

РАЗРАБОТКА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С НАПЕРЕД ЗАДАНЫМИ ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Тагайматова А.А.

Институт автоматизации и информационных технологий НАН КР, Кыргызстан,
tagaimatova@mail.ru

Введение. Устойчивое развитие человечества, и, следовательно, уровень его жизни в значительной степени будут зависеть от наличия энергии и, конечно, от качества энергии и энергетических технологий. Одним из путей рационального использования энергетических ресурсов является экологически чистые возобновляемые источники энергии. Среди них значительным ресурсом обладает солнечная энергия.

Перспективность использования солнечной энергии в объектах горячего водоснабжения обусловлена территориальной рассредоточенностью многих потребителей и их невысокой мощностью. Использование солнечной энергии для тепловых целей обеспечивает экономию топливно-энергетических ресурсов и автономное энергоснабжение удаленных потребителей.

Анализ существующих солнечных установок показывает, что широкому применению для цели горячего водоснабжения препятствует сложность конструкций, высокая материалоемкость и их высокая стоимость.

Поэтому исследования, направленные на усовершенствование существующих и создание новых солнечных коллекторов для систем солнечного горячего водоснабжения, актуальны и имеют большое народнохозяйственное значение.

Значительная часть тепловоспринимающих поверхностей, разработанных и широко используемых солнечных коллекторов, представляют собой конструкции, приведенные на рис. 1.

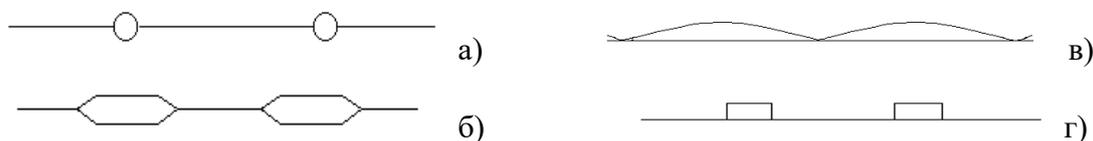


Рис. 1 Конструктивные схемы тепловоспринимающих поверхностей низкпотенциального солнечного коллектора

а – труба в листе; б – штампованный абсорбер; в – соединение гофрированного и плоского листов; г – лист с приваренными прямоугольными каналами.

Но системы с такими коллекторами имеют ряд недостатков: работают, в основном, в сезонном режиме и зимой эффективность системы значительно падает; существуют методы перевода системы на круглогодичный режим работы (двухконтурная система) – это приводит к усложнению и удорожанию системы, снижению их экономической эффективности; схема с естественной циркуляцией (без насоса) предполагает расположение бака-аккумулятора выше поля солнечных коллекторов, что также приводит к удорожанию системы.

Учитывая описанные недостатки известных установок, нами предлагается новая технология нагрева воды за счет солнечной энергии путем использования солнечного коллектора с эффектом сифона [1].

На рис. 2 представлен солнечный коллектор с эффектом сифона.

Солнечный коллектор состоит из корпуса 1; теплоизоляции 2; теплопоглощающей пластины 3; светопрозрачного покрытия 4 и сифона солнечного коллектора 5 [2,3].

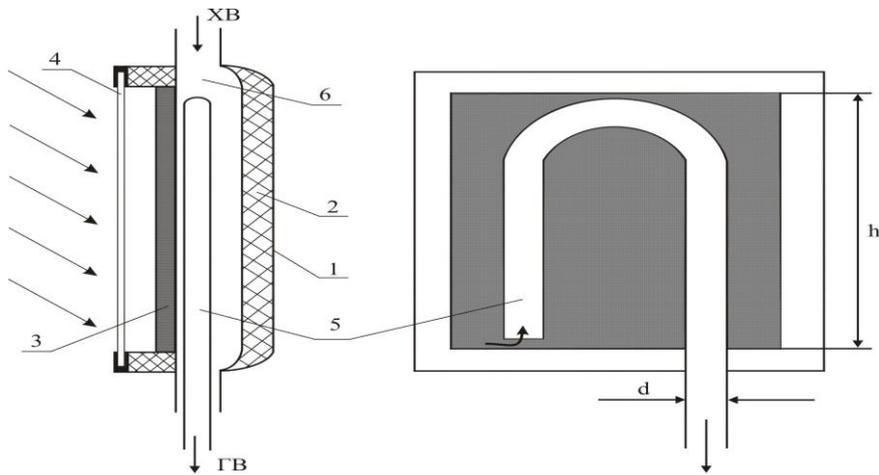


Рис. 2 Солнечный коллектор с эффектом сифона

1 – корпус солнечного коллектора; 2 – теплоизоляция; 3 – теплопоглощающая поверхность; 4 – светопрозрачное покрытие; 5 – сифон солнечного коллектора.

