

УДК 620.92:626.97
ББК 31.15

**ДИНАМИКА АККУМУЛИРОВАНИЯ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ
СОЛНЕЧНЫМ КОЛЛЕКТОРОМ**

Юсупова Мадина Зикруллоевна - докторант (PhD) кафедры общей физики и твердого тела ХГУ имени академика Б. Гафурова (Республика Таджикистан, г. Худжанд), e-mail: madinahon.yusupova@mail.ru.

**ДИНАМИКА И ЗАХИРАКУНИ
ЭНЕРГИИ ГАРМИИ КОЛЛЕКТОРИ
ОФТОБИ**

Юсупова Мадина Зикруллоевна - докторант (PhD)-и кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт ДДХ ба номи академик Б. Гафуров (Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хучанд), e-mail: madinahon.yusupova@mail.ru.

**DYNAMICS OF THE THERMAL
ENERGY ACCUMULATION BY
SOLAR COLLECTOR**

Yusupova Madina Zikruloevna - Doctorant of PhD of Khujand State University named after academician B. Gafurov, (Tajikistan Republic, Khujand), e-mail: madinahon.yusupova@mail.ru.

Ключевые слова: аккумуляция энергии, термоаккумулирующая установка, тепловой поток, полезная тепловая энергия, солнечный коллектор, информационная система.

В данной работе исследуется процесс аккумуляции энергии солнечного излучения (СИ) плоским солнечным коллектором (СК). Теоретически обоснована методика определения аккумуляции и полезной тепловой энергии СК на основе мониторинга температуры теплопринимающего элемента - металлической пластины, теплоносителя на входе и выходе установки, воздуха местности. Описана разработанная экспериментальная установка СК с цифровой информационной системой. Приведены результаты исследований временной зависимости, аккумуляции и полезной тепловой энергии СК. Полученные данные по динамике аккумуляции энергии СИ использованы для оптимизации режима отбора полезной тепловой энергии при минимальном уровне тепловых потерь СК.

Вожаҳои калидӣ: захиракунии энергия, дастгоҳи гармизахиракунанда, сели гармӣ, энергияи гармии муфид, коллектори офтобӣ, системаи информатсионӣ.

Дар кори мазкур процесси захиракунии афканиши офтобӣ дар коллектори офтобии ҳамвор омӯхта мешавад. Усули муайян кардани энергияи гармии захирашуда ва муфиди дастгоҳ дар асоси мониторинги ҳарорати гарминаққунанда дар даромаду баромад, пластинаи металлӣ, ҳавои минтақа назариявӣ асоснок шудааст. Дастгоҳи таҳияшудаи таҷрибавӣ бо системаи иттилоотии рақамӣ тавсиф шудааст. Натиҷаҳои тадқиқоти динамикаи шабонарӯзии захиракунии энергияи дастгоҳ, истеҳсоли муфид ва талафоти гармӣ оварда шудааст. Дар асоси ин маълумот реҷаи нақли гармии муфид ҳангоми сарфи гармии камтарин танзим мешавад.

Key words: energy accumulation, heat accumulation device, heat flow, useful heat energy, solar collector, information system.

This paper investigates the process of accumulation of solar radiation (SR) by a flat solar collector (SC). The dynamics of heat accumulation in the SC is determined by parameters of the SC elements, the area climate and the stochastic regime of SR input. The method for determining the accumulated and useful thermal energy of the SC based on monitoring the temperature of the SC metal plate and the air of the area has been theoretically substantiated. An experimental SC installation with a digital information system has been developed. Data on the daily dynamics of energy storage, useful heat of the SC were obtained. Optimization the useful thermal energy output regime under the minimal heat losses according obtained data were carried.

Одной из важнейших и наиболее сложных задач современной энергетики является проблема эффективного аккумулирования энергии, вырабатываемой из экологически чистых возобновляемых источников. Существующие технологии аккумулирования солнечной энергии являются достаточно дорогостоящими, что сдерживает их широкое применение. Актуальность исследований связана с необходимостью диверсификации источников экологически чистой тепловой энергии в условиях дефицита электроэнергии и ограничения использования углеводородного топлива согласно Парижской конвенции по изменению климата. Практически во всех странах ведутся активные работы по созданию эффективных технологий аккумулирования энергии, каждая из которых имеет свою область применения в зависимости от аккумулирующей способности и длительности хранения энергии [1,2].

