

УДК 621.311

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕВОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А.И. Васильев, В.Д. Кочаков

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
РФ 428015, Чувашская Республика, Чебоксары, Московский пр., 15
тел.: +7 (927) 854-55-22; e-mail: ljasha@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.005

Заключение совета рецензентов: 07.10.15 Заключение совета экспертов: 14.10.15 Принято к публикации: 23.10.15

В статье рассмотрены результаты мониторинга сетевой солнечной электростанции. Показаны результаты верификации данных по выработке энергии сетевой станцией за год на основе климатических данных (кВтч) для г. Чебоксар из базы данных NASA SSE. Сравнение с усредненными данными выработанной энергии солнечной сетевой станцией за 2012–2015 годы показало хорошую точность прогнозов.

Ключевые слова: солнечная энергетика, мониторинг солнечной станции, прогноз выработки энергии.

NETWORK SOLAR POWER PLANT OPERATING EXPERIENCE

A.I. Vasilyev, V.D. Kochakov

Chuvash State University named after I.N. Ulyanov
Moskovsky ave., 15, Cheboksary, Chuvash Republic, 428015 Russian Federation
ph.: +7 (927) 854-55-22, e-mail: ljasha@mail.ru

doi: 10.15518/isjaee.2015.19.005

Referred 7 October 2015 Received in revised form 14 October 2015 Accepted 23 October 2015

The article describes the results of monitoring of the network solar power plant and shows the results of the data verification for solar power plant generation energy per year on the basis of climatic data (kWh) to Cheboksary from NASA SSE database and the values of the power generation. The comparison with averaged data of generated energy by network solar power station for 2012–2015 years has shown good forecast accuracy.

Keywords: solar energy, solar monitoring station, the forecast of power generation.



*Васильев Алексей Иванович
Alexey I. Vasilyev*

Сведения об авторе: инженер-исследователь кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, Sp1-углерод, полупроводники, фотоэлектроника.

Публикации: 32.

Information about the author: Research Engineer of Applied Physics and Nanotechnology department, The Chuvash State University named by I.N. Ulyanov.

Education: The Chuvash State University named by I.N. Ulyanov.

Research area: renewable energy, linear-chain carbon, semiconductors, photovoltaics.

Publications: 32.



Кочаков Валерий Данилович
Valery D. Kochakov

Сведения об авторе: канд. техн. наук, профессор кафедры прикладной физики и нанотехнологий Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова, член-корреспондент Академии электротехнических наук ЧР.

Образование: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова.

Область научных интересов: возобновляемые источники энергии, нанотехнологии, металлоуглеродные пленочные системы на основе углерода в состоянии Sp¹, фотовольтаика.

Публикации: более 90.

Information about the author: PhD (engineering), professor of Applied Physics and Nanotechnology department, Chuvash State University named after I.N. Ulyanova, a member of the Academy of Sciences of electrical the Chuvash Republic.

Education: Chuvash State University named after I.N. Ulyanova.

Research area: renewable energy, nanotechnology, metal-carbon film systems based on carbon in a state of Sp¹, photovoltaics.

Publications: more than 90.

Введение

В рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» ФТИ им. А.Ф. Иоффе совместно с ЗАО «РОТЕК» и с привлечением ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А.Ф. Иоффе» на крыше Чувашского государственного университета им. И.Н. Ульянова смонтирована пилотная солнечная электростанция с модулями на основе тонкопленочного аморфного кремния с расчетной мощностью 2 кВт. Панели станции изготовлены фирмой PRAMAC (Италия) на основе микроаморфной технологии, разработанной швейцарской компанией Oerlikon Solar.

Запуск сетевой энергоустановки в ЧГУ состоялся в конце сентября 2012 г. С этого момента проводился мониторинг, некоторые результаты которого представлены в данной статье.

Сетевая солнечная энергоустановка

Установленная на крыше одного из корпусов чувашского университета солнечная электроустановка включает в себя четыре блока солнечных батарей и два сетевых инвертора Sunny Boy 1200. Блок состоит из четырех последовательно соединенных солнечных фотоэлектрических панелей мощностью 125 Вт. Таким образом, станция состоит из двух блоков, каждый мощностью один киловатт, работающих параллельно. Это дает возможность вести сравнительный анализ влияния осадков (пыль изморозь, снег) на величину выработки электроэнергии. В качестве примера на рисунке 1 приведен случай, когда один блок панелей (нижний) очищен от изморози, а другой (верхний) покрыт изморозью.



