

## РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАЛОИНЕРЦИОННОЙ СОЛНЕЧНОЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Т.Т.Оморов

т.и.д., профессор Ошский технологический университет

**Рахимов Дилмурод Марипжанович**

Аспирант Ошский технологический университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7927650>

**Аннотация:** Разработана и исследована солнечная водонагревательная установка с двухсекционным баком-аккумулятором, позволяющая быстро нагревать воду до достаточных для использования температур в одной из секций и позволяет иметь в горных условиях с изменчивым климатом всегда нагретую до достаточно высокой температуры воду. Предлагаемая СБУ позволяет повысить эффективность использования солнечной энергии.

**Ключевые слова:** Разработка и исследована солнечная водонагревательная установка, стоимость, годовой экономический эффект, срок окупаемости.

## DEVELOPMENT AND STUDY OF SOLAR LOW-INERTIA WATER HEATING INSTALLATIONS.

**Abstract:** This article was developed and investigated solar water heating installation with two-section storage tank, allows you to quickly heat water to temperatures sufficient to use in one of the sections and allows you to have in the mountains with a changing climate is always heated to a sufficiently high temperature water. The proposed solar water heating installation allows more efficient use of solar energy.

**Keywords:** Development and research of a solar water heating plant, cost, annual economic effect, payback period.

## ВВЕДЕНИЕ

Нагрев воды для бытовых нужд является одним из наиболее перспективных и в то же время наиболее доступных направлений использования солнечной энергии.

В настоящее время в Кыргызстане только 4% населения обеспечено горячей водой. Остальная часть населения не имеет такого элементарного удобства. Особенно обделена в этом плане часть населения, выезжающая в летнее время на сезонные полевые работы и пастбища.

Климат горных регионов, где расположены пастбища, имеет ряд особенностей, неблагоприятно влияющих на работу солнечных установок, в том числе и на солнечные водонагревательные установки /1/.

Одним из таких факторов является частая облачность атмосферы, быстрое изменение микроклимата местности. Это в первую очередь сказывается на величине поступающей солнечной радиации. Она также изменчива: меняется в течение дня и не один раз от минимального (доходящего до самых минимальных значений (в пасмурную погоду)- 50-100 Вт/м<sup>2</sup>) до максимального (800-850 Вт/м<sup>2</sup>) /2/.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Такое колебание плотности солнечной радиации приводит к уменьшению общего количества солнечной радиации в течение дня, следовательно, нагреву воды в солнечных водонагревательных установках до температур, не достаточных для ее использования.

Например, в СВУ, описанной в /3/ наблюдается аналогичная картина. Ее бак-аккумулятор (Б-А) выполнен в виде одной цельной металлической емкости, в которой хранится основная масса нагреваемой воды.

Для нормальной работы СВУ, весь Б-А должен быть наполнен водой. Объем Б-А, как правило, рассчитывается исходя из максимальной плотности солнечного излучения, имеющего место в летние месяцы (июнь-август). В процессе работы СВУ горячая вода, поступающая от СВК смешивается со всем объемом воды в Б-А, следовательно, одновременно нагревается вся вода, находящаяся в Б-А.

Однако, как указывалось выше, в осеннее и весеннее время, когда плотность солнечного излучения невысокая а также в дни с переменной облачностью летом (следовательно, количество солнечного излучения за световой день также невелика), вода в СВК не нагревается до необходимой температуры (около 50°C) из-за большого объема воды в Б-А. Количество солнечной энергии, поглощенной в СВК в этом случае недостаточно для нагрева всей массы воды до необходимой температуры. Это снижает ценность нагретой воды (например, вода может быть непригодной для принятия душа или стирки, хотя может быть теплой).

Аналогичная картина наблюдается и в СВУ емкостного типа, состоящая из одной емкости, окрашенной снаружи в черный цвет и помещенного внутри ящика с прозрачными (стеклянными) сторонами /4,5/. И в этом случае, солнечная энергия, поглощаемая поверхностью такой СВУ, идет на нагревание всей массы воды. Следовательно, данный СВУ имеет те же недостатки, что и первый СВУ.

