



## ҚУЁШ ЭНЕРГЕТИКАСИ/ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА/ SOLAR ENERGY

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Узаков Г.Н., Давланов Х.А., Тошмаматов Б.М.

Каршинский инженерно-экономический институт

[uzoqov66@mail.ru](mailto:uzoqov66@mail.ru)

В статье изложены основные результаты научных исследований по разработке энергоэффективных систем и технологий на основе использования альтернативных источников энергии в природно-климатических условиях г.Карши.

Приведены краткие характеристики и принцип работ энергоустановок на основе возобновляемых видов энергии, разработанные на научно-инновационном полигоне «Альтернативные источники энергии».

**Ключевые слова:** Альтернативные источники энергии, возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, солнечный коллектор, солнечная установка, солнечный дом, энергоснабжения, энергии биомассы, пиролизная установка, твердые бытовые отходы.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих альтернативные источники энергии. Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его сжигания обусловили в последние годы значительное повышение интереса к этим технологиям практически во всех развитых странах мира [1,2,3,4].

Повышение эффективности использования энергетических ресурсов и внедрение энергосберегающих технологий, обеспечивающих сохранение энергетической независимости страны и ее экспортного потенциала, является основным приоритетным направлением в развитии экономики Узбекистана. Правительством нашего государства поставлены задачи бесперебойного энергоснабжения промышленных объектов, транспорта и сельских населенных пунктов, реализации мер по ускоренному развитию на селе промышленного производства и строительства, создания компактных предприятий по выращиванию, хранению переработке сельхозпродуктов, оснащенных современной техникой и технологиями.

В связи с этим необходимо разработать конкурентоспособные и экологически чистые технологии, создать рынок энергетического оборудования, использующего возобновляемые источники энергии (ВИЭ), устранить финансовые, информационные, законодательные барьеры на пути их широкого использования. Одним из способов экономии энергии и совершенствования систем теплоснабжения является применение энергоэффективных тепловых установок, использующих нетрадиционные источники энергии, в частности, низкопотенциальные источники энергии.

Энергетический потенциал большинства из перечисленных выше ВИЭ в масштабах планеты и отдельных стран во много раз превышает современный уровень энергопотребления и поэтому они могут рассматриваться как возможный альтернативный источник производства энергии.





Солнечное излучение, вследствие того, что оно исходит от источника с яркостной температурой около  $6000^{\circ}\text{C}$ , с термодинамической точки зрения является высококачественным первичным источником энергии, допускающим принципиальную возможность ее преобразования в другие виды энергии (электроэнергия, тепло, холод и др.) с высоким КПД. Южный регион нашей Республики (Кашкадарьинская область) обладает огромными ресурсами солнечной энергии.

По измеренным данным плотность солнечного излучения в условиях г.Карши в ясный полдень достигает до  $1 \text{ кВт/м}^2$ , а в среднем за год (с учетом ночей и пасмурных дней) составляет около  $200\text{-}250 \text{ Вт/м}^2$ , что тем не менее соответствует ежегодному поступлению на  $1 \text{ м}^2$  земной поверхности энергии, эквивалентной  $150\text{-}250 \text{ кг}$  условного топлива ( $1 \text{ кг}$  условного топлива= $7000 \text{ ккал}$  или  $29310 \text{ кДж}$  тепла).

Однако относительно невысокая плотность энергетического потока солнечного излучения на поверхности земли и непостоянство времени (суточная, сезонная) затрудняют более эффективному использованию для электро-и теплоснабжение автономных потребителей.

Поэтому с учетом выше указанных недостатков, нами на научно-инновационном полигоне «Альтернативные источники энергии» Каршинского инженерно-экономического института создан энергоэффективный солнечный дом, на основе комбинированного использования традиционных и солнечных энергоустановок. Ниже кратко излагаются основные принципы создания экспериментального солнечного дома.

#### **Энергоэффективный солнечный сельский дом**

Солнечный сельский дом - здание, построенное по принципам энергосбережения, с максимальным использованием ресурсов солнечной энергии местности для обеспечения потребностей сельского индивидуального дома, в первую очередь отопления и горячего водоснабжения.

Разработана система солнечного автономного электроснабжения, теплоснабжения и горячего водоснабжения для сельских домов, удаленных от централизованной системы энергоснабжения (Рис.1). Солнечный сельский дом спроектирован с комбинированными системами отопления (традиционный водогрейный котел + система солнечного отопления с гелиоколлекторами), горячего водоснабжения (дублер электронагреватель + солнечный коллектор для нагрева воды), солнечно-ветрового электроснабжения, а также предусмотрен теплый пол на основе солнечной энергии.