Современный этап развития солнечной энергетики связан с созданием высокоэффективных инновационных технологий управляемыми интеллектуальными информационными системами [3,4]. Важным требованием для разработки новых технологий является учет влияния климато-метеорологических условий местности. Оптическая прозрачность атмосферы и облачность местности существенно влияют на выработку тепловой энергии солнечным коллектором (СК). Исследования показывают [5,6], что уменьшение выработки СК из-за облачности составляет более 50% зимой и около 10% летом в условиях севера Республики Таджикистан (РТ).

В данной работе исследуется динамика аккумулирования тепла в процессе преобразования солнечной энергии плоским СК с помощью цифровой информационной системой. СК для отопления зданий и сооружений рассматривается как активный тепловой аккумулятор и далее называется термоаккумулирующая установка.

Целью исследований является разработка высокоэффективной технологии получения тепла для обеспечения круглогодичного использования солнечного излучения с учетом условий регионов РТ. Для этого обоснованы методики определения динамики (временной зависимости) аккумулированной и полезной тепловой энергии, эффективности (КПД) СК.

Возможность аккумулирования тепловой энергии основана на использовании физического или химического процесса, связанного с поглощением и выделением теплоты. Накопление тепла в материале с высокой теплоемкостью позволяет отдавать его в более позднее время дня, так возможно стабилизировать внутреннюю температуру и уменьшить потребности в нагревании и охлаждении.

Основой активного теплоаккумулирующего устройства являются коллекторы. Устройство поглощает энергию СИ и перерабатывает ее в тепло, с помощью которого можно отапливать дом или подогревать воду.

Моделирование характеристик теплового аккумулятора на основе солнечного коллектора проводится с учетом динамики процесса аккумулирования тепла. Процесс преобразования энергии СИ в тепло происходит в тепловоспринимающем элементе – металлической пластине. Часть тепловой энергии аккумулируется в материале пластины, часть передается теплоносителю. Временные зависимости аккумулированной и полезной тепловой энергии являются основными динамическими характеристиками процесса преобразования СИ.

Динамика процесса аккумулирования энергии определяется тепловыми параметрами элементов СК, климатом местности и стохастическим режимом поступления СИ. Динамика аккумулирования энергии в металлической пластине солнечного коллектора и полезной тепловой энергии (выработки тепла) исследуется с помощью информационной системы непрерывного мониторинга температуры металлической пластины, температуры теплоносителя (жидкость, воздух) на входе и выходе установки.

В зависимости от рабочей схемы масса коллектора включает массу тепловоспринимающего элемента - металлической пластины и массу теплоносителя, например, воздуха или жидкости (вода, антифриз).

Аккумулированная энергия $W_{ак}$ в материале СК определяется формулой

$$W_{ак} = m_k c_k \Delta T \quad (1)$$

где m_k - масса коллектора, c_k - теплоемкость материала СК и $\Delta T = T_k - T_n$, разность конечной T_k и начальной температуры T_n коллектора.

Температура внутри коллектора повышается днем за счет полученного тепла (солнечного излучения), что приводит к увеличению разности ΔT , следовательно, аккумулированной энергии СК, согласно формуле (1).

Аккумулированная энергия $W_{акк}$ металлической пластиной, определяется разностью ΔT_m температуры металла до и после облучения

$$W_{акк} = m_m c_m \Delta T_m \quad (2)$$

где m_m и c_m – масса и теплоемкость металла.

Полезная тепловая энергия коллектора за интервал времени Δt равна

$$\Delta W_{полезное} = m_{воздух} c_{воздух} (T_{вых} - T_{вх}) \quad (3)$$

где $c_{воздух}$ и $m_{воздух}$ – теплоемкость и масса воздуха, поданное в здание за Δt , $T_{вх}$ и $T_{вых}$ – температура воздуха на входе и выходе коллектора.

Полезное тепло, полученное за день определяется по формуле:

$$W_{полезное} = M_{воздух} c_{воздух} \langle T_{вых} - T_{вх} \rangle \quad (4)$$

где $M_{воздух}$ – общая масса воздуха, поданная от коллектора в здание,

$\langle T_{вых} - T_{вх} \rangle$ – среднее значение разности температур в течении светового дня.

