

УДК 621.311.25, 621.311.21

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ф. Р. Исмагилов¹, Б. М. Гайсин², Б. Н. Шарифов³,
Л. Р. Загитова⁴, Д. И. Газутдинов⁵

¹ifr@ugatu.ac.ru, ²GB9688@yandex.ru, ³energetik_tty@mail.ru, ⁴liana1206@mail.ru, ⁵madeinrussiaufa@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 30.03.2018

Аннотация. Проанализированы перспективы применения солнечной электроэнергетики в различных регионах России. Произведена оценка эффективности преобразования солнечного излучения в электрическую энергию для городов: Астрахань, Владивосток, Горно-Алтайск, Махачкала, Санкт-Петербург, Уфа, Якутск. По итогам годового исследования выполнен анализ эффективности применения фотоэлектрических модулей, изготовленных по различным технологиям. В результате исследования получены характеристики для различных городов и регионов РФ по следующим параметрам: температура окружающей среды, величина солнечного излучения, эффективность преобразования солнечной инсоляции, удельная выработка электроэнергии из солнечного излучения.

Ключевые слова: автономные солнечные электростанции; автономные источники электроэнергии; солнечная энергетика; фотоэлектрические модули; возобновляемые источники электроэнергии.

ВВЕДЕНИЕ

Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии считается одним из наиболее быстро развивающихся в мире направлений использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В настоящее время общая мощность установленных солнечных фотоэлектрических систем составляет свыше 38 ГВт. Годовые темпы подъема за последние 5 лет составляют 30%. Лидируют Китай (10 ГВт), Япония (9,7 ГВт), США (6,2 ГВт), Великобритания (2,4 ГВт) Германия (1,9 ГВт) [1].

Россия располагает колоссальным потенциалом практически по всем ВИЭ, в том числе по фотовольтаике. В России есть довольно много регионов, в которых среднегодовая величина солнечной инсоляции составляет 4–5 кВт·ч на 1 м² в сутки (этот

показатель соизмерим с югом Германии и севером Испании – странами лидерами по внедрению фотоэлектрических систем).

По данным официальной статистики, представленной Институтом энергетической стратегии, совокупный потенциал солнечной энергии составляет 2300 млрд т.у.т., технический потенциал – 2300 млн т.у.т. (это в 2 раза превышает суммарное энергопотребление по стране) и экономический – 12,5 млн т.у.т. [2].

Эти данные опровергают существующие мнения о недостаточном потенциале российской солнечной энергетике и нецелесообразности ее развития в России. Необходимо отметить, что высокий уровень инсоляции в России наблюдается не только на Северном Кавказе, но еще и на Дальнем Востоке, а также юге Сибири (рис. 1).



Рис. 1. Уровень солнечной инсоляции в зависимости от региона РФ

В связи с этим целью настоящей работы является оценка и анализ эффективности применения солнечных фотоэлектрических установок в климатических и географических условиях на территории Российской Федерации (РФ).

ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование производилось в «Уфимском государственном авиационном техническом университете» (УГАТУ) на базе тестовых фотоэлектрических систем (ТФЭС), которые разработаны и изготовлены ООО «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике при ФТИ им. А. Ф. Иоффе», г. Санкт-Петербург, по заказу ООО «Хевел» [3–6]. ТФЭС предназначена для проведения испытаний фотоэлектрических модулей (ФЭМ) в условиях реальной освещенности и климатических условий в 7 регионах РФ: Астрахань, Владивосток, Горно-Алтайск, Махачкала, Санкт-Петербург, Уфа, Якутск.

Объектами исследования являются два ФЭМ, изготовленные по различным технологиям. Тонкопленочный ФЭМ (Primaluce), выполненный на основе аморфного и микрокристаллического кремния, имеет толщину активных слоев не более 1,5 мкм. Второй ФЭМ (TCM-210SB) выполнен на основе пластин кристаллического кремния и имеет толщину активного слоя не менее 180 мкм, что обеспечивает максимальный коэффициент преобразования световой

энергии в электрическую. Основные эксплуатационные характеристики ФЭМ приведены в табл. 1.

Таблица 1
Основные эксплуатационные характеристики ФЭМ

Параметр	Primaluce (ООО «Хевел»)	TCM-210SB
Номинальная мощность	125 Вт	223 Вт
Напряжение холостого хода	71 В	44 В
Рабочее напряжение	56 В	38 В
Рабочий ток	2,23 А	5,87 А
КПД	8,74%	17,34%
Площадь поверхности	1,43 м ²	1,286 м ²
Масса	20 кг	15 кг

Система мониторинга ТФЭС построена на базе электронного регистратора «Параграф PL2», который обеспечивает круглосуточный сбор и хранение данных по параметрам: вырабатываемой мощности, температуре, уровню солнечной инсоляции, а также обеспечивает доступ к этим данным посредством подключения к сети Internet. Отбор энергии от фотоэлектрических модулей обеспечивается системой, состоящей из контроллера заряда EPSolar Tracer MPPT 2210 с удержанием точки максимальной мощности ФЭМ, аккумулятора и электриче-