Впредложенных системах энергоснабжения эффективно используются энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии, в частности солнечные батареи, ветроустановки и солнечные коллекторы. Внедрение проекта солнечного сельского дома позволяет сэкономить традиционные энергоресурсы (природный газ, угля, мазута и т.п.) и обеспечить уменьшение выброса вредных парниковых газов в атмосферу.



Рис.1. Солнечный сельский дом





Солнечное отопление сельского дома – инновационная технология, которая обеспечит тепловой энергией систему обогрева в отопительный период сельского здания. Бесперебойную работу предложенной системы обеспечивает спроектированная комбинированная система отопления с традиционным водогрейным котлом и солнечным коллектором.

Разработанная система отопления состоит из двух контуров: традиционный контур с котлом и солнечный контур с коллекторами для нагрева воды (Рис.2).



Рис.2. Система комбинированного горячего водоснабжения сельского дома.

Основные параметры гелиоводонагревательной установки приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные параметры солнечной водонагревательной установки для систем ГВС сельского дома

<b>I. Технические характеристики</b>	
Размеры коллектора	1900×800×90 мм
Масса коллектора без воды	50 кг
Аппертура коллектора	1,45 м <sup>2</sup>
Площадь коллектора	1,5 м <sup>2</sup>
Производительность по горячей воды	G=70-100 л/сутка. м <sup>2</sup>
Температура горячей воды	t <sub>2</sub> = 60÷80 <sup>0</sup> С
Энергия солнечного излучения	q <sub>r</sub> =700-800 Вт/м <sup>2</sup>
<b>II. Экономические показатели</b>	
КПД установки	45-60 %
Продолжительность работы коллектора в течении года	10 месяц в году (с вычетом пасмурных дней )
Стоимость установки	1 м <sup>2</sup> – 850 000 сум
Срок служба установки	6-8 год
Срок окупаемости	0,5 год

Необходимость финансовых вложений существует только для приобретения аппаратуры и оборудования.

Достоинства использования солнечной энергии для отопления сельского дома:

- безопасный, доступный и абсолютно чистый источник энергии;
- снижение затрат энергии на отопление;
- сокращение коммунальных финансовых расходов;
- высокая экологическая эффективность.

Одним из классических видов возобновляемой энергии является энергия биомассы. Вместе с тем, биомасса (углеводородсодержащие биологические отходы, материалы) – это энергоёмкий материал.

Энергетическая плотность биомассы составляет  $10 \div 20$  МДж/кг. В отличие от нестабильности солнечной энергии, биомасса транспортабельна и доступна для использования, т.е. является стабильным энергетическим ресурсом. По прогнозам специалистов, к 2050 году человечество будет способно получить из биомассы до 35-38% потребляемого топлива и до 15-17% электроэнергии [5,6].

Научными исследователями кафедры «Альтернативные источники энергии» КИЭИ в период 2010-2021 годы были исследованы процессы термической переработки биомассы с целью получения альтернативного топлива методом пиролиза. По результатам проведенных исследований получен патент на полезную модель «Устройство для отопления теплицы» (авторы: Узаков Г.Н., Давлонов Х.А. и др.) и внедрен в системе отопления опытной солнечной теплицы.

Разработана пиролизная установка для получения топлива из местной биомассы и на основе проведенных исследований имеются результаты получения альтернативных топлив из различных биомасс способом пиролиза [5,6,7,8].

Разработанная опытная пиролизная установка состоит из трубчатого реактора, конденсатора-охладителя, газгольдера, системы очистки газа, дымовой трубы и системы труб (рис.3).