Мощность системы отопления здания определяется суммой тепловых потерь $Q_{п}$ всех наружных ограждающих конструкций (ОК) при значении температуры воздуха местности для холодной пятидневки в качестве $T_{нар}$ и комнатной температуре $T_{вн} = 23^\circ\text{C}$. Расход энергии для отопления за интервал времени Δt определяется по формуле

$$\Delta W = Q_{п} \Delta t \quad (5)$$

Теплопотери ОК здания и сооружений $Q_{ок}$ определяются формулой

$$Q_{ок} = k_{ок} S_{ок} \Delta T \quad (6)$$

где $k_{ок}$ – коэффициент теплопотерь ОК, $S_{ок}$ – площадь ОК, $\Delta T = T_{вн} - T_{нар}$ разность температуры воздуха внутри и снаружи ОК. Реальная величина ΔT зависит от суточных и сезонных колебаний температуры воздуха местности.

Для экономии энергии, мощность системы отопления регулируется в зависимости реальной величины ΔT с помощью терморегулятора или ступенчатым отключением мощности системы отопления, состоящей из нескольких источников энергии, например, термоэлектрических нагревателей. Обычно солнечные коллекторы используются с дополнительным источником отопления – дублером для включения в период отсутствия солнечного излучения в ночное время и в пасмурные дни.

Существует два способа экономии энергии или уменьшение расхода энергии дублером: а) увеличение полезной тепловой энергии солнечного коллектора, т.е. доли солнечной энергии при отоплении и б) уменьшение тепловых потерь здания. При разработке солнечной термоаккумулирующей установки для отопления зданий и сооружений, нами использована схема расположения элементов СК, в которой задействованы оба способа [7].

Полезная тепловая энергия W_{iT} для интервала i измерения определяется:

$$W_{iT} = m_i c \Delta T_i \quad (7)$$

где m_i – масса воздуха, прошедшая через СК за интервал измерения Δt_i ,

c – теплоемкость воздуха, ΔT_i – разность температур на входе и выходе СК.

Суточная полезная тепловая энергии СК $W_{сТ}$ определяется суммой

$$W_{сТ} = \sum_{i=1}^N W_{iT} \quad (8)$$

где $N=288$ число измерений в сутки при интервале измерений $\Delta t_i = 5$ мин.

Месячная полезная тепловая энергия СК $W_{мТ}$ определяется формулой:

$$W_{мТ} = \sum_{j=1}^D W_{сТj} \quad (9)$$

где D – число дней в месяце, j – число месяца, j меняется интервале от 1 до D .

Средний месячный тепловой КПД установки определяется формулой

$$\eta_{мТ} = W_{мТ} / E_m \quad (10)$$

где $W_{мТ}$ – месячный объём полезной тепловой энергии, E_m – месячная сумма энергии солнечного излучения, полученной приемником установки.

Солнечный коллектор для отопления зданий, сооружений и схема устройства элементов СК показаны на рис.1 и рис.2, соответственно.

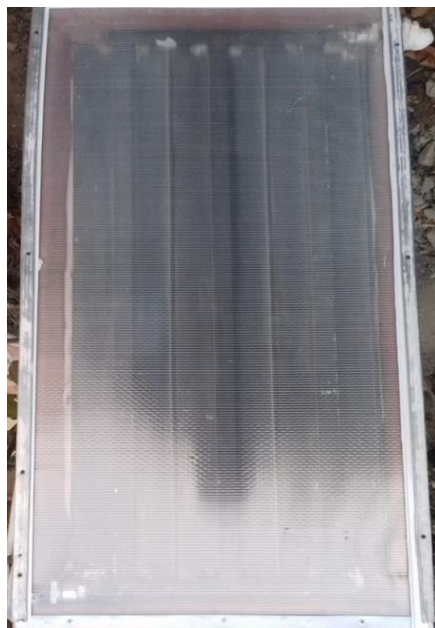


Рисунок 1. Солнечный коллектор

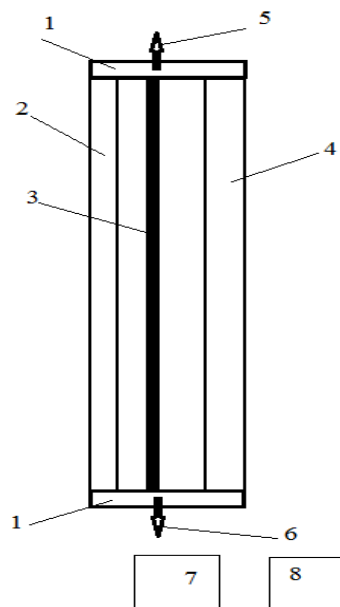


Рисунок 2. Схема устройства СК для отопления зданий, сооружений

Экспериментальная установка представляет собой солнечный коллектор с информационной системой (ИС) для автоматического контроля, управления и исследования процесса аккумулирования энергии [7].

