

ISSN (print) 2091-5985

ISSN (online) 2181-1946

**ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС
ТЕЖАШ МУАММОЛАРИ**

**ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГО- И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ**

**PROBLEMS OF ENERGY
AND SOURCES SAVING**

№ 4

2022

Н.Н. Ниёзов. Аргументларни гуруҳий ҳисобга олиш усули ёрдамида электр энергия истеъмоли прогнозлаш моделини ишлаб чиқиш.	171
М.Қ. Бобожанов, Ф.Н. Тўйчиев, Н.Х. Рашидов. Конвейер юритмаси учун уч фазали кутблар сони ўзгарувчан чулғамли асинхрон машиналар.	180
Н.Б. Пирматов, Ш.А. Яхяева. 35 кВ ли тикилган полиэтилен изоляцияли ва шимдирилган гоғоз изоляцияли кабелларнинг солиштирма таҳлили.	188
Х.З. Назирова. Энергетикада прогнозлаш усуллари таҳлили.	193
МУҚОБИЛ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ	
Н.Р. Авезова, А.У. Камолитдинов. Йирик ШЭС ларни модернизация қилиш, хизмат муддатини узайтириш ва фойдаланишдан чиқариш масалалари ҳақида.	203
И.А. Юлдошев, М.Ю. Гасанов, Д.С. Гафуров, Т.Р. Джамалов, Ж.Ч. Эшанкулов. Марков занжири, яъни ўтиш матрицалари ёрдамида шамол тезлигини башорат қилиш усули орқали ҳосил қилинган шамол тезлигининг шамол генераторининг кувват кўрсаткичларига таъсири.	211
Э.Б. Саитов, У.М. Ахмедов, З.Ф. Юлдошалиев, И.О. Абдусайдов, И.И. Шарипов, А.А. Хурсанов. Наноструктуралли фотоэлектрик модулларнинг электрофизик параметрларини тадқиқ этиш.	219
Н.Р. Авезова, А.Ю. Рахимов, А.У. Вохидов, Н.Н. Далмурадова. Ўзбекистон Республикаси иссиқлик таъминоти соҳасини куёш технологияларини жорий этиш орқали модернизация қилиш йўлида.	226
Р.Х. Рахимов, М.Р. Рахимов. Бирламчи нурланиш энергиясининг керамик ўзгарткичлари.	238
Н.А. Мурзакулов, Э.Б. Саитов, Ж.Б. Тошов. Наноструктуралли кристалл-кремнийли куёш элементларини тадқиқ этиш; тараккиёт, муаммолар ва келажак истикболлари.	246
М.Н. Турсунов, Х. Сабилов, У.Р. Холов, С.Қ. Шоғўчқоров. Фотоэлектрик ва фотоиссиқлик батареяларини техник-иктисодий кўрсаткичларини баҳолаш.	253
И.А. Юлдошев, С.К. Шогучқаров, Ш.Ш. Рустамова, Б.М. Ботиров, Ф.Ш. Тураев Паст кучланишли электр тармоғига уланган кам кувватли фотоэлектр станция параметрларига ифлосланишнинг таъсири.	259
К.А. Тохтахунов, Д.М. Пулатова, Н.Р. Умирова, Ф.Д. Қушшаева. Гелиоқурилмалар элементларида иссиқлик алмашинувини ҳисоблаш.	270
А.А. Бокиев, А.Р. Саринсакходжаев, А.Н. Ботиров. Қайта тикланувчи энергия манбалари асосидаги мобил электрстанцияси ва кўп функцияли электр трактор.	278
КАДРЛАРНИ ТАЙЁРЛАШ МЕТОДИКАСИ ВА МУАММОЛАРИ	
И.У. Раҳмонов, А.К. Бижанов. Таълим жараёнига ўқув симуляторларини тадқиқ этишнинг аҳамияти ва зарурати.	284
Л.А. Нематов. Техника олий таълим муассасаларида «Электротехника ва электроника» фанини ўқитишни такомиллаштириш йўналишлари.	291
Д.Х. Халманов. Олий таълим муассасаларида назарий электротехника фанини ўқитишнинг замонавий муаммолари ва инновацион усуллари	297

УДК 620.98

**ПО ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕКТОРА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН С ВНЕДРЕНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ****Н.Р. Авезова, Э.Ю. Рахимов, А.У. Вохидов, Н.Н. Далмурадова**