Рис. 1. Пример эксперимента по исследованию влияния осадков в виде изморози на выработку электроэнергии
Fig. 1. The example of experiment on the influence of precipitation in the form of frost on the electricity generation



Проведенные 17 декабря 2012 года в 11 часов 15 минут измерения показали, что нижний блок модулей вырабатывал в то время 237 Вт, а верхний – 213 Вт. Таким образом, изморозь незначительно уменьшает выработку электроэнергии.

Солнечная станция содержит систему сбора цифровых данных на основе программируемых кон-

троллеров CP6700, выпускаемых СКБ ПСИС (г. Чебоксары). Для учета количества выработанной энергии СЭУ-С (сетевая солнечная энергоустановка) и количества энергии сброшенной в сеть были дополнительно поставлены два счетчика «Меркурий 200». Схема подключения показана на рисунке 2.

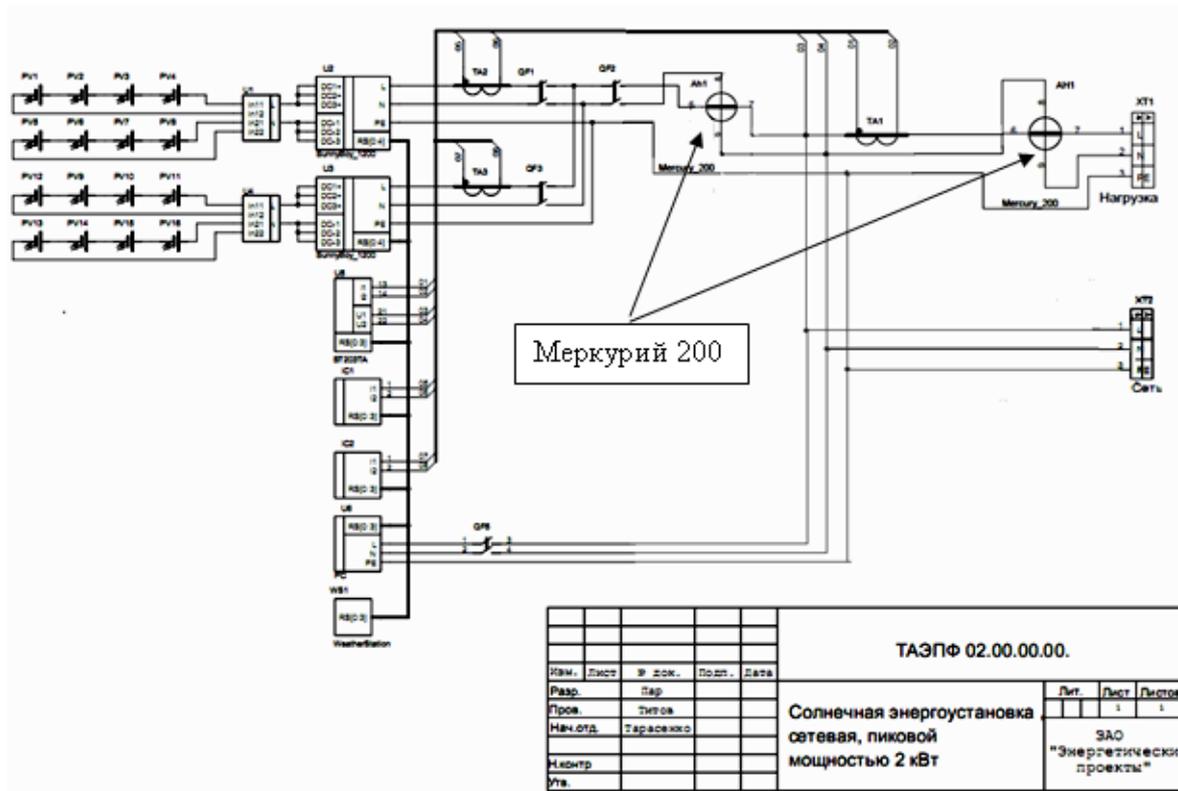


Рис. 2. Схема сетевой солнечной энергоустановки пиковой мощностью 2 кВт
Fig. 2. Diagram of the network solar power plant with peak power 2 kW

Первый счетчик учитывает выработанную станцией СЭУ-С электроэнергию от солнца, второй – электроэнергию, взятую от сети, в случае недостатка или отсутствия солнечной генерации.