Солнечный коллектор работает следующим образом: в первоначальный период под действием солнечной радиации происходит нагрев и аккумуляция энергии в теплопоглощающей пластине 3. При этом в коллекторе отсутствует теплоноситель. Через определенный промежуток времени из бака дозатора теплоноситель поступает в сифонный коллектор. Далее происходит процесс теплообмена между пластиной и жидкостью, и нагретая жидкость далее через сифон солнечного коллектора 5 поступает в бак-аккумулятор, откуда затем подается к потребителю.

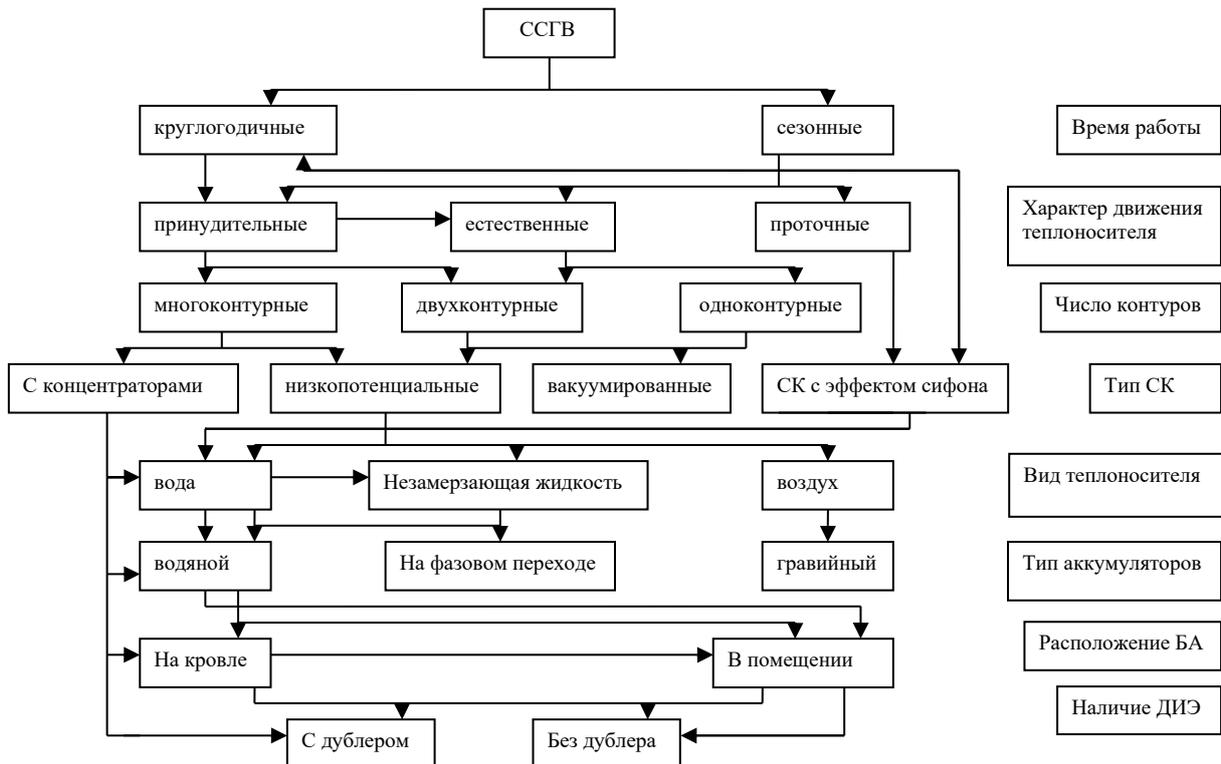


Рис. 3 Классификация систем солнечного горячего водоснабжения

Такая схема нагрева теплоносителя с использованием сифонного солнечного коллектора имеет возможность обеспечить круглогодичный режим работы установки без использования специальной дорогостоящей незамерзающей жидкости.

С целью систематизации имеющихся схем систем солнечного горячего водоснабжения и определения их отличительных характерных черт проведен их анализ, на основе которого предложена классификация установок (рис. 3).

Как видно, схемы ССГВ с солнечным коллектором с эффектом сифона обеспечивают работу установки в круглогодичном режиме, не используя незамерзающей жидкости, и при этом отказаться от дополнительного использования циркуляционных насосов, систем автоматики и управления. Предложенная схема обеспечивает возможность расположения бака-аккумулятора в низу, в подвальной части помещения.