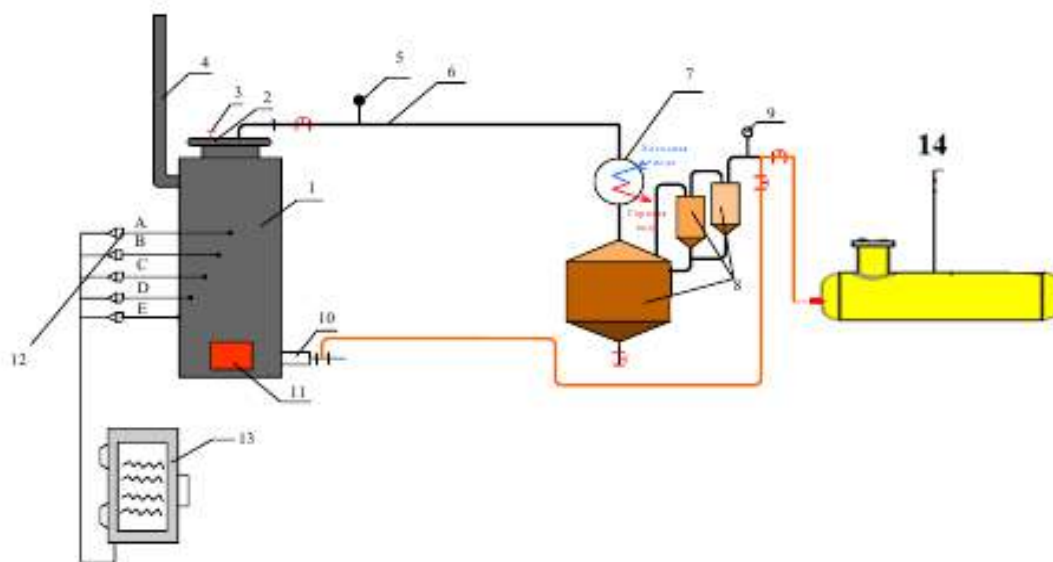


Рис.3. Схема опытной пиролизной установки

1-реактор; 2- крышка для загрузки сырья; 3-клапан; 4- дымовая труба; 5- расходомер; 6- труба парогазовой смеси; 7- конденсатор; 8- сепаратор; 9- расходомер; 10-инжектор; 11- топочная камера; 12-термопары; 13-потенциометр КСП-4; 14-газгольдер.

Пиролизный-реакторизготовлен из стальной трубы диаметром 0,8 м, высотой 1,0 м и объемом  $0,5 \text{ м}^3$ , в реактор можно загрузить 100 кг исходного сырья (биомассы) при плотности биомассы  $200 \text{ кг/м}^3$  и влажностью 20-30 %. Температурный режим разработанной установки обеспечивается с использованием собственного пиролизного газа, полученным при пиролизе



биомассы. Основным отличием разработанной пиролизной установки от известных состоит в том, что реактор изготовлен в форме «труба в трубе», который позволяет утилизировать потери теплоты через поверхности трубы в окружающую среду для нагрева воды и дополнительно получить горячую воду для систем отопления теплиц. Газоход для удаления дымовых газов из реактора выполнен многоходовым, на выходе из реактора соединен с общим коллектором, который обеспечивает рециркуляцию горячих дымовых газов для интенсивного нагрева загруженной биомассы [6].

Предложенная конструкция реактора обеспечивает создание равномерного температурного поля по всему объему реактора и стабильный температурный режим процесса пиролиза. Созданное равномерное температурное поле положительно влияет на интенсивность процесса пиролиза биомассы внутри реактора.

Общий вид опытной пиролизной установки (ПУ-100) приведен на рис.4. [7].



Рис.4. Общий вид опытной пиролизной установки

В опытной пиролизной установке с целью обеспечения альтернативным топливом систем отопления теплиц исследован пиролиз различной местной биомассы (растительная биомасса, опилки тополя, экскремент крупного рогатого скота и отходы хлопчатника). Результаты пиролиза биомассы показывают, что биореактор объемом  $0,5 \text{ м}^3$  производит  $100\text{-}120 \text{ м}^3$  биогаза в сутки. Экспериментом установлено, что  $20\text{-}30 \%$  полученного биогаза расходуется на собственные нужды, т.е. для поддержания температурного режима реактора.

На основе проведенных экспериментальных исследований в результате пиролиза  $100 \text{ кг}$  биомассы (опилки тополя) было получено  $50 \%$  древесного угля,  $20 \%$  жидкого и  $30 \%$  газообразного топлива [6,8].

Разработана автономная система отопления гелиотеплиц с пиролизной установкой в виде «труба в трубе» и утилизатором тепловой энергии, позволяющая обеспечить топливом и горячей водой, а также утилизировать сбросную теплоту конденсатора для обогрева теплицы (Рис.5).



Рис.5. Экспериментальная гелиотеплица с пиролизной отопительной установкой.

Разработана математическая модель теплового баланса гелиотеплицы с пиролизной отопительной установкой и утилизатором тепловой энергии, позволяющая определить требуемую тепловую мощность систем отопления, температурные режимы и тепловую энергию из системы утилизации пиролизной установки.

Предложенная система отопления с пиролизной установкой и утилизатором тепловой энергии полностью обеспечит теплотребности гелиотеплицы. Установлено, что применение пиролизных установок в системе отопления гелиотеплиц с полезной площадью  $100 \text{ м}^2$  в условиях г.Карши позволяет сэкономить  $45 \text{ м}^3$  природного газа в сутки и снизить энергетические затраты на 38 % по сравнению с традиционной системой отопления.

На основе выполненных экспериментальных исследований разработана солнечная воздушнонагревательная система для термической регенерации адсорбентов и активной вентиляции [9,10,11,12].