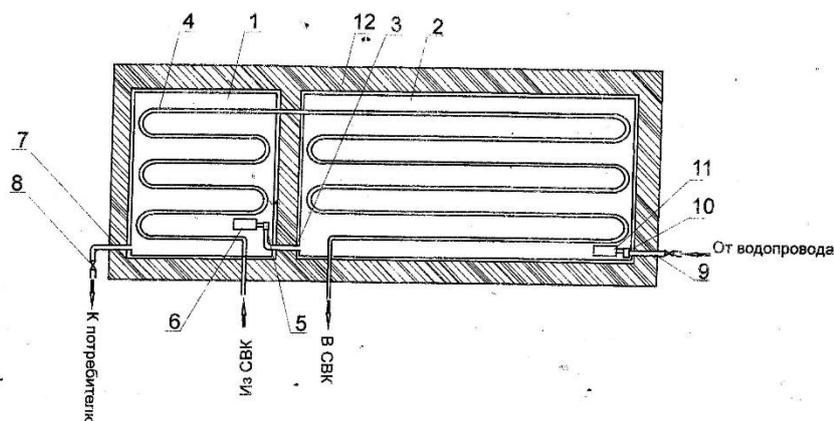
В так называемых «двухконтурных» СВУ, в которых рабочая жидкость (антифриз) циркулирует по первому (первичному, внешнему) контуру через СВК и теплообменник (как правило, змеевик), который проходит через нагреваемый объем потребляемой воды и снова через циркуляционные трубопроводы возвращается в СВК /6,7/, также имеет место аналогичная картина. В этом случае потребляемая вода, находящаяся в резервуаре для горячей воды нагревается за счет теплоты рабочей жидкости, циркулирующей по первому контуру. Нагреваемая вода и греющая ее жидкость друг от друга гидравлически изолированы.

Данный СВУ имеет те же недостатки, что и все предыдущие. Следовательно, все существующие конструкции известных СВУ не могут эффективно использоваться в горных условиях Кыргызстана, т.е. в условиях с часто меняющимися погодными условиями (частые дожди, высокая и переменная облачность, относительно низкие температуры воздуха и др.). как показывает практика, даже при достаточно больших площадях СВК вода в Б-А из-за большого ее количества не нагревается до достаточных для использования температур (50°C и более).

Целью наших исследований является устранение указанных недостатков существующих СВУ с тем, чтобы сделать возможной получение горячей воды с достаточно высокой температурой в климатических условиях горных регионов, независимо от флуктуаций плотности солнечной радиации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенностью разработанной СВУ является то, что ее Б-А выполнен в виде двух, имеющих разные объемы и взаимно теплоизолированных друг от друга секций, через которые последовательно проходит змеевик -теплообменник с горячей водой, соединенный с солнечными водонагре-вательными коллекторами (СВК).



**Рис. 1. Схема двухсекционного бака-аккумулятора СВУ**

Схема бака-аккумулятора приведена на рис. 1. Он состоит из двух секций - первая (1) имеет относительно небольшой объем и вторая (2) - основная, имеет объем, в три-четыре раза превышающий объем первой секции. Обе секции Б-А друг от друга теплоизолированы и соединены в нижней части патрубком 3 из пластика.

Через первую и вторую секции Б-А последовательно проходит змеевик-теплообменник 4 из металлической трубы.

На конце патрубка 3 имеется клапан 5 с поплавковым механизмом 6. На одной из сторон первой секции Б-А 1 имеется патрубок 7 с вентилем 8 для забора горячей воды для использования. На одной из сторон второй секции

Б-А 2 имеется патрубок 9 для заправки системы холодной водой, снабженный также клапаном 10 с поплавковым механизмом 11.

Обе секции Б-А находятся в теплоизолированном корпусе 12.

СВУ работает следующим образом: нагретая в СВК рабочая вода проходит через змеевик - теплообменник 4 и в первую очередь нагревает воду, находящуюся в первой секции Б-А. Отдав ей свое тепло и значительно охладившись, рабочая вода поступает во вторую - основную секцию Б-А и отдает оставшуюся небольшую часть тепловой энергии воде, находящейся в этой секции и выходит через второй конец змеевика и снова поступает в СВК для нагрева.

