

**МОНИТОРИНГ
СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ,
МЕТЕОПАРАМЕТРОВ И
ОБЛАЧНОСТИ
МЕСТНОСТИ**

**МОНИТОРИНГИ
РАДИАТСИЯИ ОФТОБ,
ПАРАМЕТРҲОИ ОБУҲАВО
ВА АБРНОКИИ МАҲАЛ**

**MONITORING
OF SOLAR RADIATION,
WEATHER PARAMETERS
AND TERRITORY CLOUD
COVER**

Салиев Малик Абдулатипович, к.тех.наук, ведущий научный сотрудник Центра инновационного развития науки и новой технологии НАН Республики Таджикистан; **Назаров Раим Рахмонович**, к.физ.-мат.наук, доцент кафедры общей физики и твердых тел; **Мирзоқобилова Фирӯза Осимовна**, старший преподаватель кафедры общей физики и твердых тел; **Юсупова Мадина Зикруллоевна**, старший преподаватель кафедры общей физики и твердых тел ГОУ “ХГУ имени акад.Б. Гафурова” (Таджикистан, Худжанд)

Салиев Малик Абдулатипович, н.и.тех., корманди пешбари илмии Маркази тараққиёти инноватсионии илм ва технологияҳои нави АМИТ; **Назаров Раим Рахмонович**, н.и.физ.-мат., дотсенти кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт; **Мирзоқобилова Фирӯза Осимовна**, сармуаллимаи кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт; **Юсупова Мадина Зикруллоевна**, сармуаллимаи кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахти МДТ “ДДХ ба номи акад. Б. Гафуров” (Тоҷикистон, Хучанд)

Saliev Malik Abdulatipovich, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Center of Innovative Development of Science and Technology of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, **E-mail:** malik.saliev@mail.ru; **Nazarov Raim Rahmonovich**, Candidate of Physics and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department General Physics and Solids, **E-mail:** raim_nazarov@mail.ru.; **Mirzokobilova Firuza Osimovna**, Senior Lecturer of the Department General Physics and Solids; **E-mail:** m_firuza_91@mail.ru; **Yusupova Madina Zikrulloevna**, Senior Lecturer of the Department General Physics and Solids, SEI “KhSU named after acad. B.Gafurov” (Tajikistan, Khujand), **E-mail:** madinahon.yusupova@mail.ru

Ключевые слова: фотоэлектрическая установка, электрическая мощность, выработка электроэнергии, температура, прозрачность атмосферы, облачность местности

В данной работе представлена солнечная фотоэлектрическая установка с информационной системой, специально созданной для исследований и мониторинга солнечной радиации, облачности местности, метеопараметров: температуры и влажности воздуха. Предложена методика количественной оценки облачности местности в суточном, недельном, месячном, годовом интервале времени на основе цифровой технологии обработки экспериментальной базы данных выходного тока и напряжения установки. Месячное уменьшение выработки электроэнергии установки из-за понижения оптической прозрачности атмосферы за счет облачности местности, тумана, смога, дождя, снега, пыли составило 58 процентов для декабря 2023 года для условий города Худжанда.

Вожаҳои калидӣ: дастгоҳи фотоэлектрӣ, тавоноии электрӣ, тавлиди нерӯи барқ, ҳарорат, шаффофияти атмосфера, абрнокӣ минтақа

Дар ин мақола дастгоҳи фотоэлектрии офтобӣ бо системаи иттилоотӣ, ки махсус барои таҳқиқ ва мониторинги радиатсияи офтоб, абрнокӣ минтақа, параметрҳои метеорологӣ: ҳарорат ва намӣ ҳаво сохта шудааст, пешниҳод карда мешавад. Усули баҳодихии миқдорӣ абрнокӣ минтақа дар фосилаҳои шабонарӯзӣ, ҳафтаина, моҳона ва солана дар асоси технологияи рақамӣ барои коркарди базаи таҷрибавӣ ҷараёни баромад ва шиддати дастгоҳ пешниҳод шудааст. Қоҳиши моҳонаи тавлиди нерӯи барқ дар дастгоҳ аз ҳисоби кам шудани шаффофияти оптикӣ атмосфера дар натиҷаи абрнокӣ, туман, борон, барф ва чанг дар моҳи декабри соли 2023 барои шароити шаҳри Хучанд 58 фоизро ташиқил дод.