На рис.6 представлена принципиальная схема экспериментального солнечного воздушного коллектора. В качестве абсорбера, используется тонкий металлический лист. Для исследования температурных характеристик и теплового режима, к листу были припаяны термопары хромель-копелевого типа.

При проведении экспериментальных исследований, коллектор устанавливался таким образом, чтобы солнечное излучение было направлено перпендикулярно плоскости абсорбера. В процессе измерений, при помощи ртутного термометра, определяли температуру окружающего воздуха в тени. Перед началом опытов, коллектор находился в тени и имел температуру окружающего воздуха. В корпусе коллектора, на входе и выходе воздушного потока, в каналах устанавливаются термодатчики и прибор для записи температуры потенциометр КСП-4.

Для проведения эксперимента, приняты следующие условия и параметры солнечного воздушного коллектора:

- теплоноситель – воздух;
- площадь солнечного воздушного коллектора –  $2,25 \text{ м}^2$ ;
- светопрозрачное покрытие – стекло 4 мм;
- абсорбер – металлический лист, окрашенный в черный цвет;
- стыковка – через фланцы и резиновые прокладки;
- интенсивность солнечного излучения –  $700-900 \text{ Вт} / \text{м}^2$ ;
- расход воздуха –  $50 \text{ м}^3 / \text{час}$ ;
- средняя температура окружающей среды –  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- широта местности –  $39^\circ$  (г. Карши);
- габаритные размеры –  $1,0 \times 2,25 \times 0,2 \text{ м}$ .



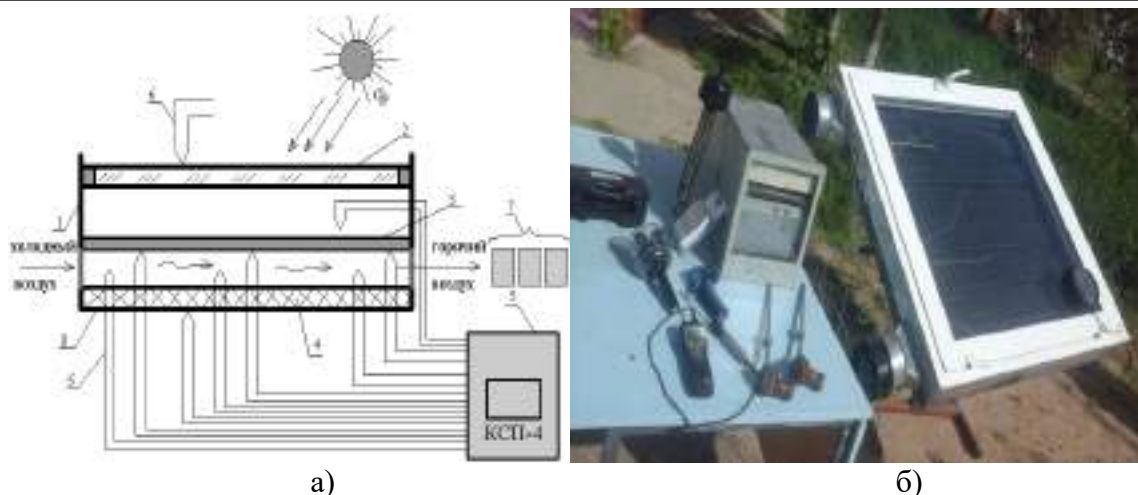


Рис.6. Принципиальная схема и общий вид солнечного воздушного коллектора  
 а) принципиальная схема коллектора: 1 – корпус солнечного коллектора; 2 – светопрозрачное покрытие; 3 – абсорбер; 4 – теплоизоляция; 5 – автоматический потенциометр КСП-4; 6 – термопары ХК; 7 – комплект приборов; 8 – дно коллектора;  
 б) общий вид коллектора.

На рис. 7 представлены результаты экспериментальных исследований по определению основных теплотехнологических характеристик солнечного воздушного коллектора и исследованы температурные режимы установки в природно-климатических условиях г.Карши.

Анализ результатов экспериментальных исследований температурных характеристик и теплового режима солнечного коллектора показывает, что при температуре окружающего воздуха  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и падающей солнечной радиации  $700\text{ Вт}/\text{м}^2$ , в условиях г. Карши, максимальный нагрев воздуха находится в пределах  $60\text{--}66\text{ }^{\circ}\text{C}$  (в период 15 октября 2016 г.).

На техническую новизну разработанной солнечной установки получен патент №FAP 01259 «Устройства для регенерации адсорбентов» (авторы: Узиков Г.Н., Хужакулов С.М. и др.).