Ушбу ҳисобот қуёш энергияси ресурслари хариталарини ишлаб чиқиши ва қуришига бағишланган бўлиб, у эрда NASA POWER актинометрик ва иқлимий маълумотлар базаларидан фойдаланилган. Шунингдек Тошкент ҳудудида жойлашган ясси сув иситиши коллектори сиртига тушувчи йиллик йиғинди қуёш нурланиши миқдори (GTI) коллекторнинг ориентатсиясига (azimut) ва горизонтга нисбатан қиялик бурчагига бўғлиқ ҳолда аниқланган. Шунинг асосида горизонтга нисбатан 30° бурчак остида ва жанубий йўналишида жойлаштирилган ясси сув иситиши коллекторининг сиртига тушувчи ўртача ойлик ва йиллик йиғинди қуёш нурланиши аниқланган. Мамлакатнинг минтақасига қараб, қуёш сув иситгич қурилмалари (ҚСИҚ) нинг 1 м² майдонига тўғри келадиган ўртача йиллик ишлаб чиқарилиши 1,04 дан 1,16 Гкал/м² гача эканлиги кўрсатилган. Республика ҳудудлари бўйлаб ROYAL ASC-1808 маркали ясси қуёш сув иситиши коллектори мисолида бак ҳажми 200 л бўлган ҚСИҚ дан ҳарорати 37°C, 45°C ёки 55°C бўлган иссиқ сув олиши мумкин бўлган нисбий кунлар сони бўйича харита ишлаб чиқилган ва таклиф қилинган. Олинган дастлабки маълумотларга кўра, 2019-2020-йилларда Ўзбекистон Республикаси ҳудудида ўрнатилган 2155 донга юқорида номи келтирилган маркали коллекторлар ёрдамида 579 минг нм³ (1440 т кўмир) табиий газни тежаси, шунингдек, бунинг натижасида табиий газни алмаштириши ҳисобига CO₂ чиқиндиларини 790 т (кўмирни алмаштириши ҳисобига эса 4980-7610 т) га камайтириши имконияти мавжудлиги аниқланган.

Данная статья посвящена вопросам разработки и создания карт ресурсов солнечной энергии, где использовались актинометрические и климатические базы данных NASA POWER. Определены годовые суммы солнечного излучения (GTI), поступающей на поверхность плоского солнечного коллектора (ПСК), в зависимости от ориентации (азимута) и угла наклона поверхности к горизонту в Ташкентском регионе, и на этой основе среднемесячные и годовые суммы солнечного излучения в ПСК, установленного под углом наклона 30° и ориентированного на юг. Показано, что среднегодовая выработка тепла солнечных водонагревательных установок (СВУ) в расчете на 1 м² площади, в зависимости от региона страны, составляет от 1,04 до 1,16 Гкал/м². Разработана и предложена карта количества дней, когда можно получить температуру воды с температурой 37°C, 45°C или 55°C, с баком объемом 200 л СВУ на примере ПСК марки ROYAL ASC-1808 по регионам страны. На основе полученных исходных данных выявлена возможность экономии природного газа в количестве 579 тыс. Нм³ (1440 т угля), а также сокращения при этом выбросов CO₂ на 790 т за год при замещении природного

газа, (4980-7610 т при замещении угля) и при использовании 2155 штук вышеуказанной марки ПСК, установленных на территории РУз в период 2019-2020 гг.

This article is devoted to the development and creation of maps of solar energy resources, where actinometric and climatic data from NASA POWER databases were used. The annual amounts of solar radiation (GTI) arriving at the surface of a flat-plate solar collector (FPSC) depending on the orientation (azimuth) and the angle of inclination of the surface to the horizon in the Tashkent region are determined, and on this basis the average monthly and annual amounts of solar radiation in the plane of the FPSC installed at an angle of inclination of 30° and oriented to the south. It is shown that the average annual heat generation of solar water heating plants (SWHP) per 1 m² of area, depending on the region of the country, ranges from 1.04 to 1.16 GCal/m². A map has been developed and proposed regarding the number of days when it is possible to obtain a water temperature with a temperature of 37°C, 45°C or 55°C, with a tank with a volume of 200 liters of SWHPs using the example of the ROYAL ASC-1808 FPSC brand by regions of the country. Based on the initial data obtained, the possibility of saving natural gas in the amount of 579 thousand tons Nm³ was revealed (1,440 tons of coal), as well as reducing CO₂ emissions by 790 tons per year when replacing natural gas (4980-7610 tons when replacing coal) when using 2,155 pieces of the above-mentioned FPSC brand installed on the territory of the Republic of Uzbekistan in the period 2019-2020.

Введение. В последние годы в мире наблюдается резкий рост объемов использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Несмотря на пандемию COVID-19, инвестиции в возобновляемую энергетику в 2020 г. увеличились на 1,7% [1], а установленная мощность ВИЭ в 2022 году – на 10% [2]. Использование ВИЭ в секторах экономики стран отвечает одной из Целей устойчивого развития ООН (цель 7 – «увеличение надежного, бесперебойного и достаточного производства энергии для подготовки к более устойчивому восстановлению экономики») [3] и плану Международного энергетического агентства по достижению нулевых выбросов парниковых газов к 2050 г. [4].

Получение низкопотенциального тепла за счет солнечной энергии (СЭ) – одна из наиболее распространенных технологий использования ВИЭ. Наиболее часто используемая система – это подогрев воды в солнечных водонагревательных установках (СВУ), 90% которых входят в состав систем горячего водоснабжения жилых домов [5]. История исследования и практического использования СВУ насчитывает более 100 лет [6, 7, 8]. Установленная мощность работающих СВУ в мире составила к концу 2021 г. 522 ГВт, а площадь – 746 млн м² [5], при этом доля плоских солнечных коллекторов как устройств преобразования СЭ в тепло выросла за последние 10 лет на 12,5% [5].