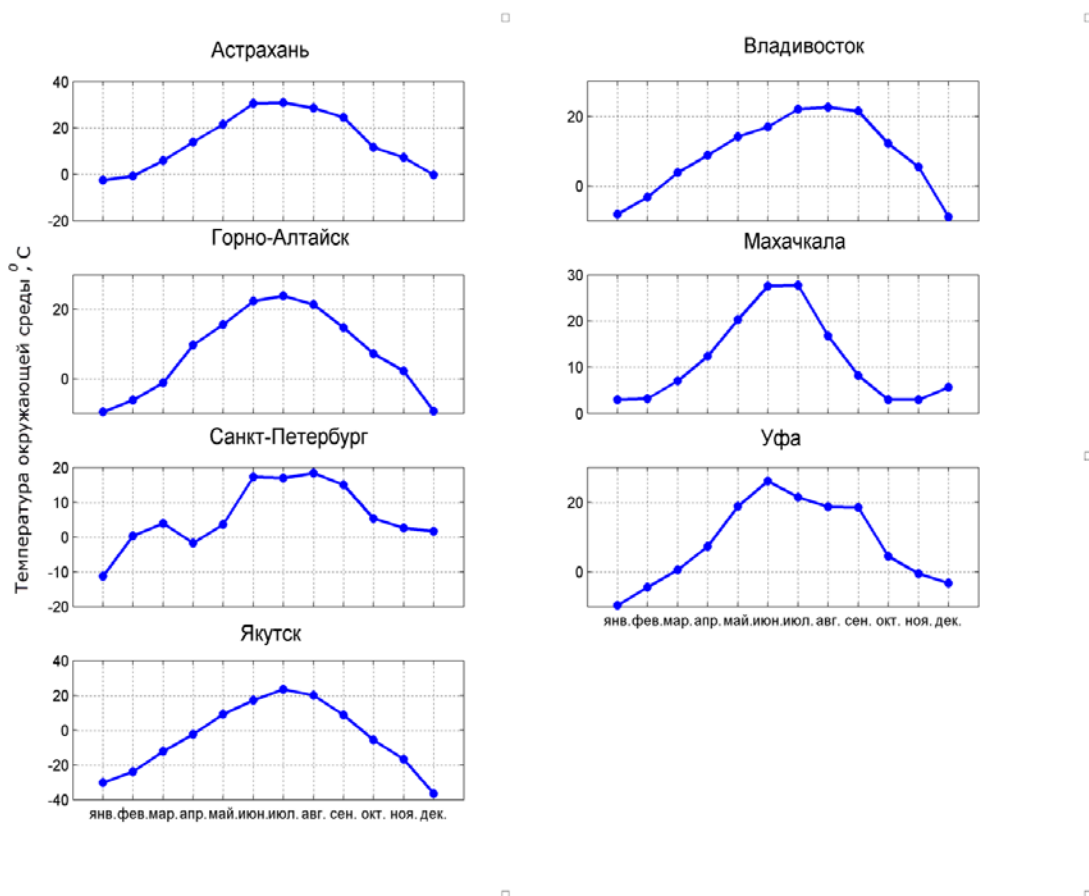


Рис. 2. Средние значения температуры окружающей среды в точках мониторинга ($^{\circ}\text{C}$) за 2015 г.

ской нагрузки. Система позволяет производить круглосуточное изменение характеристик ФЭМ, работающих в естественных условиях.

На основе полученных данных произведен анализ эффективности работы и сравнение энергетических показателей для рассматриваемых ФЭМ, а также сравнение климатических условий по регионам РФ за период с января по декабрь 2015 г.

В ходе эксперимента произведены измерения среднедневной температуры окружающей среды по 7 регионам РФ (рис. 2).

В климатических условиях Якутска среднедневное значение температуры в зимний период мониторинга колеблется от -10°C до -40°C . Летом значение температуры изменяется в пределах от $+15^{\circ}\text{C}$ до $+32^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура окружающей среды в Якутске составляет $-3,96^{\circ}\text{C}$. Значение среднедневной температуры в Астрахани изменяется в диапазоне от -1°C

(январь 2015 г.) до $+32^{\circ}\text{C}$ (июль 2015 г.). Для Астрахани среднегодовая температура составляет $+14,34^{\circ}\text{C}$. Далее по остальным регионам РФ значения температуры окружающей среды составляют: Владивосток от -8°C (январь 2015 г.) до 22°C (июль 2015 г.), среднегодовая температура $+8,9^{\circ}\text{C}$; Горно-Алтайск от -9°C (январь 2015 г.) до $+24^{\circ}\text{C}$ (июль 2015 г.), среднегодовая температура $+7,6^{\circ}\text{C}$; Махачкала от $+7^{\circ}\text{C}$ (январь 2015 г.) до $+27^{\circ}\text{C}$ (июль 2015 г.), среднегодовая температура $+11,4^{\circ}\text{C}$, Санкт-Петербург от -11°C (январь 2015 г.) до $+18,4^{\circ}\text{C}$ (июль 2015 г.), среднегодовая температура $+6^{\circ}\text{C}$, Уфа от -9°C (январь 2015 г.) до $+26^{\circ}\text{C}$ (июль 2015 г.), среднегодовая температура $+8,2^{\circ}\text{C}$.

