

Абдалиев У.К., Ташполотов Ы.,

Создание солнечно-кавитационного устройства на основе использования солнечных лучей и эффекта кавитации

Разработана солнечно-кавитационная водонагревательная комбинированная установка (СКВУ) нового типа. СКВУ состоит из взаимодополняющих двух модулей: первая модуль работает используя солнечной энергии; вторая модуль работает на основе эффекта кавитации в трубопроводе теплотрассы установки. Обе модули установки работает как автономно, так и совместно и выполнены как одна целая конструкция. В случае его некоторой модернизации и оснащением его конструкции вихревой турбиной и электрогенератором установка может работать в полностью автономном режиме для выработки тепла. СКВУ может быть использовано для горячего водоснабжения жилых домов, объектов административно-бытового, производственного и сельскохозяйственного назначения.

В основе предлагаемого в настоящей работе солнечно-кавитационного водяного устройства заложены использования взаимодополняющего два способа: использование энергии солнечных лучей на основе солнечных тепловых коллекторов и эффекта кавитации для выделения внутренней энергии воды путем кавитации теплоносителя с помощью сопло Лавая. Таким образом, установка горячего водоснабжения содержит два модуля: солнечный коллектор и кавитационное устройство, соединенных между собой патрубком. При этом модули солнечного теплового коллектора и кавитационного теплогенератора снабжены индивидуальными тепловыми датчиками и индивидуальными трубопроводами отвода горячей воды из них через соединительные патрубки, а в местах пересечения патрубков и трубопроводов размещены запорные устройства. Трубопровод подачи воды из бака-аккумулятора устройства снабжен водяным насосом. Обе модули теплового устройства работает как автономно, так и совместно и выполнены как одна целая конструкция. Таким образом, путем конструктивного совмещения солнечного коллектора и модуля кавитации появился возможность совместить два способа выработки тепла в одном блоке(рис.1).

Выделение тепловой энергии в процессе кавитации основано на физическом принципе преобразования одного вида энергии в другой. Кавитационные пузырьки образуются в тех местах, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического значения $P_{кр}$ (в реальной жидкости $P_{кр}$ приблизительно равно давлению насыщенного пара этой жидкости при данной температуре). Гидродинамическая кавитация характеризуется тем, что вся масса жидкости участвует в процессах образования (развития и схлопывания) кавитационных полостей. Создаются условия генерирования кавитационных пузырьков, близких по величине диаметра. Газы и пары внутри пузырька сжимаются, интенсивно выделяя тепло, за счет которого

повышается температура жидкости в непосредственной близости от пузырька, и, таким образом, создается горячая «микрообласть». Точные значения температур и давлений, достигаемые при схлопывании пузырька, трудно определить как теоретически, так и экспериментально. Температуру схлопывающегося пузырька невозможно измерить термометром, поскольку рассеивание тепла происходит слишком быстро. Согласно оценкам Иллинойского университета в Эрбана - Шампен скорости нагрева и охлаждения жидкости превышают $109\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сек}$. Это соответствует скорости охлаждения расплавленного металла при его выплескивании на поверхность, охлажденную до температуры вблизи абсолютного нуля. Д. Хаммертон установил наличие двух различных температурных областей, связанных со схлопыванием пузырька. Газ, содержащийся в пузырьке, достигает температуры около $5500\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как жидкость в непосредственной близости от пузырька – $2100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Несмотря на то, что температура этой области чрезвычайно высока, сама микрообласть настолько мала, что тепло быстро рассеивается. Поэтому в любой момент времени основная масса жидкости имеет температуру не выше $+95\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В связи с тем, что интенсивность излучения энергии солнца в оптическом диапазоне составляет всего несколько вольт на квадратный метр поверхности, то требуется огромная площадь для получения энергии солнечного излучения в промышленном масштабе. Поэтому комбинирование солнечного коллектора кавитационным устройством позволяет увеличить эффективность всего устройства.

В настоящее время известен ряд конструктивных вариантов солнечно-водяных коллекторов (СВК), представляющих собой теплоизолированные ящики с одним или более прозрачным покрытием, в котором находится зачерненный металлический теплоприемник с каналами для циркуляции воды. В одном из таких вариантов СВК для циркуляции воды используется металлическая труба, по которой вода течет снизу вверх [1]. Трубка припаяна к поверхности плоской металлической пластины (толщиной, как правило, 1-2 мм) по синусоиде. Поверхность металлического листа зачернена, и поглощенное им солнечное излучение в виде тепловой энергии передается припаянной к ней трубе, а от нее - к воде, протекающей через трубопровод. Такой теплоприемник помещается внутри теплоизолированного ящика, покрытого сверху листом стекла (для прохождения солнечного излучения). Корпус ящика изготавливается из дерева, пластмассы или металла.