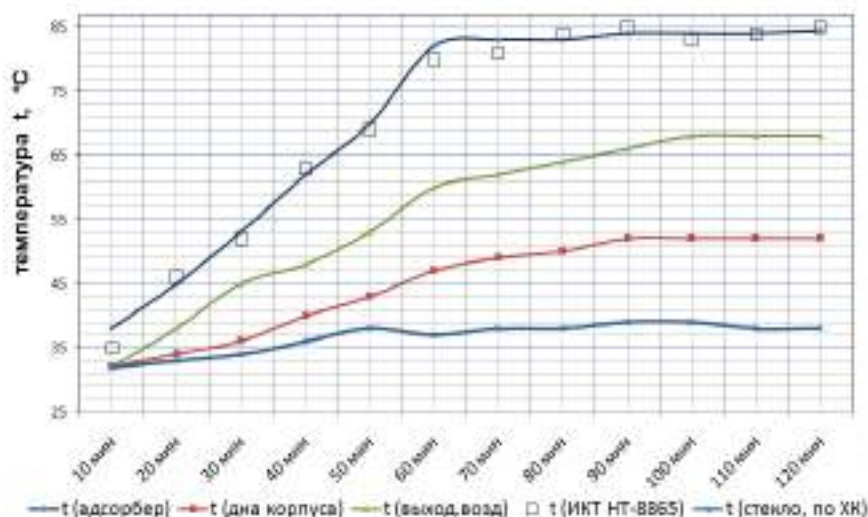


Рис. 7. Результаты экспериментальных исследований температурных характеристик солнечного воздушного коллектора (в условиях г. Карши).

С целью экономии энергии и повышения производительности на научном полигоне «Альтернативные источники энергии» Каршинского инженерно-экономического института нами создана экспериментальная солнечно-теплонасосная сушильно-холодильная камера

(СТСХК), которая обеспечивает одновременно термическую сушку и холодильное хранение ПОП. Предложенная СТСХК представляет собой, как биоэнергетический комплекс, в который входит: сушильная камера 4, подземная холодильная камера 13, воздушный солнечный коллектор (ВСК) 1, аккумулятор тепловой энергии 15, теплонасосная установка 10,11 (рис.8).

Разработанный биоэнергетический комплекс состоит из сушильной (верхняя часть) и холодильной камеры (подземная часть) и работает следующим образом. Тепловой насос (ТН) охлаждает подземную холодильную камеру, при этом испаритель ТН отнимает теплоту из внутреннего объема холодильной камеры и в конденсаторном узле низкопотенциальный тепловой выброс утилизируется в сушильной камере. Утилизация низкопотенциального тепла конденсатора ТН поддерживает требуемый температурный режим сушильной камеры. Остальная часть тепловой нагрузки сушильной камеры обеспечивается воздушным солнечным коллектором и пассивной солнечной системой. Таким образом, использование ТН, активной (ВСК) и пассивной (светопрозрачная стена сушильной камеры) солнечных установок, а также аккумулирование излишек тепла полностью обеспечивает требуемую тепловую нагрузку сушильной камеры. Утилизация тепловых выбросов ТН, использование энергии солнечного излучения для подогрева сушильного агента (воздух) с помощью солнечных установок позволяет полностью замещать традиционную энергию в сушильной камере (Рис.9).