В рамках исследования произведены измерения показателей солнечной инсоляции для регионов РФ и их сравнение с табличными данными по базам данных «NASA» [7] (табл. 2).

Таблица 2

Среднемесячный уровень солнечной инсоляции, кВт*ч/м²

Мес	Астрахань		Владивосток		Горно-Алтайск		Махачкала		Санкт-Петербург		Уфа		Якутск	
	ТФЭС	NASA	ТФЭС	NASA	ТФЭС	NASA	ТФЭС	NASA	ТФЭС	NASA	ТФЭС	NASA	ТФЭС	NASA
1	2,05	2,13	3,97	2,35	1,48	1,21	2,21	1,77	0,63	0,43	1,47	0,79	0,24	0,36
2	3,18	3,36	4,72	3,41	2,59	2,15	2,56	2,5	0,62	1,19	2,38	1,62	2,77	1,37
3	5,03	4,93	4,92	4,45	3,7	3,58	2,61	3,37	2,9	2,46	5,69	3,08	4,53	3,34
4	5,84	6,39	5,1	5,01	5,66	4,53	4,87	4,3	3,42	2,92	4,6	4,49	6,05	5,75
5	5,87	7,42	4,2	5,31	5,96	5,46	5,4	5,09	4,86	5,2	5,04	5,32	5,71	7,67
6	7,19	7,73	3,43	5,36	6,55	5,87	6,28	5,56	5,98	5,59	6,52	5,64	5,54	7,35
7	7,15	7,55	4,1	4,55	5,88	5,67	6,02	5,45	4,9	5,3	4,79	5,57	6,3	7,68
8	7,1	6,55	2,71	4,3	5,58	4,98	5,39	4,81	4,14	4,23	4,44	4,3	4,97	5,99
9	5,84	5,29	5,29	4,09	4,24	3,59	5,78	4,03	2,67	2,62	4,64	2,91	4,55	3,81
10	4,65	3,57	4,57	3,27	2,3	2,25	2,53	2,97	2,34	1,31	1,49	1,5	1,85	1,9
11	3,18	2,31	3,24	2,33	1,31	1,33	3,16	1,93	0,45	0,56	0,78	0,92	1,21	0,56
12	1,35	1,77	3,22	1,98	1,09	0,89	1,88	1,48	0,35	0,26	0,48	0,66	0,11	0,17
Ср. за год	4,86	4,92	4,12	3,86	3,94	3,46	3,99	3,61	2,77	2,67	3,52	3,1	3,65	3,83

Базы данных «NASA» выдают средние значения уровня солнечной инсоляции за период с 1983 г. по 2005 г. В среднем отклонение измеренных величин ТФЭС от табличных данных «NASA» не превышает 13% по среднедневному значению. Отклонение измеренных величин от табличных в меньшую сторону связано с наличием осадков и облачностью.

Количество солнечной инсоляции, получаемой земной поверхностью за сутки, зависит от широты и времени года. Зависимость поступления солнечного излучения от широты наиболее ясно прослеживается зимой. Анализ таблицы показывает, что максимальные значения солнечной инсоляции наблюдаются на низких широтах (Астрахань, Владивосток, Махачкала, Горно-Алтайск). По мере увеличения географической широты величина солнечной инсоляции убывает (Уфа, Якутск, Санкт-Петербург). Летом с увеличением широты увеличивается продолжительность дня и прозрачность атмосферы, что повышает количество как прямой, так и суммарной ве-

личины солнечного излучения. Значительное возрастание суммарного солнечного излучения наблюдается в марте. Это происходит из-за увеличения угла падения солнечных лучей, а также роста продолжительности дня и уменьшения облачности. Анализ полученных данных показал, что минимальный показатель уровня солнечной инсоляции зафиксирован в Санкт-Петербурге (0,63 кВт*ч/м², январь 2015 г.), а максимальный – в Астрахани (7,15 кВт*ч/м², июль 2015 г.).

Также для исследуемых ФЭМ произведен анализ и сравнение эффективности преобразования солнечного излучения в электрическую энергию за период с января по декабрь 2015 г. (рис. 3). Анализ рисунка показывает, что эффективность преобразования для ФЭМ Ргамас изменяется в диапазоне от 0,08% (Якутск, январь 2015 г.) до 7,74% (Владивосток, июнь 2015 г.). Для ФЭМ ТСМ-210SB эффективность преобразования колеблется в диапазоне от 0,43% (Санкт-Петербург, январь 2015 г.) до 20,56% (Владивосток, январь 2015 г.).