Известен также СВК, у которого плоский теплоприемник изготовлен путем соединения двух штампованных металлических листов. Углубления, остающиеся при штамповке каждого листа, при их соединении образуют каналы для протекания нагреваемой воды [2]. И в этом СВК такой плоский теплоприемник помещается внутри теплоизолированного деревянного или металлического корпуса (ящика), закрытого сверху плоским листовым стеклом.

Основным недостатком перечисленных СВК является их металлоемкость и тяжесть. Известные теплоприемники изготовлены из металлов, а иногда из дорогих цветных - меди, алюминия или оцинкованного железа, что увеличивает их стоимость. Технология изготовления СВК из цветных металлов также дорогая. На 1 м² поверхности таких СВК приходится 18-20 кг металла. Все это в целом увеличивает стоимость водонагревательной установки, изготавливаемой на основе этих СВК. Из-за дороговизны металла и его перевозки в странах Средней Азии широкое производство солнечных водонагревательных установок (СВУ) затруднено.

Из анализа существующих СВК и приведенных выше примеров видно, что уровень техники в области разработки СВК таков, что они на 80 % состоят из металла. Это определяет и технологию их изготовления.

Поэтому целью настоящей работы является устранение недостатков известных СВК и разработка дешевого, неметаллоемкого СВК с высокой производительностью, изготавливаемого в основном из неметаллических материалов (модуль 1). Указанная цель достигается так, что в СВК, состоящем из объемного призматического каркаса, испарителя воды и теплообменника, корпус выполнен из стекла, а теплообменник расположен вертикально над испарителем и между ними расположен дополнительный нагреватель - испаритель.

Предлагаемый СВК (модуль 1) схематически показан на рис. 1. Он состоит из металлического уголкового каркаса 1, который со всех сторон имеет стеклянное ограждение 2, а наклонная боковая поверхность - двойное остекление 3. Внутри корпуса расположен поддон 4 для рабочей воды. На верхней части СВК расположен теплообменник 5 эллипсоцилиндрической формы. Между теплообменником и поддоном расположен нагреватель - испаритель 6 в виде части гиперболы и зачерненный с обращенной к солнечному излучению верхней поверхностью. Он изготавливается из обычной жести и нижним концом упирается в поддон 4. Для циркуляции потребляемой нагретой воды к теплообменнику приделаны патрубки 7. Теплообменник крепится к теплоизолированной непрозрачной крышке 8. Зазоры между стеклом и металлическим каркасом заделаны специальной замазкой, так что СВК представляет собой герметичный объем.

Модуль 1 теплогенератора (СВКУ) работает следующим образом: солнечные лучи, проходя через одинарные остекления 2 и лицевое двойное 3, поглощаются поддоном 4 и нагревателем 6, в результате чего температура внутри СВК поднимается и происходит первоначальное испарение рабочей воды - ее фазовое превращение. Водяные пары, поднимаясь вверх, по суживающемуся вертикальному пространству СВК попадают на поверхность теплообменника 5 с холодной водой, и конденсируясь на нем, отдают теплоту испарения. В данном случае имеет место капельная конденсация. Капли воды, падая с теплообменника, попадают на нагретый, имеющий более высокую температуру, испаритель и в большинстве случаев, не доходя до поддона, вновь испаряются.

Таким образом, происходит непрерывный тепломассоперенос от рабочей воды (пара) к теплообменнику (к потребляемой воде).

Таким образом, рабочий процесс СВК аналогичен рабочему процессу солнечных опреснителей с той разницей, что конденсировавшийся пар, т.е. конденсат, возвращается обратно в жидкую фазу. Расположение теплообменника (зона конденсации) прямо над испарителем (зона испарения) уменьшает путь, проходимый парами, т.е. скорейшему достижению ими места конденсации. Это, в свою очередь, способствует росту КПД, следовательно, производительности СВК. Испаритель, имея более высокую температуру, чем поддон, также способствует нагреву воздуха над собой и тем самым увеличивает архимедову подъемную силу, которая ускоряет скорость движения паров воды от места парообразования к месту конденсации (проведенные расчеты подтверждают вышесказанное). Двойное остекление лицевой поверхности СВК позволяет предотвратить конденсацию (вспотение) внутреннего слоя стекла и уменьшение его светопропускания. На боковых остеклениях, за исключением начальных стадий работы СВК, также конденсация паров не происходит. Теплообменник для повышения гигиеничности потребляемой воды может быть изготовлен из стали, применяемой в пищевой промышленности. Общий вес СВК при толщине стекла в 4 мм составляет 25 - 25.5 кг. Расход металла 7.8 кг, включая каркас и теплообменник. При непрерывной работе СВК заливаемая в поддон рабочая вода в количестве 0.5 - 0.7 л хватает на 2 месяца. Доливка воды производится снятием верхней крышки 8.