Узбекистан располагает значительными ресурсами СЭ [9]. Есть ряд Постановлений и Указов Президента Республики Узбекистан в которых [10, 11] предусматривается рациональное, ускоренное и широкомасштабное использование ВИЭ в секторах экономики страны. С 1 января 2022 г. для зданий и сооружений государственных органов и организации становятся

обязательными энергосберегающие технологии, а для горячего водоснабжения – применение сертифицированных СВУ [12]. Использование СВУ в секторе теплоснабжения республики стимулируется также государственными мерами по его развитию [13, 14, 15]. Сегодня по данным Минэнерго РУз [16], более 72% тепловой энергии в республике вырабатывается котельными (4234 Гкал.ч) и ТЭЦ (19290 Гкал.ч). Основным топливом, сжигаемым на ТЭЦ и котельных, является природный газ. В малоэтажных жилых домах, на долю которых приходится 76% жилого фонда, для нужд горячего водоснабжения расходуется около 3000 млн м³ газа. Программой развития системы теплоснабжения на 2018-2022 гг. **[Ошибка! Закладка не определена.]** запланирована реконструкция 668 и строительство 1217 котельных. За счет установки энергоэффективного оборудования и применения современных технологий [17] предполагается обеспечить экономию природного газа и электрической энергии.

Необходимо отметить, что первая в Узбекистане солнечно-топливная котельная была введена в эксплуатацию в апреле 1986 г. **[Ошибка! Закладка не определена.]** Она обеспечивала горячей водой жилой микрорайон с населением 5000 чел. и общей площадью 902,7 м², осуществляя предварительный подогрев воды до 35-40°C. Сегодня в республике имеется ряд коммерческих компаний, которые занимаются установкой под ключ систем горячего водоснабжения на основе СВУ. налажено производство плоских и трубчатых вакуумированных солнечных коллекторов (СК) и СВУ на их основе.

Одним из лидеров научной инженерной школы гелиотехники Узбекистана являлся д.т.н., проф. Р.Р. Аvezов. Научное направление его исследований сформулировано в докторской диссертации, а результаты обобщены в монографии «Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения». Он внес огромный вклад в развитие научных основ теплового расчета и оптимизации параметров низкопотенциальных солнечных тепловых установок, повышения эффективности использования СВУ в системах теплоснабжения, тепловой оптимизации конструктивных и режимных параметров СВУ [18, 19, 20].

Обобщение результатов практического использования СВУ в стране и международного опыта по части касающейся, явились основой для подготовки стратегически значимых государственных документов для масштабирования солнечных технологий в том числе СВУ различных технологий в секторах экономики страны, в краткие сроки достаточно быстрыми темпами. Указом Президента Республики Узбекистан №-УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию ВИЭ малой мощности» от 10.09.2022 г., указаны все индикаторы по «доведению до 30% доли альтернативных источников энергии в объеме потребления энергии более чем на 6 тысячах объектов в разрезе министерств и ведомств». Также, Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан «Об утверждении положения о порядке предоставления компенсации за счет средств государственного бюджета Республики Узбекистан на приобретение энергоэффективных и энергосберегающих устройств и покрытия части процентных расходов по кредитам, полученным на эти цели» регулируется порядок масштабирования энергоэффективных установок на основе СЭ.

В данной статье приводятся результаты оценки производительности СВУ в системах горячего водоснабжения с учетом климатических факторов региона, теплотехнических параметров СВУ. На основе полученных данных построены карты ресурсов солнечного излучения (СИ) и технического потенциала выработки тепловой энергии СВУ, а также результаты исследований относительно количества дней, когда можно получить температуру воды с температурой 37°C, 45°C или 55°C, в баке объемом 200 л СВУ на примере СК марки ROYAL ASC-1808 по регионам страны.

Методика и материалы. Ресурсы солнечного излучения оценивались по данным пятилетних (2013-2017 гг.) актинометрических наблюдений 6 метеостанций, установленных на территории РУз при содействии Азиатского банка развития [21]:

- Дагбид (Самаркандская область);
- Кармана (Навоийская область);
- Гузар (Кашкадарьинская область);
- Шерабад (Сурхандарьинская область);
- Пап (Наманганская область);
- Паркент (Ташкентская область).

По данным количественных показателей суммарного и рассеянного СИ на горизонтальной поверхности рассчитывались суммы СИ на наклонной поверхности ПСК [**Ошибка! Закладка не определена., Ошибка! Закладка не определена.**]. При построении карт ресурсов солнечной инсоляции использовались актинометрические и климатические база данных NASA POWER [22]. По данным [23] среднемесячные показатели количества суммарного СИ на горизонтальной поверхности (GHI) на территории РУз, в период с апреля по сентябрь по спутниковым наблюдениям (NASA POWER [**Ошибка! Закладка не определена.2**], базы данных Европейской системы мониторинга климата по спутниковым данным SARAH-E [24] и Европейского центра среднесрочного прогноза погоды ERA5 [25]) отличаются от соответствующих данных наземных наблюдений на 8-16%.

Относительно равномерное распределение сумм СИ по территории Узбекистана и сходство климатических условий различных регионов Республики позволили оценить КПД СВУ в одной из выбранных точке (Паркент, где установлена эталонная метеостанция) и распространить его на всю территорию РУз. При этом определялись различные виды потерь, и рассчитывался средний КПД СВУ [26].