Key words: photovoltaic installation, electrical power, electricity generation, temperature, atmospheric transparency, cloudiness of the area.

The given article presents a solar photovoltaic installation with an information system specially created for research and monitoring of solar radiation, cloudiness of the area, weather parameters: temperature and humidity. A technique is proposed for quantitative assessment of terrain cloudiness in daily, weekly, monthly, and annual time intervals based on digital technology for processing the experimental database of the output current and voltage of the installation. The monthly decrease in the installation's electricity generation due to a decrease in the optical transparency of the atmosphere due to cloudiness, fog, smog, rain, snow, dust amounted to 58 percent for December 2023 for the conditions of Khujand.

Анализ влияния широты местности, климатических и метеорологических факторов на энергетическую эффективность (КПД) солнечных фотоэлектрических установок (СФЭУ) проведено в фундаментальных работах [1, с.4]. КПД СФЭУ зависит также от технических факторов, размера панелей, угла установки, способа подключения к нагрузке. Использование аккумуляторных батарей и зарядных устройств приводит к дополнительным потерям, которые составляют 15-20%. Расчет выработки электроэнергии солнечных электрических станций (СЭС) в условиях Центральной Азии с учетом температуры воздуха местности по спутниковым данным проведен в работе [2], где предложено проведение пилотного экспериментального исследования СЭС. Оценка влияния суточного и сезонного колебания температуры фотоэлектрического модуля (ФЭМ) на энергетическую эффективность (КПД) солнечных установок получена на основе данных экспериментальных измерений температуры воздуха местности и ФЭМ [6]. Атмосферные явления, такие как облачность, туман, пыль, смог, дождь и снег существенно влияют на эффективность работы солнечных установок. В отдельные дни выработка электроэнергии СФЭУ уменьшается практически до нуля за счет понижения оптической прозрачности из-за атмосферных явлений. Месячная выработка уменьшается на 60% и более за счет облачности и тумана в зимние месяцы [7]. В условиях Центральной Азии за счет образования антициклона в летний период, когда вероятность облачной погоды минимальна, пылевое загрязнение атмосферы также может значительно уменьшить выработку электроэнергии. Средние месячные показатели уменьшения выработки СФЭУ за счет пыли составляют 10-15%. Выработка электроэнергии СФЭУ при пылевой буре уменьшается практически до нуля в начале поступления пыли, в период последующих дней выноса и осаждения пыли выработка уменьшается на 50-30% [8].

Анализ месячных экспериментальных данных измерений параметров работы СФЭУ: выработка электроэнергии, КПД, уменьшение выработки за счет климатических сезонных факторов приведены в [4,8]. Проведен анализ данных выработки СФЭУ для декадных и недельных интервалов для 2019, 2020 и 2021 годов [5]. Данные использованные в указанных работах [6,9] получены с помощью разработанной и созданной нами солнечной установки с информационной системой на основе микрокомпьютера для непрерывного измерения, регистрации напряжения, тока на выходе солнечных модулей, температуры модуля, температуры, давления и влажности воздуха.

В данной работе описана методика оценки влияния атмосферных явлений на работу СФЭУ, получена оценка уменьшения выработки электроэнергии установки из-за атмосферных явлений за месячный интервал времени в период зимнего минимума солнечной радиации.

Обоснование методики исследований

Методика исследований основана на непрерывном измерении тока и напряжения установки для определения выработки электроэнергии установкой за заданный суточный интервал времени.

Электрическая мощность на выходе СФЭУ P_i определяется по формуле:

$$P_i = U_i I_i \quad (1)$$

где I_i - ток, U_i - напряжение на выходе СФЭУ для i – го интервала времени.

Выработка электроэнергии W_i в заданном интервале i определяется как:

$$W_i = P_i \Delta t_i \quad (2)$$

где $\Delta t_i = 5$ мин = const является интервалом измерений.