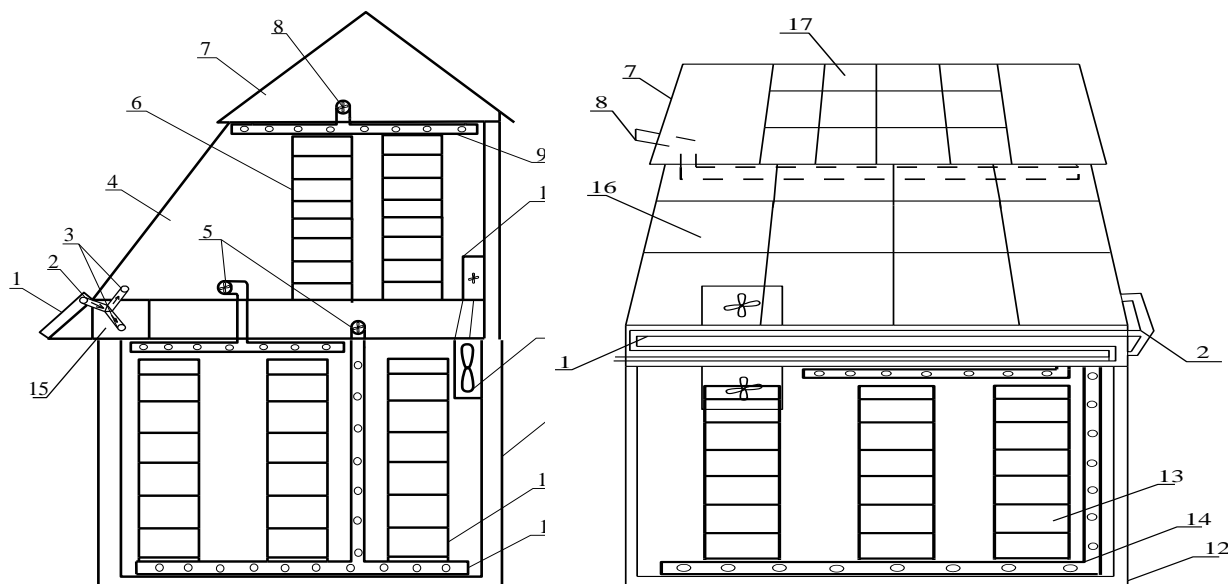


Рис.8. Схемы комбинированной солнечно-теплонасосной сушильно-холодильной камеры.

1-ВСК; 2-выходной канал воздушного солнечного коллектора; 3-входной канал воздуха в аккумулятор тепловой энергии и сушильную камеру; 4-сушильная камера; 5-вентиляторы холодильной камеры; 6-стеллаж сушильной камеры; 7-перекрытие сушильной камеры; 8-вентилятор сушильной камеры; 9-воздушный канал; 10-конденсатор теплового насоса; 11-испаритель теплового насоса; 12-наружное ограждение; 13-штабель холодильной камеры; 14-воздушный канал холодильной камеры; 15- аккумулятор тепловой энергии; 16- светопрозрачная лучевоспринимающая поверхность сушильной камеры; 17- солнечные фотоэлектрические панели.



а)

б)



в)

Рис.9. Общий вид солнечно-теплоснабженной сушильно-холодильной камеры:  
а) холодильная камера; б) сушильная камера; в) общий вид сушильно-холодильной камеры.

В предложенной системе замкнутый цикл ТН, применение термодинамического цикла ТН для одновременного охлаждения и теплоснабжения, управляемые солнечные установки создают требуемые теплотехнические условия для сушки различных плодоовощных продуктов без затраты дорогостоящей традиционной энергии (тепла, электроэнергии). Для исследования тепловлажностного режима принят метод натурного испытания теплотехнических установок. Основные характеристики и параметры СТСХК приведены в табл.2.

Основные параметры солнечно-теплонасосной сушильно-холодильной камеры				
T/P	Параметры	Единица измерения	Обозначение	Значение
1	Электрическая мощность теплового насоса	кВт	$N_{эл}$	1,1
2	Количество хладагента R22A	кг	$m_{ф}$	4,2
3	Электрическая мощность систем вентиляции и освещения камер	кВт	$N_{эл}$	0,062
4	Объем сушильной камеры	$M^3$	$V_c$	8,0
5	Объем холодильной камеры	$M^3$	$V_{хк}$	5,0
6	Вместимость сушильной камеры	т	$G_c$	2,0 ÷ 2,5
7	Вместимость холодильной камеры	т	$G_{хк}$	2,0 ÷ 2,5
8	Рабочая температура в сушильной камере	$^{\circ}C$	$t_{оп}$	50 - 60
9	Температурный режим холодильной камеры	$^{\circ}C$	$T_{хк}$	-5 ÷ +10
10	Влажность воздуха в сушильной камере	%	$\varphi$	30-40
11	Оптимальная влажность воздуха в холодильной камере	%	$\varphi$	80-95

Разработана принципиальная тепловая схема гелионагревательной системы (ГНС) с контактным теплообменником для тепловлажностной обработки (ТВО) приточного воздуха в теплицу (рис. 10 и 11) [13].