Обсуждение результатов

По данным многолетних наземным актинометрических наблюдений [**Ошибка! Закладка не определена.**] годовая сумма СИ на территории РУз изменяется в пределах от 1500 кВтч/м²·до 2100 кВтч/м², а число часов солнечного сияния в течение года в регионах республики (за исключением Ферганской долины) доходит до 2900-3100 ч., в Сурхандарье – 3000-3100 ч. Для поглощения максимального количества СЭ приемная плоскость СК должна быть перпендикулярна солнечным лучам, что для неподвижно установленного коллектора обеспечить невозможно. Поэтому необходимо уточнить оптимальные с точки зрения максимума поступления СИ на СК, ориентацию и угол наклона плоскости коллектора к горизонту.

Расчетные исследования, аналогичные [Ошибка! Залкадка не определена.,27] (рис.1, альbedo – 0,3) показали, что оптимальной ориентацией коллектора является южная, а оптимальный угол наклона зависит от периода работы установки: для холодного периода года (ноябрь – апрель); в Ташкентском регионе он составляет 58° , для теплого (май – октябрь) – 20° , а при круглогодичной работе установки – 32° . Выбор угла наклона по сезонному, вместо круглогодичного оптимума (и наоборот), снижает КПД системы на 4-8% [28].

Оптические потери СК зависят от коэффициента пропускания солнечного излучения прозрачным покрытием и коэффициента его поглощения поглощающей панелью. Пропускание и поглощение зависят от угла падения излучения, при нормальном падении потери минимальны. Оптические потери в ПСК составляют 5-33% [29].

Климат Узбекистана – резко-континентальный, жаркий и засушливый. Средняя температура на территории республики зимой от -8°C до 0°C , в горных районах может опускаться до -35°C . Летом средняя температура в северных регионах страны достигает $26-32^\circ\text{C}$, а на юге (Термез, Шерабад) – до $43-45^\circ\text{C}$. Максимальная температура воздуха превышает 50°C [30, 31]. Средняя скорость ветра (на высоте 10 м) на территории Узбекистана составляет $0,6-4,0$ м/с [32].

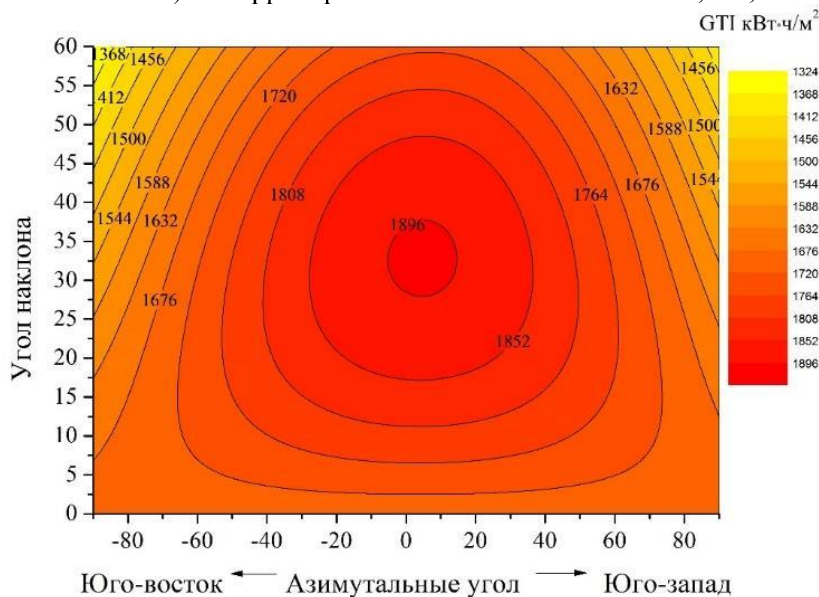


Рис 1. Годовая сумма солнечного излучения (ГТИ), поступающая на поверхность плоского солнечного коллектора в зависимости от ориентации (азимута) и угла наклона поверхности к горизонту в Ташкентском регионе

Тепловые потери ПСК через фронтальную поверхность в климатических условиях Узбекистана можно оценить в 5-15% [Ошибка! Залкадка не определена.,33]. Ещё 2-12% составляют теплотери через дно и боковые стенки рассматриваемого коллектора.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Величина потерь выработки СВУ из-за загрязнения прозрачного покрытия зависит от типа пыли, периода после последних осадков и графика очистки поверхности покрытия ПСК. В Узбекистане масса пыли, выпадающая на поверхность земли в пустынных районах, составляет до 9 т/га в год, а в районах орошаемого земледелия до 0,1-1,2 т/га в год [34]. Песчаные и пылевые бури, в зависимости от климатических особенностей местности, продолжаются от 10 до 30 дней, а в некоторых районах – более 50 дней в году [35]. В 10 крупных городах Узбекистана, в которых проживает более 41% городского населения (Андижан, Ангрэн, Бухара, Навои, Фергана, Алмалык, Бекабад, Чирчик, Ташкент и Нукус), уровень запыленности воздуха превышает санитарные нормы в среднем в 2,7 раза. В таких городах большинство пылевых частиц возникает параллельно с другими загрязняющими веществами, особенно с двуокисью серы и окисью азота, и химически изменяются, образуя нитраты и сульфаты. Начиная с 2018 г. в регионах Приаралья усиливаются аномальные пыльно-солевые бури, после чего, по данным Центра гидрометеорологической службы «УзГидромет» при МЧС РУз, было зафиксировано превышение предельно допустимой концентрации пыли в воздухе в Хорезмской области и Республике Каракалпакстан в 3-5,9 раза [36]. 4 ноября 2021 года уровень запыленности воздуха в городе Ташкенте поднялся до максимальной точки. Временами концентрация пыли в воздухе превышала допустимую для Узбекистана в 30 раз. По данным Узгидромета, за 150 лет наблюдений в Ташкенте никогда не наблюдалось таких экстремальных условий запыленности [37].