Суточная выработка электроэнергии W_c определяется суммой W_i в интервале от 1 до $N = 288$:

$$W_c = \sum_{i=1}^N W_i \quad (3)$$

Средний месячный КПД фотоэлектрического модуля (ФЭМ) определяется:

$$\eta_m = W_m / E_m \quad (4)$$

где

$$W_m = \sum_{i=1}^M W_c \quad (5)$$

W_m – месячная выработка электроэнергии и M – число дней в месяце,

E_m – месячная сумма солнечного излучения на площади приемника.

Результаты измерений тока и напряжения на выходе СФЭУ с интервалом 5 минут хранятся в формате Excel и обрабатываются с помощью компьютера.

Средняя суточная энергетическая эффективность η_c СФЭУ определяется как отношение

$$\eta_c = W_c / E_c \quad (6)$$

где W_c – фактическая суточная выработка электроэнергии; E_c – расчетная сумма солнечного излучения на поверхности ФЭМ для данного угла места и азимута установки. Известно, что атмосферные явления, состояние приземных слоев атмосферы, её прозрачность, облачность, особенно запыленность воздуха и смог в городских условиях обычно приводят к уменьшению прозрачности атмосферы, вследствие чего уменьшается общая выработка электроэнергии СФЭУ. Например, при появлении облаков прямая компонента солнечного излучения (СИ) уменьшается или вообще отсутствует, интенсивность диффузной компоненты СИ несколько увеличивается. Однако, суммарное солнечное излучение может уменьшиться от нескольких до десятков раз. Поэтому во время прохождения облака над установкой, в кривой выходного тока СФЭУ наблюдается провал. Уменьшение суточной выработки ΔW_c за счет понижения прозрачности атмосферы равно

$$\Delta W_c = W_{cmax} - W_c \quad (7)$$

где W_c – фактическая суточная выработка электроэнергии, W_{cmax} – расчетная суточная максимальная выработка при отсутствии облачности для ясного солнечного дня.

Относительное уменьшение суточной выработки электроэнергии СФЭУ равно

$$\Delta W_c / W_{cmax} = (W_{cmax} - W_c) / W_{cmax} = 1 - W_c / W_{cmax} \quad (8)$$

При небольшой суточной выработке электроэнергии $W_c \approx 0$, следует $\Delta W_c \approx W_{cmax}$

$$\Delta W_c / W_{cmax} \approx 1 \quad (9)$$

При отсутствии облачности имеет место условие $W_c \approx W_{cmax}$ получим $\Delta W_c / W_{cmax} \approx 0$.

Таким образом, величина $\Delta W_c / W_{cmax}$ количественно дает оценку относительного уменьшения выработки электроэнергии СФЭУ за суточный интервал. Относительное уменьшение выработки электроэнергии СФЭУ также определяется для часовых, суточных, месячных и годовых интервалов времени. Для количественной оценки влияния атмосферных явлений: облачности местности, тумана, смога, пыли, дождя, снега выработки электроэнергии СФЭУ нами использовано база данных измерений выходного тока и напряжения в интервалах времени. Комплексный месячный показатель уменьшения выработки электроэнергии СФЭУ за счет атмосферных явлений определяется следующим соотношением:

$$\Delta W_m / W_{cmax} = 1 - \langle W_c \rangle / W_{cmax} \quad (10)$$

где $\Delta W_m = W_{cmax} - \langle W_c \rangle$, $\langle W_c \rangle$ - среднесуточная выработка электроэнергии за месячный интервал, W_{cmax} – суточная выработка на середину месяца для ясного дня, то есть при отсутствии облачности.

Нами предложено использование величины $\Delta W_m / W_{cmax}$ для оценки влияния атмосферных явлений на выработку электроэнергии СФЭУ для месячного и годового интервала времени.

Отношение $\Delta W_m / W_{cmax}$ показывает относительное понижение выработки электроэнергии СФЭУ от максимальной выработки в ясные дни при отсутствии облачности в течении всего месяца.