Результаты эксплуатации станции

Прогнозирование выработки энергии сетевой фотоэлектрической станцией является, наряду с учетом капитальных затрат, одной из важнейших составляющих оценки экономической целесообразности строительства фотоэлектрических станций. Основой для подобных оценок служат результаты многолетних климатических наблюдений, однако в настоящее время покрытие территории России сетью наземных метеостанций недостаточно для получения адекватной информации о приходе солнечной радиации в любой точке страны. Поскольку при прогнозных

расчетах выработки энергии использовались данные NASA [1], объективно необходимым стало проведение верификации этих данных для условий г. Чебоксар. В регионе имеется только 3 актинометрические станции, ведущие непрерывные многолетние измерения энергетических характеристик падающей солнечной радиации, причем ближайшей к Чебоксарам является станция в Нижнем Новгороде [2]. Небольшое расстояние между городами (порядка 240 км), одинаковая широта точек (56°с.ш.) позволяют провести сравнения по данным нижегородской актинометрической станции, поэтому прогноз выработки энергии сетевой станцией за год на основе климатических данных (кВтч) для Чебоксар взят из работы [3] и представлен в таблице 1.

Таблица 1

Прогноз выработки энергии сетевой солнечной станцией за год

Table 1

Forecast for power generation of network solar power plant per year

Месяц года	Угол наклона, deg		
	41	56	77
Январь	61	67	69
Февраль	94	100	100
Март	166	167	161
Апрель	216	207	189
Май	252	231	204
Июнь	234	211	184
Июль	263	238	209
Август	203	191	171
Сентябрь	144	142	133
Октябрь	84	87	86
Ноябрь	62	68	69
Декабрь	50	56	58
Итого за год	1831	1765	1631

Из таблицы следует, что при наклоне солнечных панелей под углом 41 градус за год в Чебоксарах можно ожидать выработку электроэнергии в количестве 1 831 кВт·ч.

Данные мониторинга за все время наблюдений по месяцам показаны на рисунке 3. Эти данные получены по показаниям электросчетчиков.

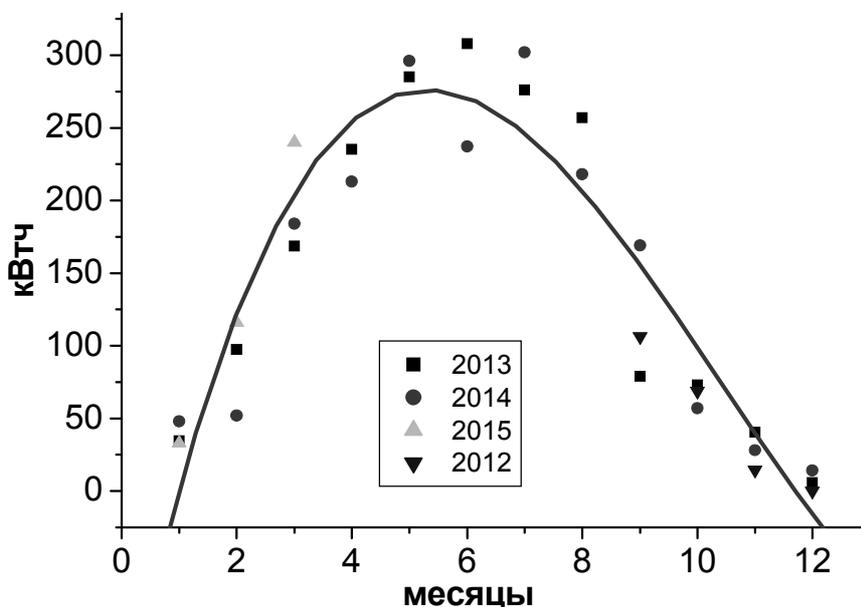


Рис. 3. Статистически усредненная максимальная выработка в год
Fig. 3. Statistically averaged maximum energy production per year



Интегральная величина выработки электроэнергии за год составляет 1 840 кВт·ч, что совпадает с приведенным выше прогнозом. Следует обратить внимание на отсутствие симметрии статистической кривой выработки электроэнергии по месяцам. Объяснение данному факту приведено на рисунке 4, где показаны

диаграммы выработки электроэнергии за осенние месяцы октябрь-ноябрь и за весенние месяцы март-апрель. Очевидно, что в весенние месяцы количество солнечных дней больше по сравнению с осенними месяцами.