Для определения выработки СВУ в точках, где располагаются метеостанции [21], были использованы приведенные в табл. 1, среднемесячные и годовые суммы суммарного СИ в плоскости поглощающей панели коллектора, установленного под близким к оптимальному углом наклона 30° к горизонту и ориентированного на юг.

Таблица 1

Среднемесячные и годовые суммы солнечного излучения в плоскости коллектора, установленного под углом наклона 30° и ориентированного на юг, кВтч/м²

Месяц года	Ташкентская обл.	Кашкадарьинская обл.	Самаркандская обл.	Навоийская обл.	Наманганская обл.	Сурхандарьинская обл.
I	83,6	82,2	77,0	80,8	62,7	88,9
II	115,7	117,5	107,1	106,8	88,9	107,9
III	127,8	131,5	130,5	134,1	135,4	138,6
IV	169,6	166,2	167,7	169,6	167,5	173,6
V	206,2	212,3	215,8	210,8	206,6	213,2
VI	221,3	220,8	219,8	222,7	209,4	218,5
VII	234,4	230,6	230,1	238,6	218,1	220,9
VIII	227,3	230,3	225,6	228,6	204,4	225,9
IX	193,8	204,8	198,4	201,5	172,8	190,6
X	142,3	160,9	153,1	141,4	137,7	166,3
XI	93,4	102,4	96,4	96,8	79,8	111,7
XII	82,9	78,3	83,7	82,3	67,8	96,7
Годовая ГТИ	1898,2	1937,7	1905,2	1913,9	1751,0	1952,8

Результаты расчетов по годовой выработке СВУ (в расчете на 1 м² площади СК по регионам республики), приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, максимальная выработка СВУ наблюдается в южных регионах (Кашкадарьинская и Сурхандарьинская области), минимальная, – на севере Ферганской долины (Наманганская область), при этом для всех областей, кроме Наманганской области, отличие друг от друга не превышает 3%.

Таблица 2

Среднегодовая выработка СВУ в расчете на 1 м² площади солнечного коллектора, Гкал/м²

Ташкентская область	Кашкадарьинская область	Самаркандская область	Навоийская область	Наманганская область	Сурхандарьинская область
1,13	1,15	1,13	1,14	1,04	1,16

В 2017 г. в Узбекистане компания «Artel» запустила серийное производство (объемом до 150000 м²/год) ПСК «ROYAL» с медной поглощающей панелью с селективным покрытием и СВУ на их основе [38]. Компания «Artel» является наиболее крупным производителем коллекторов в республике. В связи с этим, натурные экспериментальные исследования СВУ «ROYAL» пяти моделей (рис. 2) были проведены на Гелиополигоне ФТИ АН РУз в 2017-2021 гг. [39]. При этом тепловые испытания проводились на основе O'z DSt ISO 9806: 2020 (ISO 9806:2017, MOD) [26] с применением ускоренной методики определения основных теплотехнических параметров исследуемых коллекторов, в климатических условиях города Ташкента на специально разработанном испытательном стенде [40] по определению теплогидравлических показателей СВУ. Годовая сумма СИ в плоскости коллектора, установленного под углом 30° к горизонту, составила 1896 кВтч/м².



Рис. 2. Оборудование экспериментальных исследований, проводимых в натуральных условиях на Гелиополигоне по определению тепловой эффективности СВУ ФТИ АН РУз (2017-2021 гг.)

Для расчетно-изыскательских работ использованы показатели СК ROYAL ASC-1808, который имеет следующие технические характеристики: габаритные размеры, 927×1927×90 мм³, площадь поглощающей панели – 1,59 м², материал

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

панели – алюминий с селективным покрытием (поглощательная способность – 95%, степень черноты – 4%), стекло – закаленное с низким содержанием железа, толщина стекла – 4 мм, толщина теплоизоляции тыльной и боковых стенок – 40 мм, её плотность – 50 кг/м³ [41]. Коллектор комплектуется баком-аккумулятором емкостью 200-300 л.

Результаты натуральных экспериментальных исследований [36] по определению среднемесячных показателей полученной горячей воды с температурой 37°C, 45°C и 55°C¹ от СВУ пяти марок на основе коллекторов «ROYAL» для условий г. Ташкента приведены в табл. 3.