Разработан, изготовлен и испытан опытный образец СВК (Рис. 1). Он состоит из металлического уголкового каркаса трапециевидного поперечного сечения размерами: длина нижнего основания – 580 мм; длина верхнего основания -130 мм; высота вертикальной боковой стороны – 580 мм; длина наклонной боковой стороны – 710 мм. Основание имеет прямоугольную форму размерами 580 x 800 мм. Теплообменник имеет форму эллипсоцилиндра длиной 550 мм и осями эллипса 20 и 120 мм.

По результатам эксперимента, КПД СВК составляет 62-80 % в зависимости от плотности солнечного излучения, т.е. на 20-25 % больше, чем у других коллекторов.

Для создания кавитационного модуля солнечно-кавитационного теплогенератора необходимо получения внутренней энергии воды с помощью эффекта кавитации рабочей среды любого вещества, находящееся в жидком состоянии. Эта задача решена путем создания в веществе кавитационных пузырьков за счет периодически изменяющегося давления, имеющего постоянную и переменную составляющие. При одновременном воздействии переменного и статического давлений на вещество в жидкой фазе в жидкости образуются кавитационные пузырьки в тот момент, когда сумма двух величин: амплитуды переменного давления и давления насыщенных паров вещества при данной температуре, превысит сумму двух величин: статического давления и прочности жидкости на разрыв при данной

температуре. В момент захлопывания пузырьков их стенки под действием разности давлений, действующих на кавитационные пузырьки, ускоряются, приобретают кинетическую энергию и сталкиваются в центре. Величина приобретенной кинетической энергии оказывается достаточной для разрыва связи между атомами(молекулами). В результате в локальной области вещества в момент исчезновения кавитационного пузырька (его захлопывания) происходит большого количества энергии. Данная энергия, выделяющаяся в зоне обработки, преобразуется в жидкости в тепло. Это тепло непрерывно отводят из зоны обработки в виде нагретой жидкости и используют по необходимости, а охлажденную жидкость возвращают в зону обработки.

Известны вихревые теплогенераторы [4], в которых поток воды в вихре разгоняется до больших скоростей, вследствие чего давление в воде становится значительно ниже атмосферного, и в результате этого образуются кавитационные пузырьки. Далее этот поток тормозится механической преградой, давление в воде резко повышается, и кавитационные пузырьки захлопываются. При этом выделяется тепловая энергия, которая приблизительно в 2 раза больше, чем электроэнергия, затраченная на создание вихревого движения воды.

Такие теплогенераторы используются для отопления зданий. Главный их недостаток в том, что они не могут производить избыточную электроэнергию. Дополнительный недостаток в том, что их эффективность недостаточно высока.

Наиболее близким по конструкции и сущности работы таким теплогенераторам является устройство для отопления индивидуальных зданий [5], сущность работы которого состоит в следующем. Вода насосом под давлением пропускается через совокупность параллельных трубок малого диаметра и поступает в емкость с водой, где скорость потоков воды резко уменьшается, а давление в соответствии с законами гидродинамики повышается, в результате чего кавитационные пузырьки захлопываются и выделяется тепловая энергия. Вода в емкости нагревается и используется для отопления. Однако, *недостатком этой установки* является конструктивная сложность и как следствие этого для их создания требуются большие капиталовложения. Поэтому создание конструктивно простой и эффективной кавитационной установки является *актуальной*.

В этой связи целями описываемого ниже технического решения являются: - упрощение конструкции; - снижение кавитационного износа рабочих органов.