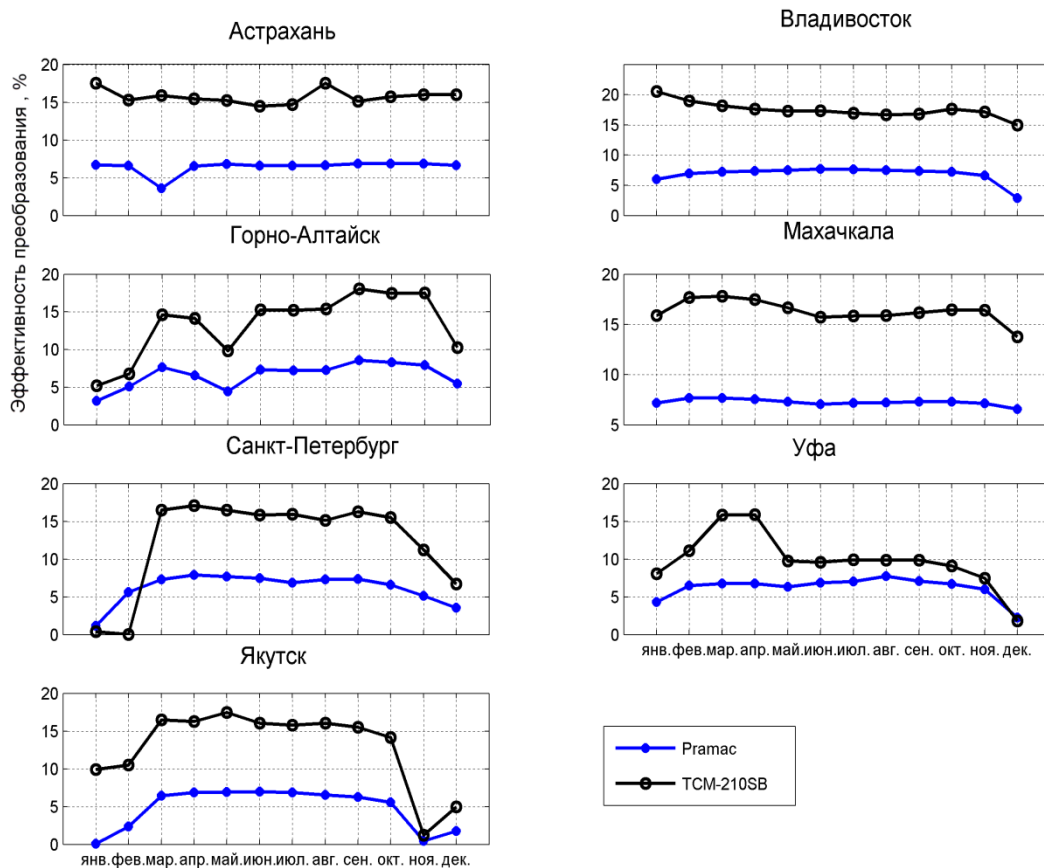


Рис. 3. Эффективность преобразования солнечного излучения в электрическую энергию по месяцам

Эффективность преобразования для юго-восточной части (Владивосток) и юго-западной части РФ (Астрахань, Махачкала) увеличивается до максимума в зимне-весенний период. Для ФЭМ Pramac данные значения составляют 6,02–7,5%, а для ФЭМ TCM-210SB 15,26–20,56%. В летний период эффективность преобразования изменяется в диапазоне 6,61–7,05% для ФЭМ Pramac и 14,5–18,08% для ФЭМ TCM-210SB. В осенний период по мере уменьшения температуры зафиксировано небольшое увеличение эффективности преобразования солнечной энергии ФЭМ.

В условиях южной части Сибири (Горно-Алтайск) эффективность преобразования для ФЭМ Pramac колеблется в пределах от 3,02% (январь 2015 г.) до 8,7% (сентябрь 2015 г.), а для ФЭМ TCM-210SB – от 5,02% (январь 2015 г.) до 18,08% (сентябрь 2015 г.). Максимум эффективности преобразования ФЭМ наблюдается в осенний пе-

риод мониторинга 17,5% для ФЭМ TCM-210SB и 8% для ФЭМ Pramac. Зимой эффективность преобразования для ФЭМ Pramac уменьшается до 3–5%, для ФЭМ TCM-210SB – до 5–10%. Это объясняется возможным увеличением количества облачных и дождливых дней, что характерно для климата Горно-Алтайска, и наличием снега и льда на поверхности ФЭМ. Весной наблюдается значительное возрастание эффективности преобразования ФЭМ до 7,5% для ФЭМ Pramac, 14,5% для ФЭМ TCM-210SB. Летом эффективность преобразования ФЭМ находится на уровне 7,5% для ФЭМ Pramac и 15% для ФЭМ TCM-210SB.