Таблица 3
Среднемесячные показатели полученной горячей воды с температурой 37°C, 45°C и 55°C от СВУ на основе коллекторов «ROYAL» (м³)

Месяцы и Температура t _{вх}	I (5°C)	II (8°C)	III (10°C)	IV (15°C)	V (18°C)	VI (20°C)	VII (20°C)	VIII (20°C)	IX (18°C)	X (15°C)	XI (10°C)	XII (8°C)
37°C	2,2	3,4	4,1	6,6	9,4	11,6	12,3	11,5	8,8	5,2	3,0	2,5
45°C	1,7	2,5	3,1	4,9	6,6	7,9	8,3	8,1	6,2	4,1	2,2	1,7
55°C	1,4	2,0	2,4	3,6	4,8	5,6	5,9	5,9	4,5	3,0	1,7	1,4

Как видно из табл. 3 и по [39], значения КПД СВУ колеблются в пределах 60-65%, с учетом оптических и тепловых потерь СК, а также потерь от запыления прозрачного покрытия коллектора, что хорошо согласуется с расчетными оценками. Далее в расчетах, в среднем можно принять равным 63%.

Таким образом, в течении года с 1 м² СВУ на базе СК «ROYAL», установленного под углом наклона 30° к горизонту и ориентированного на юг, в условиях г. Ташкента, можно получить до 81, 57 и 42 м³ горячей воды с температурой 37°C, 45°C и 55°C за год, соответственно.

Годовая выработка СВУ на основе СК «ROYAL» составляет 4700 МДж/м², обеспечивая удельную экономию природного газа или Ангреноского угля 169 Нм³/(м²·год) или 420 кг/(м²·год), соответственно. Уменьшение выбросов CO₂ в течение года при сжигании природного газа составляет 231 кг CO₂/(м²·год), а для Ангреноского угля 1450-2200 кг CO₂/(м²·год), соответственно. На территории РУз в 2019-2020 гг. было смонтировано 2155 СВУ, экономия от их работы составляет 579 тыс. нм³ природного газа или 1440 т угля в год. Уменьшение выбросов CO₂ в течение года при сжигании природного газа составляет 790 т, для угля – 4980-7610 т.

Карты ресурсов солнечного излучения и выработки СВУ

Результаты расчета средних дневных сумм СИ, приходящих на 1 м² поверхности СК (ориентированного на юг и установленного под углом 30° к горизонту) по всей территории Узбекистана с использованием базы спутниковых наблюдений NASA POWER [Ошибка! Закладка не определена.2] позволили построить для территории Узбекистана карты ресурсов СЭ по

¹ Вода с температурой 37°C ощущается как теплая, остальные температуры встречаются в различных нормативных документах.

сезонам года и в целом за год (рис. 3). В теплый период года (апрель-октябрь) средняя дневная сумма СИ в плоскости коллектора изменяется от 6,44 до 7,00 кВтч/м², тогда как в холодный период (ноябрь-март) этот показатель составляет от 3,11 до 4,78 кВт·ч/м².

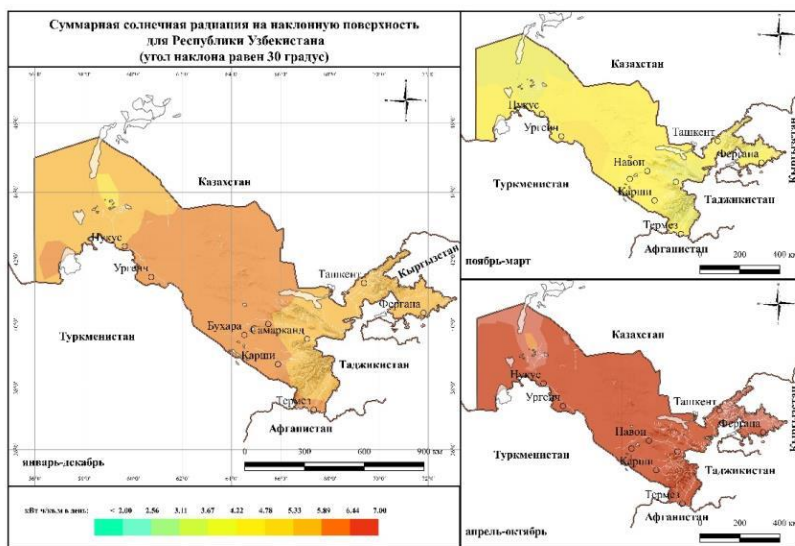


Рис. 3. Средние дневные суммы солнечного излучения в плоскости солнечного коллектора, установленного под углом наклона 30° к горизонту и ориентированного на юг, для территории Узбекистана, по сезонам года

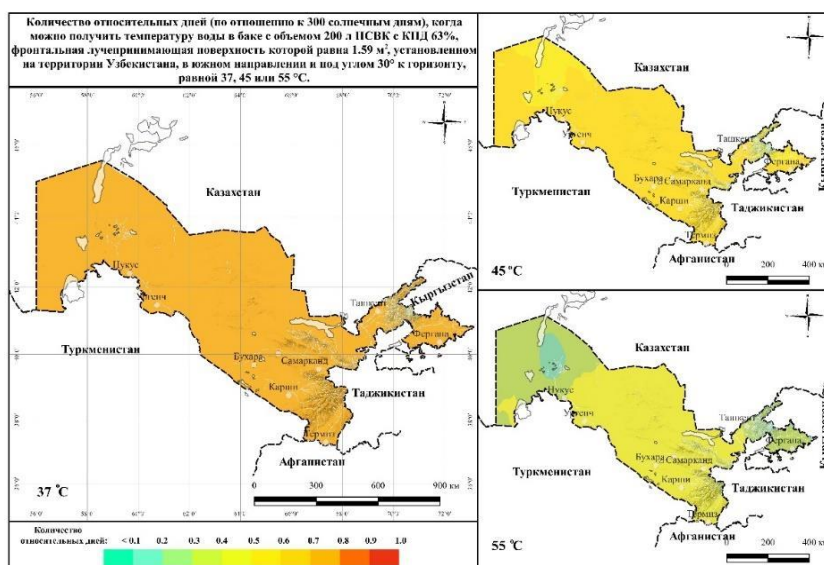


Рис. 4. Относительное количество дней, когда можно получить температуру воды больше 37°C, 45°C или 55°C, в баке объемом 200 л СВУ на основе солнечного коллектора ROYAL ASC-1808