Достижение поставленных целей достигается тем, что:

1. В кавитационном энергопреобразователе, для непосредственного обеспечения образования кавитационных пузырьков с целью преобразования внутренней энергии воды в тепловую и расширения функциональных возможностей теплогенератора водяной канал системы кавитообразователя в своем поперечном сечении выполнен в виде сопла Лавала.
2. Для обеспечения управления энергопреобразования в широких пределах и

различных эксплуатационных условиях проходное сечение сопло Лавая выполнено переменным, т.е. установлены местные сужающие его проходное сечение и тормозящие поток жидкости перемычки. Кроме того, активизация кавитационных процессов возможна и в рециркуляционных каналах за счет изменения их входного или/и выходного сечения. Отметим, что СКВ теплогенератор солнечные дни использует солнечной энергии, а ночи, пасмурные дни и особенно зимние время использует эффект кавитации и обеспечивает жилое и производственное помещение горячей водой.

Вода при температуре 20⁰С имеет прочность на разрыв примерно 0,35 МПа. Водопроводную воду при температуре 20⁰С подают в кавитатор (сопло Лавая). При прохождении воды через кавитатор образуются пузырьки и в процессе их схлопывания вода нагревается. Нагретая вода далее направляется по трубопроводу потребителю тепловой энергии. Установив необходимый режим работы установки, дают выдержку в течение 10-15 мин для достижения стабильной работы на заданном режиме и производят необходимые измерения. Потребляемую мощность электронасоса измеряют ваттметром. Мощность выделения тепла определяют по произведению двух измеряемых величин: разности температуры на входе и выходе кавитатора, измеряемой с помощью термопары и расхода жидкости, проходящей через кавитатор, измеряемого посредством манометра и константы теплоемкости обрабатываемой жидкости: проведя все вышеперечисленные измерения, можно сделать вывод о том, что потребляемая мощность для осуществления предлагаемого способа в среднем в два-три раза меньше, чем выделяемая в результате осуществления предлагаемого способа тепловая мощность.

Предлагаемый теплогенератор схематически показан на рис. 1. Данный теплогенератор, содержащая насос для прокачки воды, устройство для образования кавитационных пузырьков в воде-активатора и кавитатора отличается от других аналогичных устройств с *регулирующим гидроударным барьером*. Отдавшая большую часть тепла в гидроударном объеме схлопывания вода из радиатора отопления по трубопроводу 2 возвращается в насос 3 и таким образом рабочий цикл во втором модуле заканчивается и может далее повторяться неограниченное количество раз.

В экспериментальных условиях, в зависимости от температуры теплоносителя на входном патрубке и объема прокачки установлено, что за один проход через устройство, теплоноситель(вода) нагревается до 10⁰С.

Таким образом, при осуществлении предлагаемого способа использования эффекта кавитации появляется возможность в промышленном масштабе преобразовать внутреннюю энергию жидкости (воды) в тепло.

Преимуществом предлагаемого теплогенератора являются:

- коэффициент преобразования энергии составляет почти 100%;
- устройство работает автономно, для его функционирования не требуется подключения к централизованному отоплению;
- высвобождаются средства, которые ранее направлялись на подготовку котельных и тепловых коммуникаций к отопительному

сезону, так как теплогенератор не нуждается в плановой профилактике;

- доступность корректировки рабочей температуры теплоносителя;
- электроэнергия необходима лишь для питания привода гидронасоса;
- простота эксплуатации, минимальная трудоемкость обслуживания;
- высокий экономический эффект;
- отсутствие токсичных выбросов в окружающую атмосферу;
- быстрая самокупаемость.

СКВУ не требует обслуживания в процессе работы, так как не имеет прямых нагревательных элементов и не нуждается в регулярной замене частей. Температура в системе поддерживается автоматически. Взрывоопасность исключена из-за обязательного использования в системе расширительного бака. При установке не требуется постройка специального фундамента.

Выводы:

1.СКВУ может быть использовано для горячего водоснабжения жилых домов, объектов административно-бытового, производственного и сельскохозяйственного назначения. СКВ установка состоит из взаимодополняющих двух модулей: первая модуль работает используя солнечной энергии; вторая модуль работает на основе эффекта кавитации в трубопроводе теплотрассы установки.

2.Обе модули установки работает как автономно, так и совместно и выполнены как одна целая конструкция. В случае его некоторой модернизации и оснащением его конструкции вихревой турбиной и электрогенератором установка может работать в полностью автономном режиме для выработки тепла. В случае конструктивного совмещения солнечного коллектора и модуля кавитации появляется возможность совместить два способа выработки тепла одним блоке.