Выражение (10) можно представить в виде

$$\langle W_c \rangle / W_{cmax} = 1 - \Delta W_m / W_{cmax} \quad (11)$$

Отношение $\langle W_c \rangle / W_{cmax}$ показывает чистоту неба или относительную прозрачность атмосферы в видимой области спектра для месячного интервала времени для приемной плоскости СФЭУ, т.к. область чувствительности фотоэлектрических элементов из поликристаллического кремния используемых в модулях данной установки ограничена видимым диапазоном спектра 0,4...0,7 мкм. Месячный показатель чистоты неба для всей области солнечного спектра определяется отношением среднесуточной суммы солнечной радиации на горизонтальной поверхности Земли к суточной сумме солнечной радиации на горизонтальной плоскости вне атмосферы на середину месяца. Показатель чистоты неба использован для расчета прямой и диффузной компоненты СИ [4]. Выработка электроэнергии СФЭУ ранее исследованы в реальных условиях г. Худжанд [5-9]. Для исследований в условиях реальной эксплуатации СФЭУ требовалась разработка методики оценки влияния облачности местности на выходные энергетические характеристики установки на основе

поликристаллического кремния. Проведен анализ данных выработки и получены значения $\Delta W_i / W_{\text{max}}$ для недельных, декадных, месячных, квартальных и годовых интервалов [5]. Показано, что формула (11) может быть использована для недельных и декадных интервалов времени, для этого используются данные о средней суточной выработке за интервал и расчетная выработка для ясного дня середины интервала. В данной работе проведен анализ выработки СФЭУ из поликристаллического кремния с площадью $S = 1,5 \text{ м}^2$ с информационной системой, специально созданной для исследований и мониторинга солнечной радиации, облачности местности, метеопараметров: температуры и влажности воздуха. Система регистрации данных на микрокомпьютере обеспечивает запись и хранение данных на флэш-карте объемом 8 ГБ. Компьютерная программа обработки базы данных позволяет получить аналитическую информацию за интервал времени. **Результаты исследований.** Мониторинг температуры воздуха T , относительной влажности воздуха ϕ , суточной выработки электроэнергии W_i СФЭУ с 1 по 31 декабря 2023 года представлены соответственно на рисунке 1а, б. Анализ данных измерений выходного напряжения U , тока I , мощности установки P , температуры T и относительной влажности ϕ воздуха за декабрь 2023 года приведен в таблице 1.