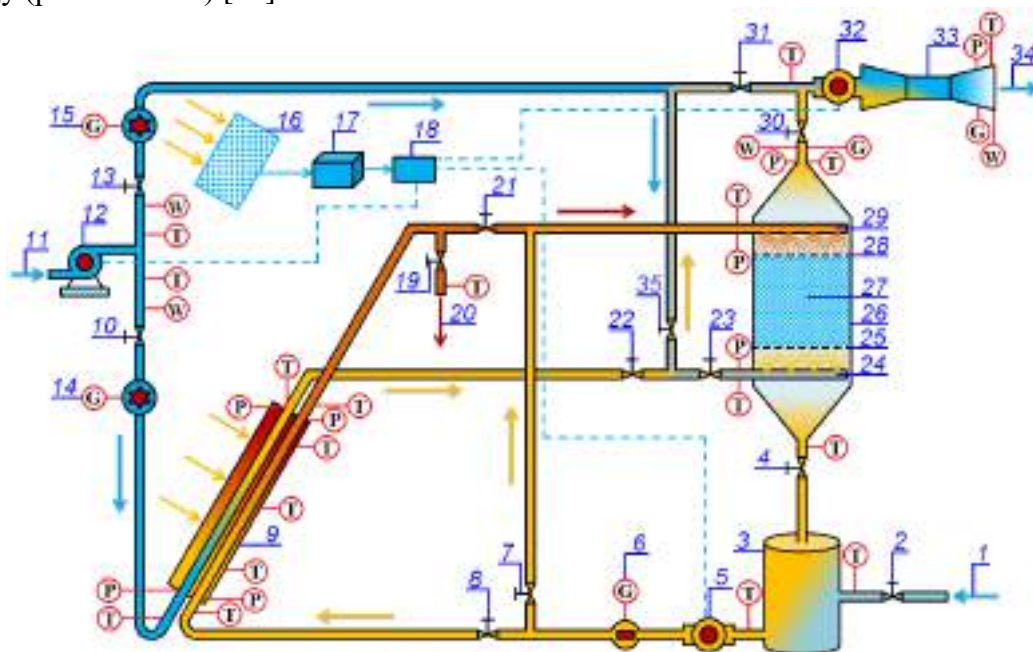


Рис.10. Принципиальная схема гелионагревательной системы с контактным теплообменником для ТВОВ теплицы



1-холодная вода из водопровода; 2, 4, 7, 8, 10, 13, 19, 21, 22, 23, 30, 31, 35-вентили; 3-резервуар (бак) для холодной воды; 5-циркуляционный насос; 6-расходомер для воды; 9-комбинированный водо-воздушный солнечный коллектор (КВВСК); 11-атмосферный воздух; 12, 32-вентилятор; 14, 15-расходомеры для воздуха; 16-фотоэлектрический преобразователь; 17-аккумулятор; 18-инвертор напряжения; 20-нагретая вода к потребителю; 24-форсунка для воздуха; 25-нижняя тарелка; 26-контактный теплообменник; 27-насадка; 28-верхняя решетка; 29-форсунка для воды; 33-эжектор; 34-увлажненный воздух; Т-температура; Р-давление; G-расход; W-влажность.

Для повышения эффективности работы гелионагревательной системы тепловлажностной обработки воздуха в теплицах нами разработан комбинированный солнечный коллектор (КСК), который одновременно нагревает воды и атмосферного приточного воздуха.

Экспериментальные исследования показали превышение КПД комбинированного солнечного коллектора в режиме нагрева «вода+воздух» по сравнению с аналогичными водяными и воздушными коллекторами. Среднесуточный КПД КСК в режиме нагрева воздуха составил  $\bar{\eta} = 0,28$ , а в режиме нагрева воды -  $\bar{\eta} = 0,33$ . Среднесуточный КПД разработанного КСК в режиме нагрева «вода+воздух» составляет  $\bar{\eta}_{c_p}^{КСК} = 0,45$ . Экспериментальные исследования показали, что среднесуточный КПД КСК составляет  $\bar{\eta}_{c_{yt}} = 0,45$ , т.е. больше на 35 % по сравнению аналогично воздушным, больше на 26,6 % по сравнению аналогичным водяным солнечным коллектором. Предложенная система ТВОВ с гелионагревательной установкой позволяет с экономить традиционной энергии на нагревании, охлаждения воздуха и снизить расход воды на увлажнении.



Рис.11. Экспериментальная установка водо-воздушного коллектора

Создана экспериментальная солнечная установка для термической переработки твердых бытовых отходов (СУТПТБО), которая изготовлена из полуцилиндра с основанием в виде прямоугольного параллелепипеда, с размерами: длина 1,2 м, ширина 1 и высота 1 м. Рабочий объем реактора составляет  $1,2 \text{ м}^3$  (Рис.12.) [14,15,16,17].



Рис.12. Экспериментальная солнечная установка для термической переработки твердых бытовых отходов

Выполненный на экспериментальной солнечной установке цикл исследований анаэробной ферментации ТБО подтвердил возможность получения свалочного газа и высококачественных биоудобрений.

По результатам численных и экспериментальных исследований разработана современная, эффективная и экологическая чистая энергосберегающая технология анаэробной ферментации ТБО с использованием солнечной энергии.

На основе проведенных исследований, установлено что, при средней температуре нагрева  $50-55^{\circ}\text{C}$  получено  $200-250\text{ м}^3$  свалочного газа из одной тонны бытовых отходов.

Представленный вариант является перспективным, т.к. для подогрева и поддержания температуры анаэробной ферментации массы ТБО в СУТПТБО различных размеров, используется солнечная энергия. На техническую новизну разработанной солнечной установки для термической переработки ТБО получен патент «Устройство для термической переработки твердых бытовых отходов» № FAP 01557 // 28.10.2020 г. (авторы: Узатов Г.Н., Тошмаматов Б.М. и др.).