В климатических условиях Уфы средние значения эффективности преобразования тонкопленочного ФЭМ в летние месяцы находились в диапазоне 6–7,7%, а зимой – 2–6%, при этом среднее значение за год составило 6,19%. Средние значения эффективности преобразования для ФЭМ на ос-

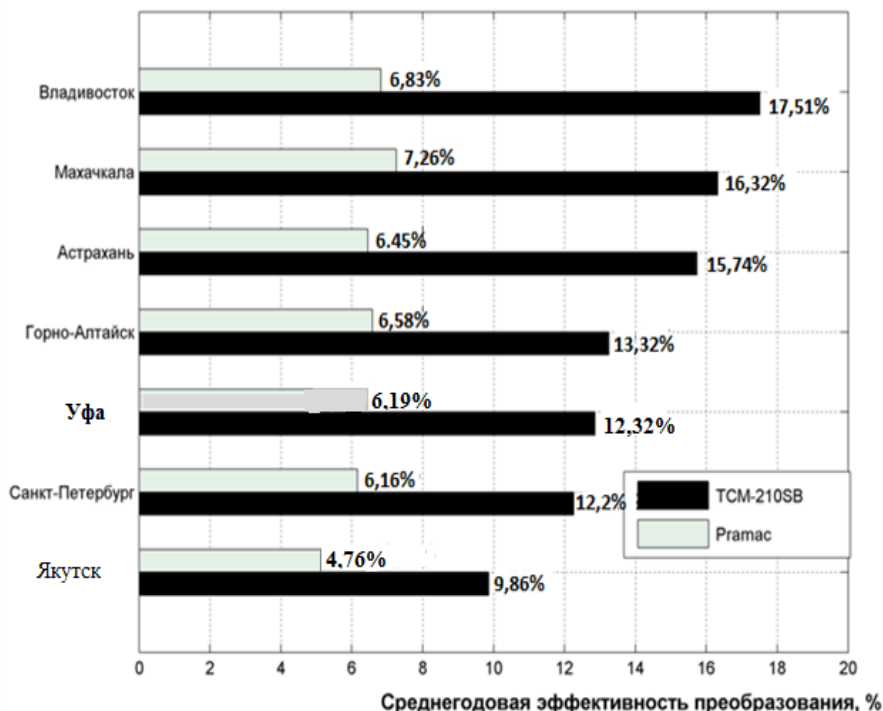


Рис. 4. Среднегодовая эффективность преобразования солнечного излучения в электрическую энергию

нове пластин кристаллического кремния составило 9,86%, в летнее время зафиксировано изменение эффективности преобразования в пределах 9,5–9,8%. Зимой данный показатель находится в диапазоне 2–7%. Необходимо отметить, что, начиная с мая 2015 г., в связи с выгоранием металлических контактов и частичной закороткой металлических контактов ФЭМ TCM-210SB было зафиксировано снижение показателей эффективности на 40% от номинального значения (17,34%). При этом в других городах мониторинга по России ФЭМ TCM-210SB работает исправно, что дает возможность предположить наличие брака для данного конкретного модуля. Более подробный анализ эффективности применения ФЭМ для климатических условий средней полосы РФ проведен в работах [3, 5, 6].

В климатических условиях северо-востока РФ (Якутск) эффективность преобразования в летний период мониторинга для ФЭМ находилась в диапазоне 6,3–6,9%, зимой данный показатель находится в диапазоне 1–2%. Для ФЭМ TCM-210SB зафиксировано изменение эффективности преобразования в пределах 15–17% летом и 5–10% зимой. Среднегодовое значение эффектив-

ности преобразования для ФЭМ Pramac составляет 4,76%.

Также выполнен анализ показателей эффективности преобразования в условиях северо-западной части РФ (Санкт-Петербург). В летний период значения эффективности преобразования для ФЭМ Pramac составили 7–7,7%, а для ФЭМ TCM-210SB изменялись в диапазоне 16–17%. Зимой эффективность преобразования для ФЭМ Pramac находилась в диапазоне 1,2–6%, а для ФЭМ TCM-210SB 0,5–7%.

Для ФЭМ Pramac значения эффективности преобразования изменялись в диапазоне от 1,2% до 7,46% при среднем значении за весь период мониторинга 6,16%. Для солнечной панели TCM-210SB значения удельной энерговыработки находились в диапазоне от 0,5% до 16% при среднем значении за весь период мониторинга 12,26%.