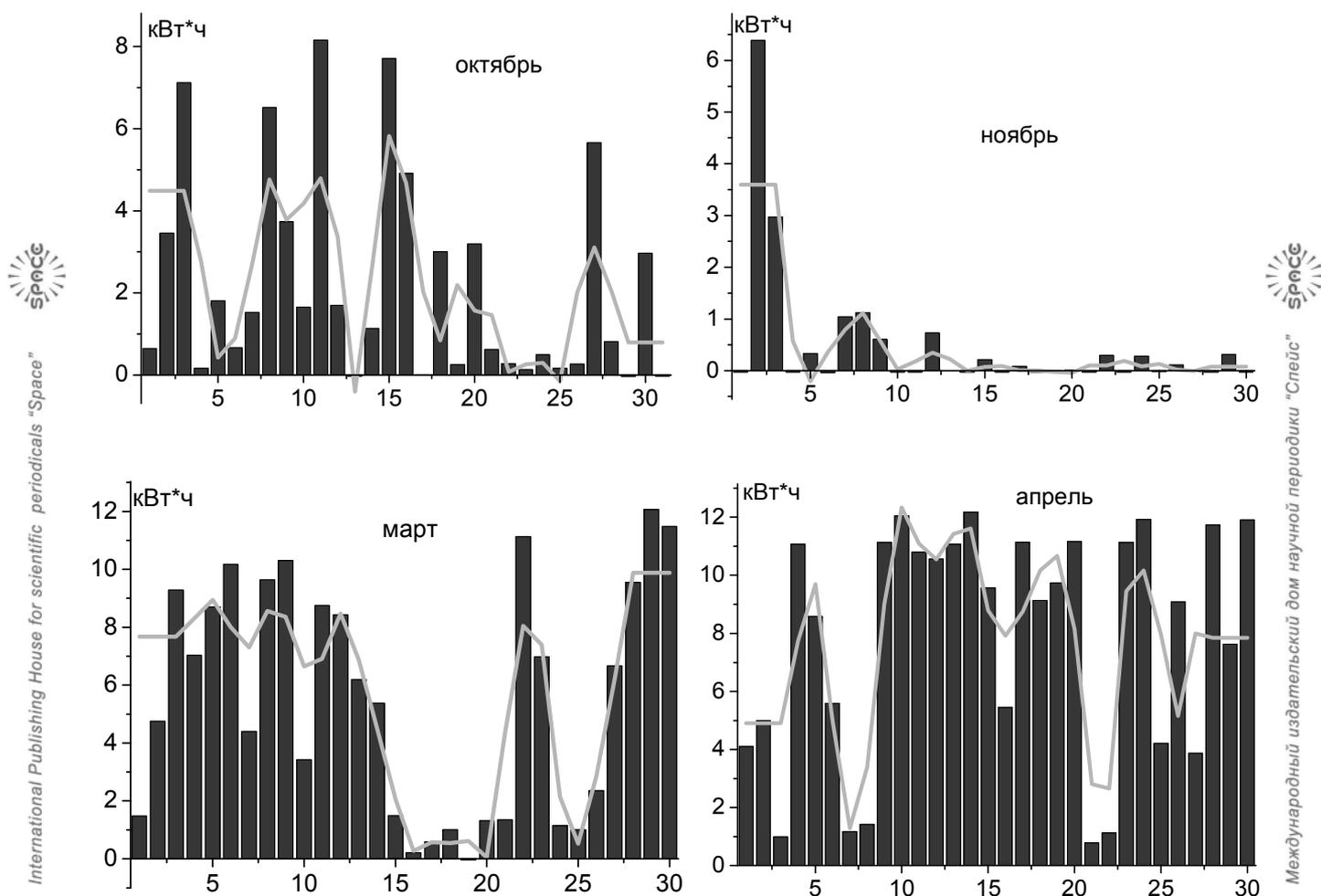


Рис. 4. Диаграммы выработки энергии за октябрь-ноябрь и за март-апрель
 Fig. 4. Diagrams of generation energy for the October-November and March-April