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Карты выработки СВУ были построены по результатам расчета количества дней в течение которых температура в баке-аккумуляторе емкостью 200 л установки с коллектором ROYAL ASC-1808 превышает 37°C, 45°C или 55°C. Расчет выполнялся с учетом стационарных тепловых режимов, с КПД СВУ (63%), количество дней нормировалось на 300 дней (число ясных дней в году для Ташкента превышает 300 [42,43]). Предварительные расчеты прогнозируют получить горячую воду с температурой 37°C, 45°C и 55°C в течение 210-255, 180-225 и 90-120 дней в году, соответственно от рассматриваемых установок.

Заключение. Полученные результаты доказывают актуальность и востребованность использования СВУ в процессе их широкомасштабного применения в системах ГВС при переходе от централизованного теплоснабжения на автономное, и, тем самым, способствуют внесению изменений в существующие СНиПы, ШНК и другие нормативно-правовые документы, которые в свою очередь послужат модернизации сектора теплоснабжения республики с внедрением солнечных технологий, способствуя также снижению потерь тепловой энергии до уровня европейских показателей, повышению надежности и эффективности теплоэнергетической системы в целом.

Экономия природного газа в системах теплоснабжения за счет использования уже действующих 2155 СВУ, установленных в территории РУз в 2019-2020 гг, может составить 579 тыс. nm^3 , и 1440 т угля; при этом выбросы CO_2 уменьшатся на 790 т при замещении газа и на 4980-7610 т при замещении угля.

Расчеты показали, что в условиях Узбекистана для средней семьи, состоящей из 3-4 человек, в течение дня в среднем требуется не более 200 л горячей воды (по нормативу 300-400 л), и при использовании СВУ рассматриваемого типа позволит заместить 64%, 55% и 29% годового спроса на горячую воду температурой 37°C, 45°C и 55°C, соответственно.

Литература

1. REN21. Электронный ресурс: <https://ren21.net/gsr-2021/pages/foreword/foreword/>.
2. IRENA (2022), Renewable capacity statistics 2022 International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi. Электронный ресурс: <https://www.irena.org/publications/2022/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2022>.
3. Цели устойчивого развития. Электронный ресурс: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/energy/>.
4. На пути к достижению нулевых выбросов. Электронный ресурс: <https://www.iso.org/ru/news/ref2682.html>.
5. Werner Weiss, Monika Spörk-Dür. Solar Heat Worldwide. Global Market Development and Trends 2021. Detailed Market Figures 2020. 2022 Edition. – 88 pages. Электронный ресурс: https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/2022-IEA_SHC-Solar_Heat_Worldwide-3.pdf.
6. Duffie J.A., Solar Engineer of Thermal Processes/ Duffie J.A., Beckman W.A. Fourth Solution. –Hoboven New Jersey: John Wiley Sons. Inc., – 2013. –P.910.