Приемник солнечного излучения СК размещен внутри корпуса 1, который покрыт поликарбонатом 2. Приемник стандартного заводского исполнения (производства СССР) с площадью 1 м^2 представляет собой пластину из алюминия 3 с развитой поверхностью в виде выступов и ребер. Нижняя стенка 4 и боковая рама корпуса имеют теплоизоляцию из пенопласта и полиуретана. Аккумулированная приемником тепловая энергия, передается теплоносителю - воздуху или рабочей жидкости (вода, антифриз). В теплый период используется режим выработки горячей воды. Нагретая вода с выхода 5 на верхней части корпуса СК по трубе (теплопроводу) за счет разности температур попадает в бак - аккумулятор. Холодная вода по обратной теплоизолированной трубе подается во вход 6 в нижнюю часть СК. Водопроводная вода подается через теплообменник в здании и используется для охлаждения внутренних помещений.

Аккумулированная энергия $\Delta W_{\text{ак}}$ солнечного коллектора за интервал Δt определяется суммой энергии аккумулированной массы материала приемника из алюминия и воды во внутреннем объеме коллектора:

$$\Delta W_{\text{ак}} = \Delta W_{\text{ал}} + \Delta W_{\text{вода}} = (m_{\text{ал}} c_{\text{ал}} + m_{\text{вода}} c_{\text{вода}}) \Delta T_{\text{м}} \quad (11)$$

где m и c – масса и теплоемкость, $\Delta T_{\text{м}}$ – разность температуры приемника за время облучения. Масса приемника $m_{\text{ал}} = 8 \text{ кг}$, воды $m_{\text{вода}} = 1,4 \text{ кг}$.

Полезная тепловая энергия W_i в интервале Δt определяется формулой

$$W_i = m_{\text{воды}} c_{\text{вода}} \Delta T_{\text{вода}} \quad (12)$$

В нашем эксперименте интервал времени облучения $\Delta t = 30 \text{ мин}$ и $W_i = W_{\text{СК}}$.

Полезная суточная W_c тепловая энергия СК определяется формулой

$$W_c = \sum W_i \quad (13)$$

где интервал определяется $i = 1 \dots N$ дневным временем облучения СК.

В отопительный сезон (октябрь-апрель) СК работает в основном на выработку тепла. Температура воздуха внутри здания поддерживается автоматически с помощью датчика температуры 7. Отбор тепла управляется включением вентилятора 8, которая направляет воздух во вход СК.

ИС обеспечивает непрерывный мониторинг до 30 параметров установки с регистрацией данных с заданным интервалом времени на флешкарту с объемом 1 Гб. Результаты измерений параметров установки: температура алюминиевого корпуса, температура воды на входе и выходе коллектора, температура и давления воздуха хранятся и обрабатываются в формате *Excel*.

Дистанционное управление (включение/отключение) установки, контроль выходных параметров осуществляется через мобильную сеть с помощью СМС (Short Message Service).

Разработанная методика позволяет получить временные зависимости аккумулированной и полезной тепловой энергии по данным температуры приемника коллектора, горячей воды и воздуха местности в любом заданном временном интервале суток, также изучить динамику тепловых потерь СК.

Мониторинг температуры алюминиевого приемника СК и воздуха местности г.Худжанд (21.04.2020г.) показан на рисунке 3.