#### Выводы.

1. Предложенные энергоустановки на основе ВИЭ являются исключительно важными и эффективными для систем автономного энергоснабжения сельских объектов, удаленных от систем централизованного энергоснабжения.
2. Комбинированные системы энергоснабжения на основе ВИЭ обеспечивают бесперебойную работу и стабильность системы энергоснабжения локальных потребителей.
3. Альтернативные топлива, которые получены методами пиролиза являются биотопливом второго поколения и следовательно целесообразно продолжать исследования и разработки в этом направлении.
4. Комбинированный солнечный коллектор для систем тепловлажностной обработки воздуха в теплицах обеспечивает необходимый температурный и влажностный режим в теплицах в течение сезона и снизить энергоёмкость технологических процессов отопления, вентиляции и увлажнения.
5. Совместное использование теплового насоса и солнечного коллектора для одновременной сушки и хранения плодоовощных продуктов в биоэнергетическом комплексе «сушилка-холодильник» позволяет снизить затраты энергии на  $2,0\div 2,5$  раза.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Президента Республики Узбекистан ОТ 26 мая 2017 года №ПП-3012 “О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы”.
2. «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы». Постановление Президента Республики Узбекистана ПП-3012 от 26 мая 2017 года.
3. Аллаев К.Р. Энергетика нуждается в стратегии //Экономическое обозрение. - 2018.- №6 (222) - С.40-47.
4. Захидов Р.А. Инновационные технологии в энергетике и освоение возобновляемых источников энергии в Узбекистане //Проблемы информатики и энергетике. - 2014.- №5.- С-56-64.
5. Узаков Г.Н., Раббимов Р.Т., Давлонов Х.А., Узакова Ю.Г. Применение пиролиза биомассы для получения альтернативных топлив. - Ташкент: Фан, 2015. –120 с.
6. Узоков Ф.Н., Давлонов Х.А. Гелиоиссиқхоналарнинг энергия тежамкор иситиш тизимлари. - Тошкент: Ворис, 2019. – 140 б.
7. Патент на полезную модель № FAP 20180200 от 26.12.2018. «Устройство для отопления теплицы». Авторы: Узаков Г.Н., Давлонов Х.А. Узакова М.
8. Uzakov G.N., Davlonov Kh.A., Holikov K.N. Study of the Influence of the Source Biomass Moisture Content on Pyrolysis Parameters// Applied Solar Energy, 2018, Vol. 54, No. 6, pp, 481-484. (05.00.00; №4. Scopus CiteScore 2018, IF:0.9).
9. Узаков Г.Н., Хужакулов С.М. Применение возобновляемых видов энергии в плодоовощехранилищах. – Ташкент: Фан ва технологиялар, 2017. – 148 с.
10. Патент на полезную модель № FAP 01259 от 04.12.2014. «Устройства для регенерации адсорбентов». Авторы: Хужакулов С.М., Узаков Г.Н., Юлдашев Ж.Ш.
11. Узаков Г.Н. Хужакулов С.М. Исследование температурных режимов гелиовоздухонагревательной установки для систем термической регенерации адсорбентов. //Гелиотехника. – №1. 2017. 40-43 с. (05.00.00. №1)
12. Khujakulov S.M., Uzakov G.N., Vardiyashvili A.B. Effectiveness of solar heating systems for the regeneration of adsorbents in recessed fruit and vegetable storages. //Applied Solar Energy. – USA. 2013. – vol.49, № 4. – pp. 257-260. (05.00.00. №4. Scopus CiteScore 2018, IF:0.9).
13. Aliyarova L A, Uzakov G N, Toshmamatov B M 2021 The efficiency of using a combined solar plant for the heat and humidity treatment of air IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 723 052002. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052002.
14. Toshmamatov B, Davlonov Kh, Rakhmatov O, Toshboev A 2021 Recycling of municipal solid waste using solar energy IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 012165. doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012165
15. G N Uzakov, S M Shomuratova and B M Toshmamatov 2021 Study of a solar air heater with a heat exchanger – accumulator IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 723 (2021) 052013. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052013.
16. Узаков Г.Н., Тошмаматов Б.М., Кодиров И.Н. Маматова М., Баратова С.Р. Устройство для термической переработки твердых бытовых отходов. Патент по полезную модель РУз № FAP 01557 // 28.10.2020.
17. Узаков Г.Н., Тошмаматов Б.М., Давлонов Х.А., Хатамов И.А. Солнечная установка для термической переработки твердых бытовых отходов. Патент по полезную модель РУз № FAP 20200171.16.12.2020 г.