкин А.А., Зайцев А.А. Пассивное энергосберегающее здание для Краснодарского края // Жилищное строительство. 2014. № 11. С. 10–11.

8. Савин В.К. Строительная физика. Энергоэкономика. М.: Лазурь, 2011. 418 с.

9. Гусев Н.М. Основы строительной физики. М.: Стройиздат, 1975. 230 с.

10. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): Учебник для вузов. М.: Книга по Требованию, 2013. 416 с.

11. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчет систем солнечного теплоснабжения. М.: Энергоиздат, 1982. 78 с.

12. Бутузов В. А., Шетов В. Х. Возобновляемые источники энергии. Региональный опыт

Краснодарского края // Энергосбережение. 2008. № 6. С. 81–83.

13. Crook J. A. Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output // Energy and environmental science. 2011. Vol. 4. P. 3101-3109.

14. Geyer M., Quaschnig V. Solar thermal power // Renewable Energy World. 2000. Vol. July-Aug. P. 184-191.

15. Hoogwijk M., Supersberger N., von Winterfeld U. and Samadi S. Role Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply // Climate Change. Federal Environment Agency. 2009. Vol. 18. Pp. 336.

Информация об авторах

Гражданкин Артем Андреевич, аспирант, старший преподаватель кафедры Архитектуры гражданских и промышленных зданий и сооружений. E-mail: grazhdankin.aa@mail.ru. Кубанский государственный технологический университет. Россия, 350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.

Иванченко Владимир Тихонович, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой архитектуры гражданских и промышленных зданий и сооружений. E-mail: vladimir.ivanchenko.1945@mail.ru. Кубанский государственный технологический университет. Россия, 350072, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2.

Поступила 12.07.2020 г.

© Гражданкин А.А., Иванченко В.Т. 2020

***Grazhdankin A.A., Ivanchenko V.T.**
Kuban State Technological University
*E-mail: grazhdankin.aa@mail.ru

REFINING THE SOLAR CLIMATE OF KRASNODAR FOR THE EFFECTIVE WORK OF SOLAR PANELS IN RESIDENTIAL BUILDINGS. RESEARCH RESULTS FOR 2014-2020

Abstract. The article is a continuation of the article entitled "Reconciliation of the solar climate of Krasnodar for the effective operation of solar panels in residential buildings" published in the Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov in 2017. At present, the vast majority of stationary weather stations are located at a sufficiently large distance from the zone in which it is necessary to assess the potential of renewable energy resources. The article presents the results of field studies of the solar climate of Krasnodar conducted from 2014 to 2020. The results of the study are compared with normative documentation and a climate guide. The use of solar panels is an important factor to reduce harmful emissions into the atmosphere. For the correct selection of the number of solar panels, it is necessary to know the exact amount of solar energy that will fall on this panel. This information allows to calculate the amount of energy that will be generated by the building's solar energy system or solar power station. The correct selection of the number of solar panels affects the quality of life of people and allows to fully cover the energy consumption of buildings and structures using solar energy as the main source of energy.

Keywords: insolation, autonomous life support system, solar climate, solar battery, solar radiation.

REFERENCES

1. Safarov M.G., Raupov N.M., Rakhimov Z.S. The use of solar power plants in the southern regions of the Republic of Tajikistan [Primenenie solnechnykh elektrostancij v yuzhnyh regionah respubliky Tadjikistan]. Bulletin of the Bohtar State University named after Nosir Khusrava. A series of natural sciences. 2016. No. 2-2 (38). Pp. 66–69. (rus)

2. Trenberth K.E., Fasullo J.T., Kiehl J. Earth's global energy budget. Bulletin of the American Meteorological Society. 2009. Vol. March. Pp. 311–323.

3. Stadnik V.V., Elistratov V.V. Renewable energy resources [Vozobnovlyаемые энергетические

ресурсы]. Proceedings of the main geophysical observatory. A.I. Voeikova. 2014. No. 574. Pp. 179–223. (rus)

4. Avagyan S.K. The influence of the location of the solar disk on the efficiency of the solar battery [Vliyanie raspolozheniya solnechnogo diska na effektivnost' raboty solnechnoj batarei]. Science, technology and education. 2020. No. 3. Pp. 32–35. (rus)

5. Scientific-applied reference "Climate of Russia" [Nauchno-prikladnoj spravochnik «Klimat Rossii»]. URL.: <http://aisori.meteo.ru/ClspR/> (date of treatment: 12.07.2020) (rus)

6. Ivanchenko V.T., Grazhdankin A.A. Reconciliation of the solar climate of Krasnodar for effective work of solar batteries in residential buildings [Utochnenie solnechnogo klimata g.Krasnodara dlya effektivnoy raboty solnechnykh batarej v zhilykh zdaniyakh]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2017. No. 7. Pp. 47–51. (rus)

7. Ivanchenko V.T., Grazhdankin A.A., Zaitsev A.A. Passive energy-saving building for the Krasnodar Territory [Passivnoe energosberegayushchee zdanie dlya Krasnodarskogo kraya]. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2014. No. 11. Pp. 10–11. (rus)

8. Savin V.K. Building physics. Energy Economics [Stroitel'naya fizika. Energoekonomika]. M.: Lazur, 2011. 418 p. (rus)

9. Gusev N.M. Fundamentals of building physics [Osnovy stroitel'noy fiziki]. M.: Stroyizdat, 1975. 230 p. (rus)

10. Theological V.N. Construction Thermophysics (Thermophysical Basics of Heating, Ventilation and Air Conditioning) [Stroitel'naya teplofizika

(teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventil'yacii i kondicionirovaniya vozduha)]: Textbook for universities. M.: Book on Demand, 2013. 416 p. (rus)

11. Beckman W., Klein S., Duffy J. Calculation of solar heat supply systems. M.: Energoizdat, 1982. 78 p.

12. Crook J.A. Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output. Energy and environmental science. 2011. Vol. 4. Pp. 3101–3109.

13. Geyer M., Quaschnig V. Solar thermal power. Renewable Energy World. 2000. Vol. July-Aug. Pp. 184–191.

14. Hoogwijk M., Supersberger N., von Winterfeld U. and Samadi S. Role Potential of Renewable Energy and Energy Efficiency for Global Energy Supply. Climate Change. Federal Environment Agency. 2009. Vol. 18. Pp. 336.

Information about the authors

Grazhdankin, Artem A. Postgraduate student. Senior Lecturer. E-mail: grazhdankin.aa@mail.ru. Kuban State Technological University. Russia, 350072, Krasnodar, st. Moskovskaya, 2.

Ivanchenko, Vladimir T. PhD, Professor. Head of the Department of Architecture of Civil and Industrial Buildings and Structures. E-mail: vladimir.ivanchenko.1945@mail.ru. Kuban State Technological University. Russia, 350072, Krasnodar, st. Moskovskaya, 2

Received 12.07.2020

Для цитирования:

Гражданкин А.А., Иванченко В.Т. Уточнение солнечного климата г. Краснодара для эффективной работы солнечных панелей в жилых зданиях. Результаты исследования за 2014 – 2020 годы. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 9. С. 30–36. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-30-36

For citation:

Grazhdankin A.A., Ivanchenko V.T. Refining the solar climate of krasnodar for the effective work of solar panels in residential buildings. Research results for 2014-2020. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 9. Pp. 30–36. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-9-30-36