Таким образом, потребляемая вода, находящаяся в обеих секциях Б-А и рабочая вода, циркулирующая через змеевик, СВК и трубопроводы, гидравлически изолированы друг от друга и обмениваются только теплотой.

В процессе работы СВУ в первую очередь нагревается относительно меньший объем воды, находящийся в первой секции Б-А. По мере повышения температуры воды в первой секции Б-А, интенсивность теплообмена между протекающей через змеевик рабочей водой и водой в этой секции Б-А уменьшается (уменьшается температурный напор между рабочей водой в змеевике и потребляемой водой в Б-А) и все больше тепловой энергии переносится воде, находящейся во второй секции Б-А. Таким образом, после достижения максимальной температуры воды в первой секции Б-А, рабочая вода, протекающая через змеевик почти не отдает свою энергию этой воде и отдает ее воде, находящейся во второй секции Б-А.

Таким образом, температура воды во второй его секции постепенно повышается и в конечном итоге почти выравнивается с температурой воды в первой секции.

В случае потребления воды из первой секции Б-А ее объем уменьшается и при снижении ее уровня до критической, открывается клапан 5 с помощью поплавкового механизма 6 и потребляемая вода из второй секции Б-А поступает в первую.

В случае снижения уровня потребляемой воды во второй секции Б-А до критической, срабатывает клапан 10 с помощью поплавкового механизма 11 и вода из внешней водопроводной сети поступает во вторую секцию Б-А.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Нами изготовлена и испытана разработанная СВУ. Объем первой секции Б-А составляет 30 литров, а второй - основной секции – 70 литров, т.е. их соотношение равно 1:2,33. Площадь СВК равен 1 м<sup>2</sup>. Общий вид СВУ показан на рис. 2, а баки-аккумуляторы на рис. 3 (крупным планом).



Рис. 2. Общий вид СВУ



Рис. 3. Общий вид бака-аккумулятора СВУ

Стоимость СВУ составляет 17309,6 сом (196,7 долл. США из расчета 1 долл.= 88 сом (на апрель месяц 2023 г.).

Нами проведены испытания разработанной СВУ в течение августа-октября месяцев 2023 года. Для сравнения параллельно проведены испытания традиционной СВУ с одним баком-аккумулятором). Результаты испытаний приведены на рис. 4 и 5.

На рис. 4 кривая Q – плотность солнечной радиации,  $t_{\text{вых}}$  – температура нагретой воды на выходе из СВК, кривая  $t_1$  – температура воды в баке-аккумуляторе, кривая  $t_2$  – температура воды на входе в СВК, кривая  $t_{\text{о.с.}}$  – температура окружающего воздуха.

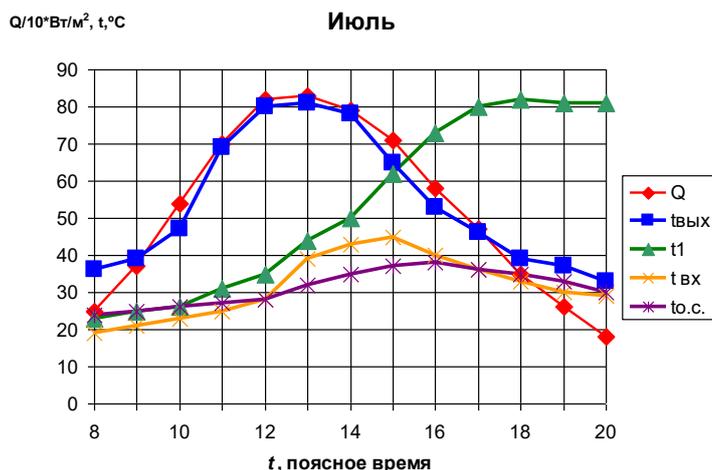


рис.4.Зависимость температуры воды в односекционных баке-аккумуляторе СВУ от плотности солнечной радиации

На рис 5 - кривая Q – плотность солнечной радиации,  $t_{\text{вых}}$  – температура нагретой воды на выходе из СВК, кривая  $t_1$  – температура воды в первой секции бака-аккумулятора, кривая  $t_2$  – температура воды во второй секции бака-аккумулятора, кривая  $t_{\text{о.с.}}$  – температура окружающего воздуха.