ЛИТЕРАТУРА

- 1.Даффи Дж.А., Бекман У.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии.-М.: Мир, 1986. – 412с.
- 2.Андерсон Б.С. Солнечная энергия (основы строительного проектирования). – М.:Стройиздат, 1982. – 374с.
- 3.Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 208с.
- 4.Потапов Ю.С., Фоминский Л.П. Вихревая энергетика и холодный ядерный синтез с позиции теории движения. Изд-во «ОКО-Плюс», Кишинев-Черкассы, 2000. – с.160.
- 5.Цивинский С.В. Патент на изобретение РФ №2162990, от 06.07.2000г, класс 7 F24D 11/00.

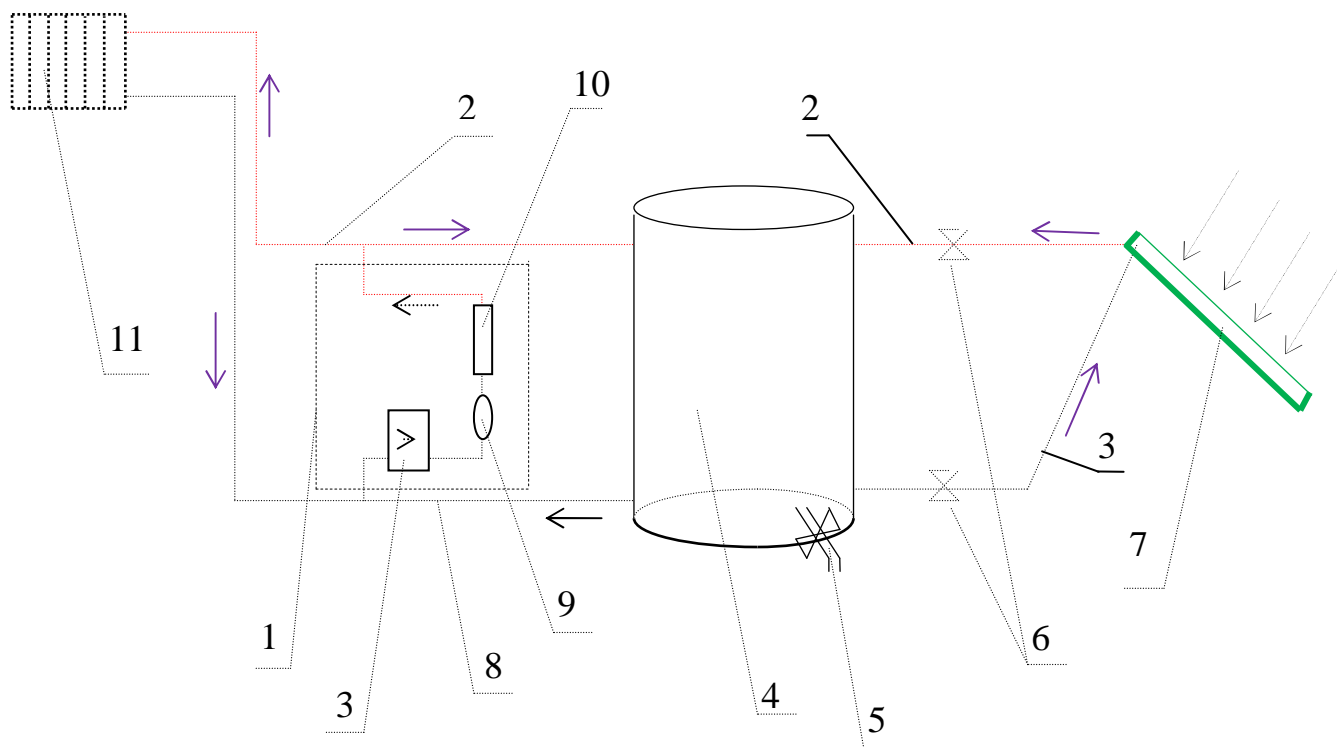


Рис. 1. Солнечно-кавитационное водонагревательное устройство(СКВУ)

- 7 - Солнечный коллектор(модуль 1 СКВУ)
- 2 - Контур подачи горячей воды
- 8 - Контур подачи холодной воды
- 4 - Бак- аккумулятор
- 5 - Патрубка для взятия горячей воды
- 6 - Запорно-регулирующей арматуры
- 1 – Кавитационный модуль 2 СКВУ –кавитационный теплогенератор
- 3 - Водяной насос
- 9 - Активатор
- 10 – Кавитатор (сопло Лаваля)
- 11 - Радиатор отопления.