Установка работает следующим образом: водопроводная вода по трубопроводу подается в дозаторный бак 1. Расход воды регулируется. Одновременно с процессом заполнения дозаторного бака происходит нагревание тепловоспринимающего элемента (абсорбера) в сифонном коллекторе 2, под действием солнечной радиации. К моменту времени, когда уровень жидкости в баке достигнет самой высокой отметки сифона, абсорбер аккумулирует некоторое количество тепла. В этот момент времени срабатывает сифон, и порция жидкости из бака перетекает в коллектор. Далее происходит процесс теплообмена между пластиной и жидкостью и порция уже нагретой воды через сифон поступает в бак – аккумулятор 3, затем к потребителю. В дальнейшем цикл повторяется.

При этом, схема может быть многоступенчатой (рис. 4) и в зависимости от требуемой температуры теплоносителя вода может отбираться для потребления на любом из ее ступеней [4].

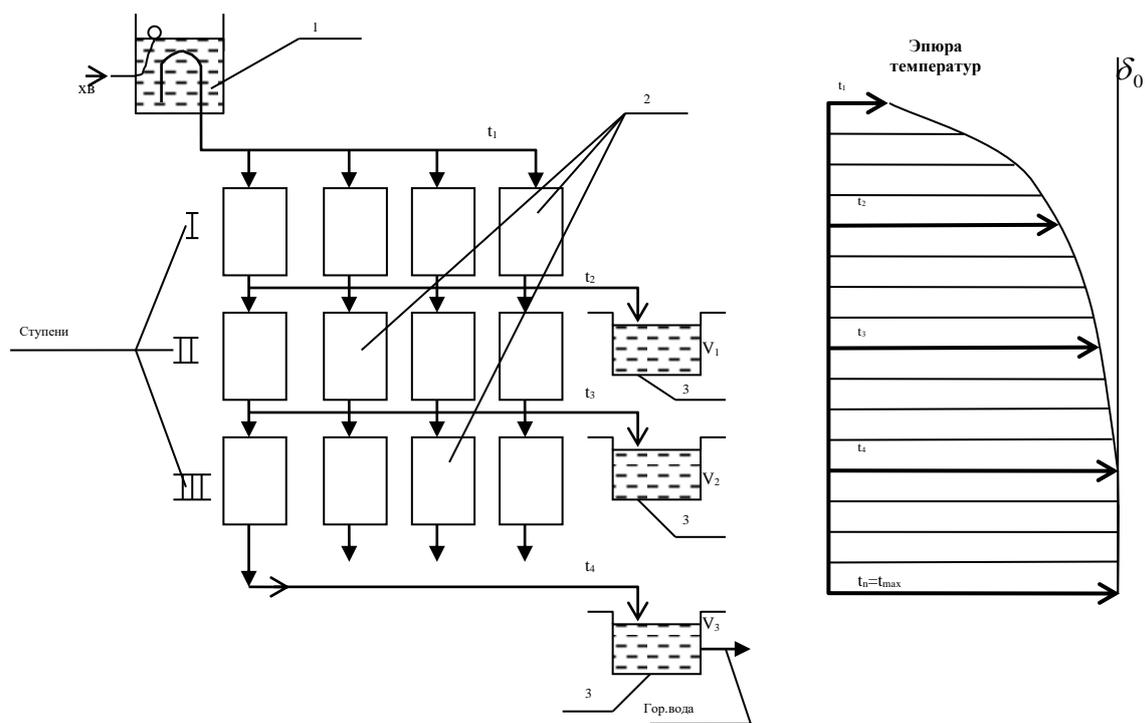


Рис. 4 Система СГВ с эффектом сифона

1 – бак – дозатор; 2 – солнечный сифонный коллектор; 3 – бак – аккумулятор

Как видно из эпюры температур теплоносителя происходит ее увеличение по мере прохождения по ступеням. Это будет происходить до момента, пока не наступит условие температурного равновесия, что может произойти тогда, когда полностью энергия, теряемая в окружающую среду, станет равной величине приращения теплового потока следующей ступени. Откуда следует,

$$t_{n+1} - t_n \rightarrow 0 \quad \text{или} \quad \Delta t_l \rightarrow 0$$

Рассматриваемая система имеет свой предел по максимальной температуре нагрева теплоносителя. Это качественное понимание процесса, естественно требует количественной оценки и разработки методов, позволяющих это сделать.

Для эффективной работы такой установки необходимо определить время истечения теплоносителя через сифон, что связано с необходимостью расчета и выбора рациональных геометрических параметров сифона и коллектора [5].