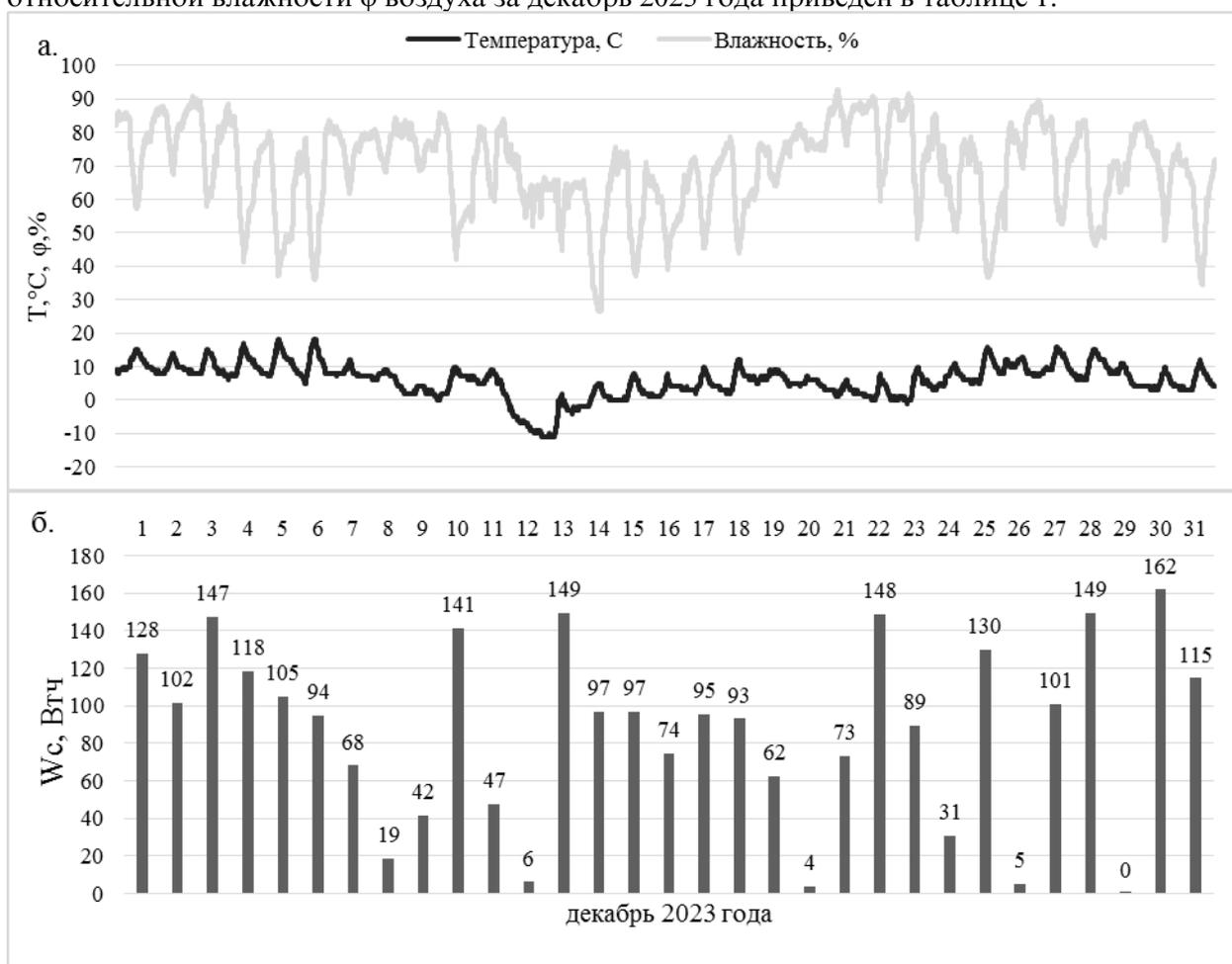


Рисунок 1. Мониторинг температуры T и относительной влажности ϕ воздуха местности, суточной выработки электроэнергии W_c СФЭУ в период 01 - 31.12.2023 года в условиях г. Худжанд.

Таблица 1. Анализ данных измерений выходного напряжения U , тока I , мощности P СФЭУ, температуры T и относительной влажности ϕ воздуха местности в декабре 2023 года

Параметры	U , В	I , А	P , Вт	T , °C	ϕ , %
Среднее	12,7	0,3	3,6	5,9	69,3
Максимум	14,3	4,9	67,9	18,0	92,9
Минимум	0,0	0,0	0,0	-11,0	26,3

Суточная выработка электроэнергии установки W_c уменьшается до 4...6 Вт·ч в облачные дни 12, 20, 26 декабря. Суточная выработка W_c равна нулю в дождливый день 29 декабря 2023г. Месячная выработка установки W_m в декабре составила 2,7 кВт·ч. Среднесуточная выработка установки $\langle W_c \rangle$ составила 87 Вт·ч. Расчетная суточная выработка при отсутствии облачности на середину месяца $W_{cmax} = 150$ Вт·ч. Месячный показатель уменьшения выработки электроэнергии СФЭУ за счет атмосферных явлений составляет 58%:

$$\Delta W_m / W_{cmax} = 1 - \langle W_c \rangle / W_{cmax} = 1 - 87 \text{ Вт·ч} / 150 \text{ Вт·ч} = 1 - 0,42 = 0,58.$$

Обсуждение результатов. Как видно из анализа данных, среднее выходное напряжение установки в декабре составляет 12,7 В, максимальный выходной ток – 4,9 А, максимальная выходная мощность установки – 67,9 Вт. Средняя температура воздуха составила 5,9 °С, при максимальной 18°С и минимальной -11°С. Средняя влажность воздуха составила 69%, при максимальной 93% и минимальной влажности 26%.

Проведен также анализ среднечасовых значений метеопараметров, приведенных в таблице 1. Результаты анализа параметров, их корреляции с выходной электрической мощностью установки позволяют определить оптимальный угол места и азимут установки с учетом климатических-метеорологических факторов. Высокая влажность воздуха при низких температурах утром зимой приводит к образованию тумана или смога в городских условиях. Корректировка угла места и азимута установки с учетом суточной и сезонной динамики прозрачности атмосферы обеспечивает более эффективную работу СФЭУ в условиях окна ясного или чистого неба в дневное время.