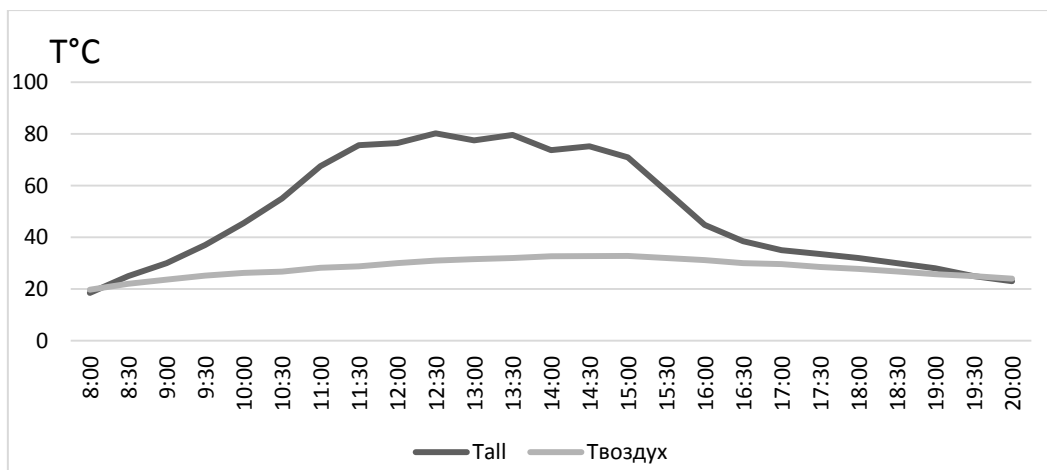


Рисунок 3. Мониторинг температуры приемника СК и воздуха местности.

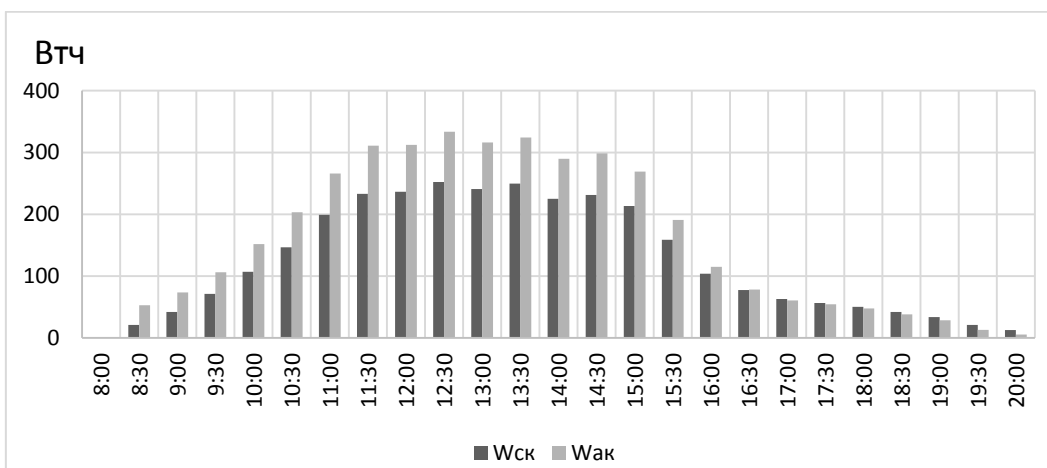


Рисунок 4. Мониторинг полезной $W_{СК}$ и аккумулированной $W_{ак}$ энергии

Температура воздуха измеряется в тени вблизи СК. Температура приемника измеряется в двух точках на середине и верхней части СК.

Мониторинг полезной тепловой энергии $W_{СК}$ и аккумулированной энергии коллектора $W_{ак}$ (21.04.2020г.) показан на рисунке 4 ($W_{СК} = W_i$).

Тепловой поток, аккумулируемый материалом приемника, становится отрицательным, после достижения максимальной температуры приемника.

Величина аккумулированной энергии $W_{ак}$ достигает максимума в точке пика температуры приемника и составляет 0,334 кВтч или 7,4% от средней суточной суммы солнечного излучения. Средняя удельная суточная сумма солнечного излучения для апреля месяца на плоскости коллектора при угле места установки 40° (азимут направлен на юг) составляет $5,7 \text{ кВтч/м}^2$.

Полезная энергия $W_{СК}$ за день 20.04.2020г. составила 3,1 кВтч.

Суточные тепловые потери СК составили 2,6 кВтч.

Суточная энергетическая эффективность СК составила 54%.

Мгновенная мощность аккумулированного СК потока $P_{ак}$ равна нулю в точке максимума температуры. Полезная тепловая энергия солнечного коллектора при отсутствии отбора теплоносителем равняется нулю. Отбор горячей воды и подача холодной воды с температурой равной температуре воздуха местности производится каждые полчаса для уменьшения потерь.