Разработанная методика расчета и выбора рациональных геометрических параметров позволила получить оптимальную скорость истечения теплоносителя через сифон (1) в зависимости от параметров установки и режимов ее работы.

$$\tau_2 = \frac{F \cdot H}{\sqrt{2g \cdot H} \frac{\pi d^2}{4}} \quad (1)$$

где τ_2 – время истечения теплоносителя; F – площадь; H – напор; d – диаметр сифона.

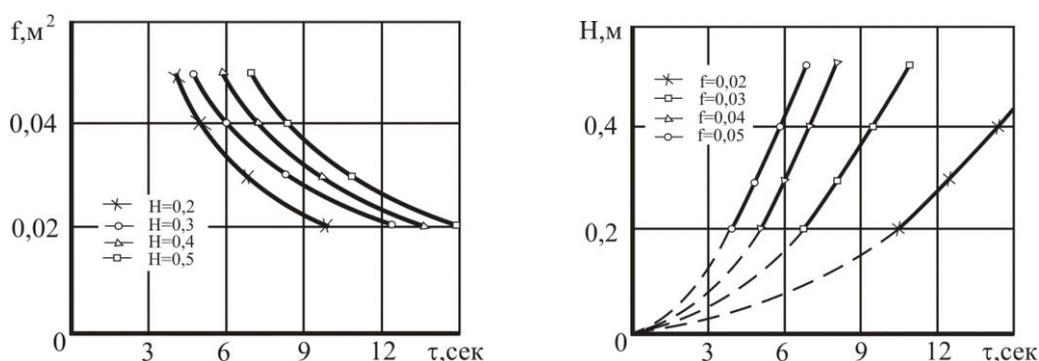


Рис. 5 Зависимость поперечного сечения трубы и напора от времени истечения жидкости

Полученные зависимости позволяют проследить взаимосвязь времени истечения теплоносителя через сифон в зависимости от величины напора сифона H и его геометрического параметра f (площади поперечного сечения сифона). На рис. 5 представлены диаграммы этих зависимостей.

Из диаграмм видно, что время истечения существенно образом зависит от площади поперечного сечения трубы сифона.

Также можно видеть, что с увеличением напора сифона увеличивается время истечения. Это можно объяснить тем, что при увеличении напора возрастает гидравлическое сопротивление (на трение и местное сопротивление) сифона, что приводит к уменьшению скорости движения жидкости.

По результатам исследований был создан опытно-экспериментальный образец солнечной установки, работающий с сифонным коллектором, на основе которого разработан экспериментальный стенд (рис. 6) и проведен серия экспериментальных исследований [6]. Исследования были связаны с изучением влияния геометрических параметров абсорбера, в нашем случае толщины абсорбера на величину выходных параметров теплоносителя (рис. 7) и (рис. 8), изучением изменения температуры теплоносителя на каждой ступени в каскадном режиме работы установки (рис. 9) и изучением влияния времени нахождения теплоносителя в солнечном коллекторе на изменение ее конечной температуры (рис. 10).

По результатам экспериментальных исследований были сделаны следующие выводы [7]:

- Передача тепла от абсорбера к теплоносителю практически происходит мгновенно;
- Толщина абсорбера не оказывает существенного влияния на конечную температуру теплоносителя в сравнении с его тепловоспринимающей поверхностью;
- Изменение разницы температуры теплоносителя для одноступенчатой системы не зависит от начальной температуры подаваемой воды.