Мониторинг суточной суммы солнечной радиации E_c на приемной плоскости проводится на основе данных W_c - суточной выработки электроэнергии СФЭУ. Суточная суммарная солнечная радиация на поверхности земли определяется произведением W_c на обратную величину КПД установки $1/\eta$, которая определяется отношением месячной выработки электроэнергии W_m установки на месячную сумму суммарной радиации на площадь установки.

Расчетный пиковый КПД фотоэлектрических модулей из поликристаллического кремния по паспортным данным составляет 12% для условий стандарта STC, при нормальном угле падения излучения с удельной мощностью 1 кВт/м², спектром соответствующем оптической толщине 1,5 АМ и температуре 25°С. Фактический средний месячный КПД СФЭУ составляет 8 ... 8,5 % [3].

Величина обратная к КПД ($1/\eta$) показывает отношение суммарной энергии прихода СИ к полученной электрической энергии СФЭУ за месяц согласно (4). При $\eta \approx 0,08$ получим $1/\eta \approx 12,5$.

Суточная сумма СИ для площади S на самый короткий день года 22.12 2023 составляет:

$$E_c = W_c / \eta = 12,5 * 148 \text{ Вт·ч} = 1,85 \text{ кВт·ч}.$$

Полезная или эффективная месячная сумма E_m на приемной площади S установки составляет:

$$E_m = W_m / \eta = 12,5 * 2,7 \text{ кВт·ч} = 33,7 \text{ кВт·ч}.$$

Удельная месячная сумма E_m/S для заданного угла места и азимута установки составляет:

$$E_m/S = 33,7 \text{ кВт·ч} / 1,5 \text{ м}^2 = 22,5 \text{ кВт·ч} / \text{м}^2.$$

Удельная сумма солнечного излучения для горизонтальной плоскости в декабре по данным метеостанции Кайраккум составляет 45 кВт·ч / м² [6]. Технические потери из-за постоянного угла места и азимута установки, влияния процессов старения фотоэлектрического модуля, потерь электрической части установки, работы контроллера заряда составляют около 50% (22,5/45).

Таким образом, полезная электрическая энергия установки может быть увеличена в 2 раза за счет устранения технических потерь.

Заключение

1. Разработана и создана солнечная фотоэлектрическая установка с информационной системой для мониторинга солнечной радиации, метеопараметров и облачности местности.
2. Разработана методика комплексной количественной оценки понижения оптической прозрачности атмосферы в видимом диапазоне спектра за счет атмосферных явлений из-за облачности местности, тумана, смога, пыли, дождя и снега за заданный суточный, недельный, месячный и годовой интервал времени по данным выработки электроэнергии СФЭУ.
3. Получена оценка влияния климатических – метеорологических факторов на выработку электроэнергии СФЭУ. Месячный показатель уменьшения выработки электроэнергии СФЭУ за счет атмосферных явлений составил 58% в период минимума солнечного излучения в декабре 2023г.