Анализ изменения среднегодовой эффективности преобразования солнечного излучения в электрическую энергию для исследуемых ФЭМ приведен на рис. 4, где показано, что среднегодовая эффективность преобразования для ФЭМ Pramac находится в диапазоне 0,6 (Якутск) до 0,85 (Владивосток), при этом среднее значение для всех

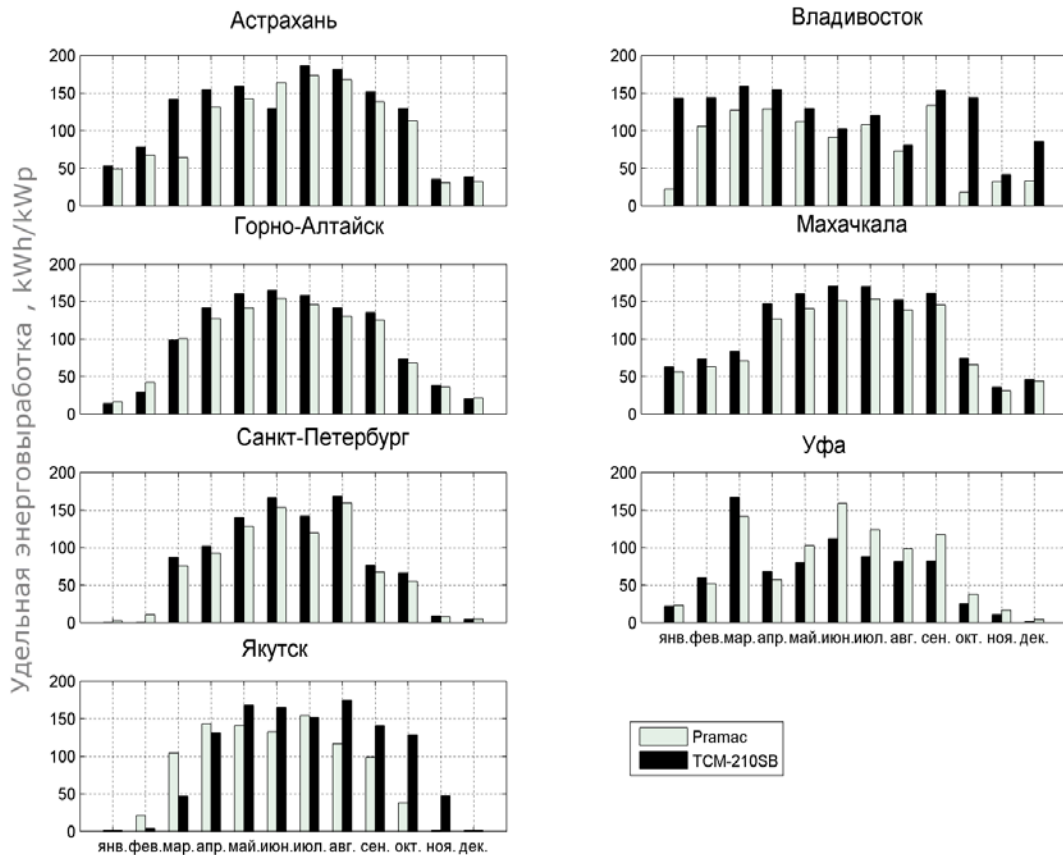


Рис. 5. Удельная энерговыработка по месяцам

регионов составляет 0,81 от номинального значения. Для ФЭМ TCM-210SB данный показатель изменяется от 0,7 (Санкт-Петербург) до 1,01 (Владивосток) при среднегодовом значении 0,81 от номинального значения.

В ходе эксперимента также произведен анализ показателей удельной энерговыработки для исследуемых ФЭМ в период с января по декабрь 2015 г. (рис. 5).

Удельная энерговыработка в климатических условиях юго-западной части РФ (Астрахань, Махачкала) изменяется в пределах от 32 (январь 2015 г.) до 172 (июль 2015 г.) при среднегодовом значении 105,94 для тонкопленочного ФЭМ. Величина удельной энерговыработки для ФЭМ на основе кристаллического кремния колеблется в диапазоне от 38 (январь 2015 г.) до 186 (июль 2015 г.), при этом среднегодовое значение удельной энерговыработки для данного ФЭМ составляет 119. Летом значение удельной энерговыработки для ФЭМ Pramac составляет 128–186, а для ФЭМ

TCM-210SB изменяется в диапазоне 163–172. Зимой удельная энерговыработка для ФЭМ Pramac находится в диапазоне 32–64, а для ФЭМ TCM-210SB – 52–71.

Величина удельной энерговыработки в климатических условиях Владивостока изменяется от 21 (январь 2015 г.) до 108 (июнь 2015 г.) для ФЭМ Pramac, а для ФЭМ TCM-210SB от 80 (июль 2015 г.) до 153 (август 2015 г.). Среднегодовое значение удельной энерговыработки составляет 81 для ФЭМ Pramac, 121 для ФЭМ TCM-210SB.

Удельная энерговыработка в климатических условиях Горно-Алтайска изменяется в диапазоне от 16,34 (январь 2015 г.) до 154 (июнь 2015 г.), при среднегодовом значении 81 для ФЭМ Pramac. Для ФЭМ TCM-210SB величина удельной энерговыработки меняется в диапазоне от 28 (январь 2015 г.) до 164 (май 2015 г.) при этом среднегодовое значение составляет 86.