При эксплуатации станции были выявлены особенности солнечных панелей, изготовленных по технологии фирмы Oerlikon: коэффициент преобразования в пасмурную погоду несколько больше, чем в солнеч-

ную. На рисунке 5 показана зависимость выработанной электроэнергии от солнечной радиации. Коэффициент преобразования определяется углом наклона прямых на графике в координатах кВт – Вт/м².

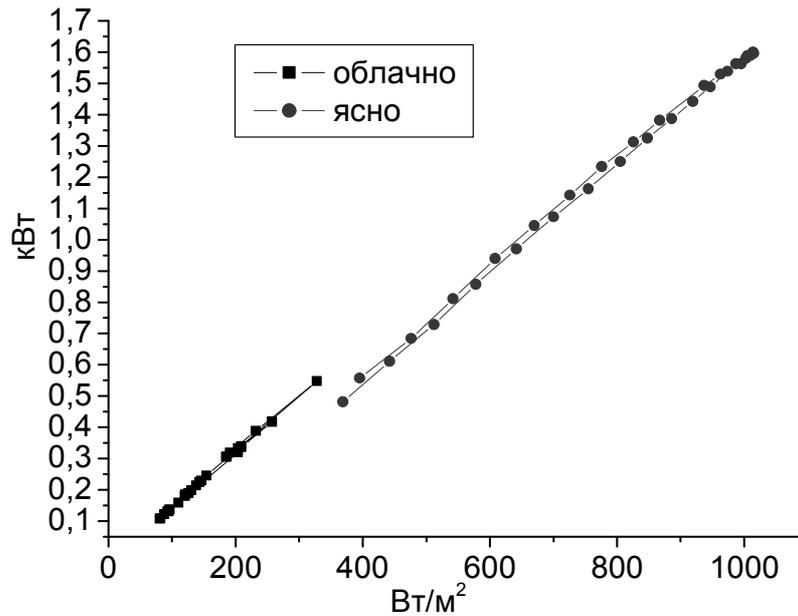


Рис. 5. Зависимость выработанной электроэнергии от солнечной радиации
Fig. 5. The dependence of power generation on solar radiation

Информация, представленная на рисунке 5, подтверждает тот факт, что поликристаллические батареи хорошо поглощают не только прямые солнечные лучи, но и рассеянный свет.

Заключение

Исходя из трехлетнего (2012–2015 гг.) мониторинга экспериментальной сетевой солнечной электростанции Чувашского госуниверситета пиковой мощностью 2 кВт найдена интегральная усредненная величина выработанной электроэнергии, которая составила 1 840 кВт·ч. Это значение хорошо согласуется со значением, полученным исходя из прогноза данных системы NASA (1 831 кВт·ч). Было показано, что для проведения сравнительного анализа целесообразно проводить научный мониторинг на двух независимых станциях.

Список литературы

1. Surface meteorology and Solar Energy. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1–6. Вып. 28. Л.: Гидрометеоздат, 1992.

3. Бобыль А.В., Киселева С.В., Кочаков В.Д., Орехов Д.Л., Тарасенко А.Б., Терукова Е.Е. Технико-экономические аспекты сетевой солнечной энергетики в России // Журнал технической физики. 2014. Т. 84, Вып. 4. С. 86–93.

References

1. Surface meteorology and Solar Energy. Available at: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> (in Eng.).

2. Nauchno-prikladnoj spravocnik po klimatu USSR. Ser. 3. part 1–6, iss. 28. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1992 (in Russ.).

3. Bobyl' A.V., Kiseleva S.V., Kochakov V.D., Orekhov D.L., Tarasenko A.B., Terukova E.E. Tehniko-ekonomičeskie aspekty setevoj solnečnoj ènergetiki v Rossii. *Žurnal tehničeskoj fiziki*, 2014, vol. 84, iss. 4, pp. 86–93 (in Russ.).

Транслитерация по ISO 9:1995