4. Получена оценка влияния технических факторов на выработку электроэнергии СФЭУ. Технические потери из-за постоянного угла места и азимута установки, влияния процессов старения фотоэлектрического модуля, потерь электрической части установки, работы контроллера заряда составляют около 50%. Полезная электрическая энергия установки может быть увеличена в 2 раза за счет устранения технических потерь.
5. Полученные количественные оценки влияния климатических – метеорологических и технических факторов на выработку электроэнергии установки позволяют определить энергетическую и экономическую эффективность проектируемых солнечных электрических станций, прогнозировать суточную, месячную, сезонную и годовую выработку электроэнергии, оптимизировать рабочие параметры оборудования станций и режим их эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Виссарионов, В.И. Солнечная энергетика: Учеб. пособие для вузов. Под ред. В.И. Виссарионова / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина, В.А. Кузнецова, Н.К. Малинин.-М., 2008.-320с.
2. Киселева, С.В. Оценка эффективности фотоэлектрических станций в климатических условиях Кыргызстана/ С.В. Киселева, Ю.Г. Коломиец, О.С. Попель, А.Б. Тарасенко//Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» (ISJAEE), №1, С. 14–25 (2015)
3. Котликов, Е.Н. Мониторинг выработки электрической и тепловой энергии солнечной фотоэлектрической термальской установки/Е.Н. Котликов, М.А. Салиев, Ю.А. Новикова// Вторая всероссийская научная конференция 14-22 апреля 2021г. С. Петербург. Моделирование и ситуационное управление сложных систем. Сборник докладов. С.62-67, (2021).
4. Крейт, Ф. Основы теплопередачи/Ф. Крейт, У. Блек.-М.: Мир, 1983.-512 с.
5. Кудузова, М.А. Исследование влияния облачности местности на выработку электроэнергии солнечной фотоэлектрической установки/М.А. Кудузова, Ф.О. Мирзочилова, М.А. Салиев, Р.Р. Назаров// Международная научная конференция 18-19 мая 2021г. ХГУ им.Б.Г. Гафурова, г. Худжанд. Сборник докладов. -2021.-С.323-327.
6. Салиев, М.А. Оценка влияния климатических условий на эффективность работы солнечной фотоэлектрической установки/М.А. Салиев, Н.Р. Юмаев, Э. Джураев, Х.М. Ахмедов // Доклады АН РТ.- 2019.- №1-2.-С.78-83.
7. Салиев, М.А. Эффективность солнечной фотоэлектрической установки в реальных условиях эксплуатации/ М.А. Салиев, Х.М. Ахмедов//Известия АН РТ. Отд. физ.- мат., хим., геол. и техн. наук.- 2018.-№1.- С.57-63.
8. Салиев, М.А. Использование цифровой технологии контроля для оценки влияния климатических факторов на работу солнечной фотоэлектрической установки/М.А. Салиев, Ф.О. Мирзочилова, М.З. Юсупова, Х.М. Ахмедов// Известия АН РТ.- 2020.- № 4(181).- С.148-156.
9. Салиев, М.А. Влияние пылевой бури на работу солнечной установки/М.А. Салиев, В.А. Маслов, С.Ф. Абдуллаев, Х.М. Ахмедов// Известия НАН. -2022.-№4 (189).- С.115-124.

REFERENCES:

1. Vissarionov V.I., Deryugina G.V., Kuznetsova V.A., Malinin N.K. Solar energy: Textbook for universities. Edited by V.I. Vissarionova, // - M.: Publishing house. house "MEI", 2008, 320p.
2. Kiseleva S.V., Kolomiets Yu.G., Popel O.S., Tarasenko A.B. Assessment of the efficiency of photovoltaic stations in the climatic conditions of Kyrgyzstan. International Scientific Journal "Alternative Energy and Ecology" (ISJAEE), № 1, P. 14–25 (2015)
3. Kotlikov E.N., Saliev M.A., Novikova Yu.A. Monitoring the production of electrical and thermal energy from a solar photovoltaic thermal plant. // Second All-Russian Scientific Conference April 14-22, 2021 St. Petersburg. Modeling and situational control of complex systems. Collection of reports. P.62-67, (2021).
4. Kreit F., Black U. Fundamentals of heat transfer. M.: Publishing house "Mir", 1983, 512 p.
5. Kuduzova M.A., Mirzokobilova F.O., Saliev M.A., Nazarov R.R. A study of the influence of cloudiness on the power generation of a solar photovoltaic installation. // International scientific conference May 18-19, 2021. KhSU named after B.G. Gafurov, Khujand. Collection of reports. P.323-327, (2021).

6. Saliev M.A., Yumaev N.R., Dzhuraev E., Akhmedov Kh.M. Assessment of the influence of climatic conditions on the efficiency of a solar photovoltaic installation, Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, № 1-2, P. 78-83. (2019).
7. Saliev M.A., Akhmedov Kh.M. Efficiency of a solar photovoltaic installation under real operating conditions, Izvestia of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Physics - Mathematics, Chemistry, Geology and tech. Sciences, № 1, P. 57-63, (2018).
8. Saliev M.A., Mirzokobilova F.O., Yusupova M.Z., Akhmedov Kh.M. Using digital control technology to assess the influence of climatic factors on the operation of a solar photovoltaic installation. // News of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, № 4 (181), P. 148-156, (2020).
9. Saliev M.A., Maslov V.A., Abdullaev S.F., Akhmedov Kh.M. The influence of a dust storm on the operation of a solar installation // News of the National Academy of Sciences, № 4 (189), P. 115-124, (2022).