По результатам исследований разработан алгоритм оптимального режима отбора горячей воды и программное обеспечение интеллектуальной информационной системы солнечной установки. Отбор горячей воды осуществляется в зависимости от поступления солнечной энергии при минимальном уровне тепловых потерь.

Заключение

1. Разработана, изготовлена и исследована автоматизированная экспериментальная солнечная термоаккумулирующая установка с информационной системой для получения и аккумулирования тепловой энергии с учетом климато - метеорологических условий местности.
2. Разработана методика экспериментального исследования суточной динамики тепловых потоков в элементах конструкций солнечной термоаккумулирующей установки с учетом стохастического режима поступления солнечного излучения по данным мониторинга температуры металлического приемника и воздуха местности.
3. Экспериментально определены временные зависимости аккумулированной и полезной тепловой энергии, которые позволяют изучить динамику тепловых потерь и энергетическую эффективность солнечной термоаккумулирующей установки в заданном временном интервале.
4. Обнаружено, что величина аккумулированной энергии $W_{ак}$ достигает максимума в точке пика температуры приемника и составляет 0,334 кВтч или 7,4% от средней суточной суммы солнечного излучения. При этом средняя удельная суточная сумма солнечного излучения для весеннего месяца (апреля) на плоскости коллектора при угле места установки 40° (азимут направлен на юг) составляет $5,7 \text{ кВтч/м}^2$.
5. Установлено, что полезная энергия за день достигает значение 3,1 кВтч. При этом суточные тепловые потери солнечного коллектора составили 2,6 кВтч. Суточная энергетическая эффективность солнечного коллектора составила 54%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новых А.В., Мендес Перез Х.А., Гонзалес-Диаз Б., Баглай В.Л., Капустянский М.С., Свириденко И.И. Технологии аккумулирования тепловой энергии. Сборник тезисов докладов 15-й Международной научно-практич. конференции по атомной энергетике «Безопасность, эффективность, ресурс» – Севастополь, Оргкомитет МНПК АЭ-2019. – с. 90-95.
2. Веде П.Ю., Киселкин Е.В. Аккумулирование тепловой энергии в ограждающих конструкциях зданий. Эпоха науки № 14 - Июнь 2018 г. Технические науки. с. 165-173.
3. Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р. Тепловая энергия солнечной фотоэлектрической установки. Ученые записки ХГУ им. акад. Б.Гафурова серия естественные и экономические науки. - 2018. №2(45).- с. 51-56.
4. Салиев М.А., Назаров Р.Р., Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О., Мониторинг выработки электрической и тепловой энергии солнечной установки. Ученые записки ХГУ им. акад. Б.Гафурова серия естественные и экономические науки. - 2020с. №1 (54), с.12-20.
5. Карагусов В. И., Колпаков И. С. Влияние погодных факторов на работу радиационной системы обогрева. Омский научный вестник. серия авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. Том 3, №1 2019, с. 66-72.
6. Салиев М.А., Юсупова М.З. Влияние облачности на выработку тепловой энергии солнечного коллектора. Материалы международной научно-практической конференции «Рассмотрение современных проблем физико-технических наук, полупроводниковой техники», посвященной «Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук». Худжанд 18 мая 2021г, с. 387-391.
7. Салиев М.А., Назаров Р.Р., Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О. Солнечный коллектор – панель для отопления зданий и сооружений. Положительное решение на заявку на изобретение № 2001458 от 14.08.2020г.

АДАБИЁТ

1. Новых А.В., Мендес Перес Х.А., Гонсалес-Диас Б., Баглай В.Л., Капустянский М.С., Свириденко И.И. Технологияҳои нигоҳдории энергияи гармӣ. Маҷмуаи тезисҳои 15-уми байналмилалӣ илмӣ - амалӣ. конфронси энергетикаи атомӣ "Бехатарӣ, самаранокӣ, захираҳо" - Севастополь, Кумитаи тадқиқоти МНПК АЭ-2019. – с. 90-95.
2. Веде П.Ю., Киселкин Е.В. Чамъоварии энергияи гармӣ дар лифофаҳои бино. Эпоха науки №14 - июни 2018с. Илмҳои техники. с. 165—173.
3. Юсупова М.З., Мирзокобилова Ф.О., Салиев М.А., Назаров Р.Р. Энергияи гармӣ дастгоҳи фотоэлектрикӣ ва офтобӣ. Номаи донишгоҳ ДДХ ба номи акад. Б.Гафуров. Илмҳои табиӣ ва иқтисодӣ. - 2018. No 2(45).- с.51-56.