В климатических условиях северо-западной части РФ (Санкт-Петербург) сред-

ние значения удельной энерговыработки для ФЭМ Pramac составили 67, а для ФЭМ TSM-210SB 73. Зимой эффективность преобразования для ФЭМ Pramac находилась в диапазоне 4–10, а для ФЭМ TSM-210SB 0,5–4 соответственно. Летом средние значения удельной энерговыработки изменились от 128 (май 2015 г.) до 160 (июль 2015 г.) для ФЭМ Pramac, а для ФЭМ TSM-210SB от 140 (май 2015 г.) до 166 (июнь 2015 г.).

Среднее значение удельной энерговыработки в условиях Уфы для ФЭМ Pramac находится в диапазоне 72–75, а для ФЭМ TSM-210SB в пределах 79–81. Зимой зафиксировано изменение удельной энерговыработки для тонкопленочного ФЭМ в диапазоне 10–21, а для ФЭМ на основе кристаллического кремния в пределах 20–32. В летний период мониторинга установлен максимум по удельной энерговыработке для ФЭМ Pramac 153 (июнь 2015 г.), а для ФЭМ TSM-210SB 163 (июнь 2015 г.). Летом удельная энерговыработка колеблется в пределах 100–153 для ФЭМ Pramac, для ФЭМ TSM-210SB в диапазоне 130–165.

Несмотря на суровую холодную погоду в северо-восточной части РФ (Якутск), энергетические показатели ФЭМ ничем не уступают другим регионам. В климатических условиях Якутска летом величина удельной энерговыработки для ФЭМ Pramac достигает 153 (июль 2015 г.), а для ФЭМ TSM-210SB 165 (июль 2015 г.). Зимой наблюдается изменение удельной энерговыработки для ФЭМ Pramac в пределах 6–8, а для ФЭМ TSM-210SB 5–9. Среднегодовое значение удельной энерговыработки для тонкопленочного ФЭМ составляет 71, а для ФЭМ TSM-210SB 81.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ распределения интенсивности солнечной инсоляции на территории РФ позволяет сделать следующие выводы:

1. Исследование выполнено по данным на 2015 г., при этом, несмотря на периодически происходящие климатические изменения, влияющие на количество солнечных дней в году, полученные значения позволяют прогнозировать эффективность приме-

нения ФЭМ при строительстве солнечных электростанций на территории РФ.

2. Максимальные значения солнечной инсоляции наблюдаются на низких широтах 51,96°–42,97° (Астрахань, Владивосток, Махачкала, Горно-Алтайск). По мере увеличения широты местности величина солнечной инсоляции убывает (Уфа, Якутск, Санкт-Петербург).

3 Среднемесячный уровень солнечной инсоляции [кВт*ч/М2] для исследуемых годов составляет: Астрахань – 4,86; Владивосток – 4,12; Горно-Алтайск – 3,94; Махачкала – 3,99; Санкт-Петербург – 2,75; Уфа – 3,52; Якутск – 3,65.

4. Потенциал использования солнечной энергии очень велик, наиболее благоприятными являются направления РФ: юго-запад (Астрахань, Махачкала) в рамках широт 42,97–46,34 и юго-восточные направления страны (Владивосток, Горно-Алтайск) в пределах широт 43,105–51,96.

5. В рамках исследования установлено, что для климатических условий РФ в зависимости от погодных условий коэффициент полезного действия ФЭМ TSM-210SB и Pramac находится в диапазоне от 60% до 85% от номинальных значений, указанных в паспортных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нижегородцев Р. М, Ратнер С. В. Тенденции развития промышленно освоенных технологий возобновляемой энергетики: проблема ресурсных ограничений // Теплоэнергетика. 2016, № 3. С. 43–53. [R. M. Nizhegorodtsev, S. V. Ratner, "Trends in the development of industrially developed renewable energy technologies: the problem of resource limitations", (in Russian), in *Теплоэнергетика*, no. 3, pp. 43-53, 2016.]
2. Ресурсы солнечной и ветровой энергии Чеченской Республики / И. А. Керимов [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2012, № 1. С. 302–312. [I. A. Kerimov, et. al. "Resources of solar and wind energy of the Chechen Republic", (in Russian), in *Inzhenernyj vestnik Dona*, no. 1, pp. 302-312, 2012]
3. Исследование эффективности работы солнечных фотоэлектрических установок в климатических условиях Республики Башкортостан / Ф. Р. Исмагилов [и др.] // Вестник УГАТУ. 2016. № 2. С. 111–116. [F. R. Ismagilov et. al, "Study of the efficiency of solar photovoltaic installations in the climatic conditions of the Republic of Bashkortostan", (in Russian), in *Vestnik UGATU*, no. 2, pp. 111-116, 2016.]
4. Шарифов Б. Н., Терегулов Т. Р. Моделирование солнечной панели в программе Matlab/Simulink // Вестник УГАТУ. 2015. № 4. С. 77–83. [B. N. Sharifov, T. R. Teregulov,

"Modeling of the solar panel in the Matlab", (in Russian), in *Vestnik UGATU*, no. 4, pp. 77–83, 2015.]