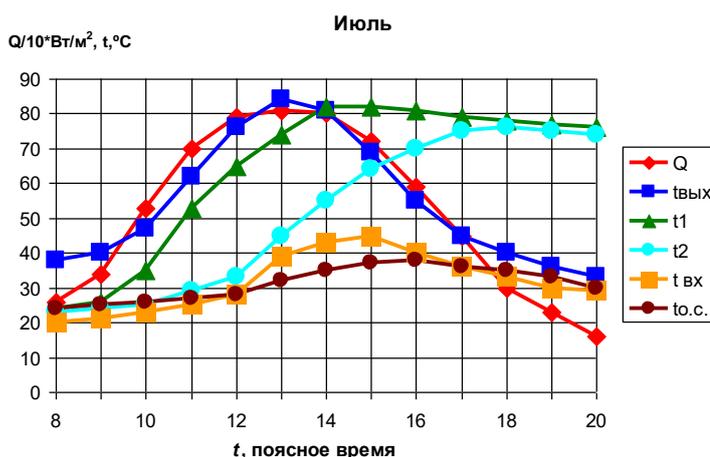


Рис. 5. Зависимость температуры воды в секциях бака- аккумулятора разработанной СВУ от плотности солнечной радиации

Как видно из рисунков, вода в первой секции бака-аккумулятора нагревается быстрее и выходит на режим потребления (50°C) на 3,5 часа раньше, чем вода во втором –

основном баке-аккумуляторе. Если в односекционном баке-аккумуляторе традиционной СВУ вода становится пригодной для использования после 14 часов дня, то в первой секции она готова к использованию уже в 11 часов дня (в третьей декаде августа месяца).

Таким образом, в любом случае, и особенно в случае небольшой плотности солнечной радиации или частой и переменной облачности, в первую очередь нагревается относительно малое количество воды (находящаяся в первой секции) до пригодной для использования температуры и всегда готова к потреблению. Остальная же часть воды, находящаяся во второй секции, нагревается постепенно.

Таким образом, предлагаемая СВУ позволяет порциями нагревать воду, находящуюся в Б-А до достаточных для использования температур в горных условиях и позволяет иметь всегда готовую и нагретую до достаточно высокой температуры воду в относительно небольшом количестве (энтропия воды низкая). Вода, расходуемая из первой секции Б-А пополняется не холодной водопроводной водой, а водой из второй секции, имеющей более высокую температуру.

### **ВЫВОДЫ**

В случае небольшой плотности солнечной радиации или переменной облачности нагревать до необходимой температуры всю воду, находящуюся в обычном, однокамерном баке-аккумуляторе СВУ классической схемы, практически невозможно. Следовательно, несмотря на достаточно большое количество воды в Б-А, ее температура, следовательно, ценность останется невысокой (энтропия воды высокая).

Таким образом, предлагаемая СВУ позволяет повысить эффективность использования солнечной энергии и приносит практическую выгоду ее пользователям.

### **Литература**

1. Оценка экономической эффективности гелиоустановок в горных условиях//Гелиотехника, 2018, №3, -С.38-42.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып.32. Киргизская ССР. Л.: Гидрометеоздат, 2006, -374с.
3. Даффи У.А, Бекман Дж.. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. Пер. с англ. -М.: Энергоатомиздат. 2006.-420 с.
4. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. -М.: Энергоатомиздат. 2000. -392 с.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки -М: Энергоатомиздат, 2001. -208 с.
6. Аvezов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. Ташкент, Фан, 2008. -265 с.
7. Байрамов Р.Б., Ушакова А.Д. Солнечные водонагревательные установки. Ашхабад, Ылым, 2013, -174 с.