4. Салиев М.А., Назаров Р.Р., Юсупова М.З., Мирзोकобилова Ф.О., Мониторинги истехсоли энергияи электрикӣ ва гармии дастгоҳи офтобӣ. Номаи донишгоҳ, ДДХ ба номи акад. Б.Ғафуров. Илмҳои табиӣ ва иқтисодиёт. - 2020с. №1 (54), с. 12-20.
5. Карагусов В.И., Колпаков И.С. Таъсири омилҳои обу ҳаво ба кори системаи гармидиҳии радиатсионӣ. Бюллетени илмии Омск. серияи самолёт-ракет ва энергетикӣ мошинсозӣ. Ҷилди 3, № 1 2019, с. 66-72.
6. Салиев М.А., Юсупова М.З. Таъсири абрнокӣ ба тавлиди энергияи гармии коллектори офтобӣ. Маводҳои конфронси байналмилалӣ илмӣ-амалии «Баррасии масъалаҳои муосири илмҳои физикаю техникӣ, технологияи нимқоқилҳо», баҳшида ба «20-солагии омӯзиш ва рушди илмҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ». Хуҷанд 18 майи соли 2021, с. 387-391.
7. Салиев М.А., Назаров Р.Р., Юсупова М.З., Мирзोकобилова Ф.О. Коллектори офтобӣ - панел барои гарм кардани биноҳо ва иншоот. Қарори мусбӣ аз рӯи аризаи ихтироъ № 2001458 аз 14.08.2020с.

LITERATURE

1. Novykh A.V., Mendez Perez K.H.A., Gonzalez-Diaz B., Baglay V.L., Kapustyanskiy M.S., Sviridenko I.I. Tekhnologii akkumulirovaniya teplovoy energii. Sbornik tezisov dokladov 15-y Mezhdunarodnoy nauchno-praktich. konferentsii po atomnoy energetike «Bezopasnost', effektivnost', resurs» – Sevastopol', Orgkomitet MNPК AE-2019. – pp. 90-95.
2. Vede P.YU., Kiselkin Ye.V. Akkumulirovaniye teplovoy energii v ogradhdayushchikh konstruksiyakh zdaniy. Epokha nauki № 14 - Iyun' 2018 g. Tekhnicheskoye nauki, pp. 165-173.
3. Yusupova M.Z., Mirzokobilova F.O., Saliyev M.A., Nazarov R.R. Teplovaya energiya solnechnoy fotoelektricheskoy ustanovki. Uchenyye zapiski KHGU im. akad. B.Gafurova. Yestestv. i ekonom. nauki. - 2018. №2(45).- pp. 51-56.
4. Saliyev M.A., Nazarov R.R., Yusupova M.Z., Mirzokobilova F.O., Monitoring vyrabotki elektricheskoy i teplovoy energii solnechnoy ustanovki. Uchenyye zapiski KHGU im. akad. B.Gafurova. Yestestv. i ekonom. nauki. - 2020s. №1 (54), pp.12-20.
5. Karagusov V. I., Kolpakov I. S. Vliyaniye pogodnykh faktorov na rabotu radiatsionnoy sistemy obogreva. Omskiy nauchnyy vestnik. seriya aviatsionno-raketnoye i energeticheskoye mashinostroyeniye. Tom 3, №1 2019, pp 66-72.
6. Saliyev M.A., Yusupova M.Z. Vliyaniye oblachnosti na vyrabotku teplovoy energii solnechnogo kollektora. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Rassmotreniye sovremennykh problem fiziko-tekhnicheskikh nauk, poluprovodnikovoy tekhniki», posvyashchennoy «Dvadsatiletiyu izucheniya i razvitiya yestestvennykh, tochnykh i matematicheskikh nauk». Khudzhand 18 may 2021g, pp. 387-391.
7. Saliyev M.A., Nazarov R.R., Yusupova M.Z., Mirzokobilova F.O. Solnechnyy kollektor – panel' dlya otopeniya zdaniy i sooruzheniy. Polozhitel'noye resheniye na zayavku na izobreteniyе № 2001458 ot 14.08.2020g.