5. **Исследование** характеристик автономных источников электроэнергии на основе фотоэлектрических модулей в условиях средних широт России / Ф. Р. Исмагилов [и др.] // *Электротехнические комплексы и системы*. 2015, № 1. С. 51–57. [F. R. Ismagilov et. al., "Investigation of the characteristics of autonomous electric power sources based on photoelectric modules in the mid-latitude of Russia", (in Russian), in *Elektrotehnicheskie komplekсы i sistemy*, no. 1, pp. 51-57, 2015.]

6. **Исследование** параллельной работы солнечной электростанции с сетью / Ф. Р. Исмагилов [и др.] // *Вестник УГАТУ. Электротехника*. 2016, № 4 (74). С. 71–79. [F. R. Ismagilov et. al., "Investigation of the parallel operation of a solar power station with a electric grid", (in Russian), in *Vestnik UGATU*, no. 4 (74), pp. 71–79, 2016.]

7. «NASA» – данные по метрологии и солнечной энергии. URL: <http://eosweb.larc.nasa.gov> [NASA – Metrology and solar energy data [Online]. Available: <http://eosweb.larc.nasa.gov>]

ОБ АВТОРАХ

ИСМАГИЛОВ Флор Рашитович, проф., зав. каф. электромеханики. Дипл. инж. элетромех. (УАИ, 1973). Д-р техн. наук по элементам и устройствам управления (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. электромех. преобразователей энергии.

ГАЙСИН Булат Маратович, асс. каф. электромеханики. Дипл. инж. по электроэнергетич. сист. и сетям (УГАТУ, 2010). Иссл. в обл. повышения живучести и предотвращения каскадных аварий в энергосистемах, а также в области возобновляемых источников электроэнергии.

ШАРИФОВ Бохирджон Насруллоевич, асп. каф. электромеханики. Дипл. инж.-э/мех. (Таджикс. техн. ун-т им. акад. М. С. Осими, 2012). Готовит дис. о парал. работе солн. э/станций в Республики Башкортостан.

ЗАГИТОВА Лиана Радиевна, асп. каф. электромеханики. Дипл. магистр. электроэнергетики и электротехники (УГАТУ, 2015). Иссл. в обл. электромех. преобразователей энергии.

ГАЗУТДИНОВ Денис Инарович, студент каф. электромеханики ФАВИЭТ УГАТУ.

METADATA

Title: Research of efficiency of solar photovoltaic installations in the Republic of Bashkortostan.

Authors: F. R. Ismagilov¹, B. M. Gaisin², B. N. Sharifov³, L. I. Zagitova⁴, D. I. Gazutdinov⁵

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ifr@ugatu.ac.ru, ²GB9688@ya.ru, ³energetik_tty@mail.ru, ⁴liana1206@mail.ru, ⁵madeinrussiaufa@mail.ru

Language: Russian.

Source: *Vestnik UGATU* (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 22, no. 2 (80), pp. 73-81, 2018. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: This article examines changes in the efficiency of solar energy in the climatic conditions of the Republic of Bashkortostan. The analysis of the first three years of the study the test photovoltaic plant installed at the Ufa State Aviation Technical University. The result obtained by the temperature characteristics of solar insolation, solar energy conversion efficiency, specific energy production, wind speed. Comparison of indicators of average level of solar radiation on a NASA database table data.

Key words: stand-alone solar power; autonomous sources of electricity; solar energy; photovoltaic modules; renewable energy sources.

About authors:

ISMAGILOV, Flur Rashitovich, prof., Head. cafes. electro-mechanics. Dipl. Ing. eletromeh. (AIM, 1973). Dr. Sc. Science on elements and control devices (USATU, 1998). Inst. in the region electromechanics energy converters.

GAISIN, Bulat Maratovich, assistant in the same department. Dipl. Ing. By elektroenergetich. chem. and networks (USATU 2010). Research in the area of increasing survivability and preventing cascading accidents in power systems, as well as in the field of renewable energy sources.

SHARIFOV, Bohirdzhon Nasrulloevich, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of electricalengineering.electrical engineer (Tajik Technical University, 2012).

ZAGITOVA, Liana Radievna, Postgrad. (PhD) Student in the same department. Graduated Master of Electrical Power Engineering and Electrical Engineering (UGATU, 2015). Issl. in the region. electromechanical. converters of energy.

GAZUTDINOV, Denis Inarovich, student in the same department. faculty AVIET directions of electric power engineering and electrical engineering.