7. Frid S.E., Mordynskii A.V., Arsatov A.V. Integrated Solar Water Heaters // Thermal Engineering. 2012. V. 59. No. 11. P. 874–880.
8. Бутузов В.А. Столетний опыт работы российских научных школ солнечного теплоснабжения// «Энергия: экономика, техника, экология», 2019, №2, 16-29.
9. Avezov R.R., Avezova N. R. et al. History and State of Solar Engineering in Uzbekistan// Applied Solar Energy, 2012, Vol. 48, No. 1, pp. 14–19.
10. Электронный ресурс: <https://lex.uz/docs/4486127>.
11. Электронный ресурс: <https://lex.uz/docs/4539506>.
12. Электронный ресурс: <https://lex.uz/docs/3405582>.
13. Электронный ресурс: https://www.norma.uz/proekty_npa/zakonoproekt_o_teplosnabjenii_yustavili_na_obsujdenie_povtorno.
14. Электронный ресурс: <https://lex.uz/docs/4624861>.
15. Электронный ресурс: <https://lex.uz/docs/3177186>.
16. Электронный ресурс: www.minenergo.uz.
17. Avezova N. R., Rakhimov E. Yu., and Izzatillaev Zh. O. Evaluation of Technical Capacity and Determination of Performance of Flat-Plate Solar Power Plants in Various Regions of the Republic of Uzbekistan// Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, No. 4, pp. 273–278.
18. Аvezов Р.Р. Повышение эффективности использования низкопотенциальных солнечных водонагревателей в системах теплоснабжения. Дис. докт. техн. наук. –М.: ЭНИН. 1990.
19. Аvezов Р.Р. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения/ Р.Р.Аvezов, А.Ю. Орлов. Ташкент: ФАИ. 1988. 284 с.
20. Avezova N.R., Avezov R.R. No-contact Method of Determining Average Working-Surface Temperature of Flat-Type Radiation Absorbing Thermal Exchange Panels of Flat Solar Collectors for Heating Heat Carrying Liquid// Applied Solar Energy. 2015. Vol. 51, No. 2, P. 85-87.
21. E. Yu. Rakhimov, Sh. E. Sadullaeva and et al. Analysis of the Solar Energy Potential of the Republic of Uzbekistan// Applied Solar Energy, 2017, Vol. 53, No. 4, pp. 344–346.
22. NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. Доступно по <https://power.larc.nasa.gov/>.
23. Avezova N.R., Frid S.E., Lisitskaya N.V., Rahimov E.Yu. Resource Indicators of Solar Photovoltaic Plants in the Republic of Uzbekistan. Part 2. Verifying Satellite Actinometric and Reanalysis Data for Conditions in Uzbekistan// Applied Solar Energy.-USA. 2019. Vol. 55, № 5, pp. 347–354.
24. CM SAF – Product navigator. Доступно по <https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewProduktSearch>.
25. Copernicus. ERA5 hourly data on single levels from 1979 to present. Доступно по <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-singlelevels?tab=overview>.
26. Аvezова Н.Р., Аvezов Р.Р., Вохидов А.У., Куралов М.А., Хаитмухамедов А.Э., Усманов А.Ю., Рахимов Э.Ю. Коллекторы солнечные. Методы испытаний. – Ўзбекистон Республикаси Давлат стандарти. O’z DSt ISO 9806: 2020(ISO 9806:2017, MOD). – Утвержден и введен постановлением Агентства «Узстандарт» за № 05-1267 от 03.02.2021 г. – 51 с.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

27. Avezova, N.R., Avezov, R.R., Ruziev, O.S., et al., Resource indices of flat solar water-heating collectors in hot-water-supply systems. Part 2. Source data for calculations (external factors), Appl. Sol. Energy, 2013, vol. 49, no. 2, pp. 73–82.

28. Avezova, N.R., Avezov, R.R., Ruziev, O.S., Vakhidov, A., and Suleimanov, Sh.I. Longevity characteristics of flat solar water-heating collectors in hot-water-supply systems. Part 1. Procedure for calculating collector thermal output, Appl. Sol. Energy, 2013, vol. 49, no. 1, pp. 7–15.

29. Jung T.-H., Song H.-E., Ahn H.-K., and Kang G.-H., “A mathematical model for cell-to-module conversion considering mismatching solar cells and the resistance of the interconnection ribbon,” Solar Energy, 2014. vol. 103, pp. 253–262.

30. Электронный ресурс: <http://pogoda-service.ru/>.

31. Электронный ресурс: <https://tp5.ru/>.

32. A. Bahrami, A. Teimourian, Ch. O. Okoye, H. Shiri. Technical and economic analysis of wind energy potential in Uzbekistan Journal of Cleaner Production 223 (2019) 801-814.

33. Аvezова Н.Р. Моделирование процессов теплового преобразования солнечной энергии в плоских коллекторах и оптимизация их основных параметров для использования в системах горячего водоснабжения. Автореферат. дис. д.т.н., 2018.

34. Шардакова Л.Ю., Ковалевская Ю.И., Верещагина Н.Г. Последствие изменения климата // (НИГМИ УзГидромета). Адаптация к изменения климата: Примеры из Узбекистана и Казахстана, Ташкент 2012, - С-5-6.

35. Tursunov, M.N., Dyskin, V.G., Yuldashev, I.A. et al. A criterion of contamination of the glass surface of photovoltaic batteries. Appl. Sol. Energy 51, 163–164 (2015).

36. Электронный ресурс: <https://www.cbd.int/doc/nr/nr-06/uz-nr-06-ru.pdf>

37. Электронный ресурс: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/149067/dust-blankets-tashkent>.

38. Электронный ресурс: <http://royalthermo.uz>.

39. А.У. Вохидов, Ф.Ш. Касимов, М.А. Куралов, Д.У. Абдухамидов, М.Б. Шерматова. Результаты испытаний двухконтурной солнечной водонагревательной установки в холодный период года // Гелиотехника, 2017, - №2, - С. 29-32.

40. Р.Р. Аvezов, Н.Р. Аvezова, А.Ю. Усманов, А.У. Вохидов, К.Ю. Рашидов. Автоматизированный теплогидравлический испытательный стенд // Патент на полезную модель FAP 20200248 от 15.08.2020 г.

41. Электронный ресурс: <http://royalthermo.uz/product/asc-1808/>.

42. Frid S. E., Rakhimov E. Yu., Boliev B. B. Actinometric Data for Flat Receivers Solar Energy Units Performance Estimation// Applied Solar Energy, 2019, Volume 55, Issue 1, pp 78–82.

43. Avezova N.R., Rakhimov E. Yu. Orientation of Heated Premise in the Design of Insolation Passive Heating Systems// Applied Solar Energy, 2017, Vol. 53, No. 4, pp. 338–343.

*Представлено Физико-техническим институтом
Академии наук Республики Узбекистан*