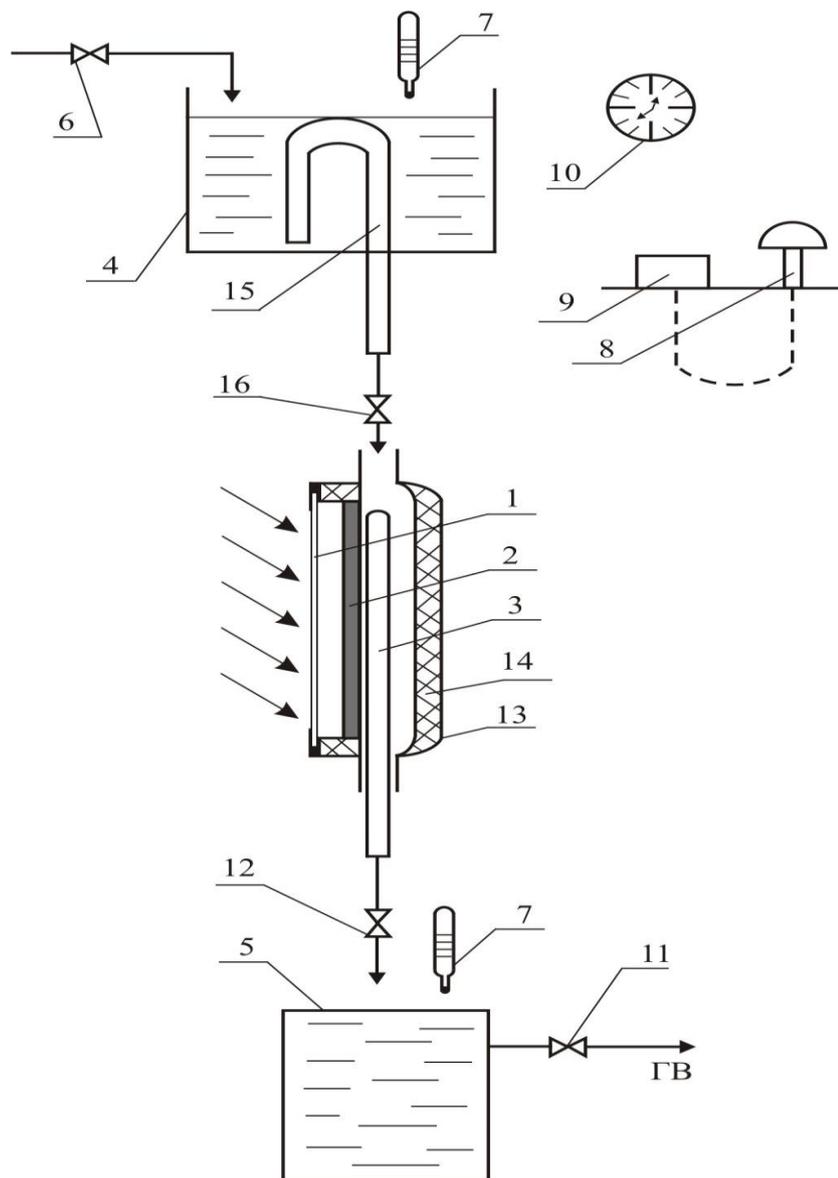


Рис. 6 Экспериментальный стенд

1 – солнечный коллектор; 2 – абсорбер; 3 – сифон солнечного коллектора; 4 – бак дозатор; 5 – бак-аккумулятор; 6, 11, 12, 16 – вентили, 7 – термометр; 8 – пиранометр; 9 – гальванометр; 10 – секундомер; 13 – корпус СК; 14 – теплоизоляция; 15 – сифон бака дозатора.

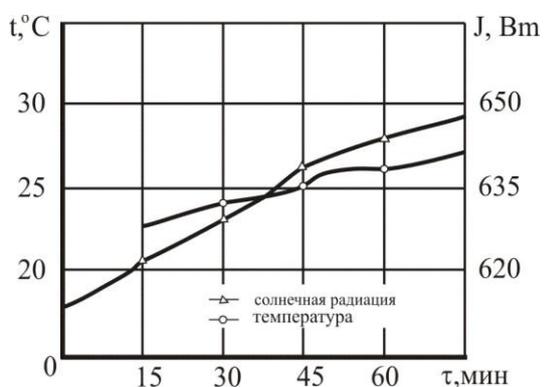


Рис. 7 Изменение температуры во времени

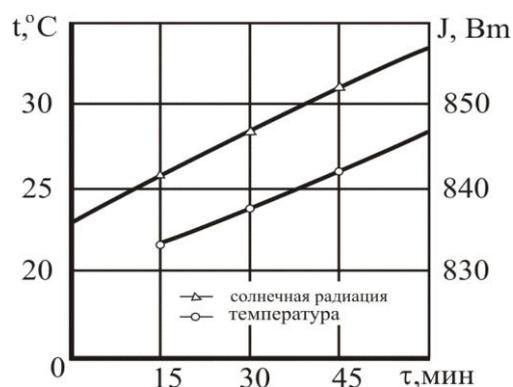


Рис. 8 Изменение температуры и солнечной радиации

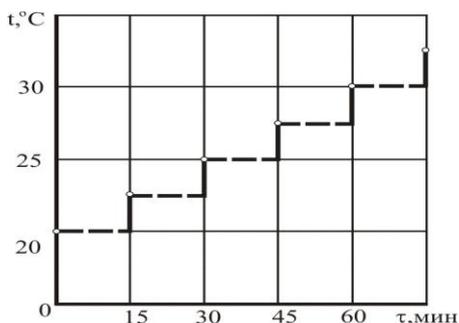


Рис. 9 Изменение температуры в каскадном режиме

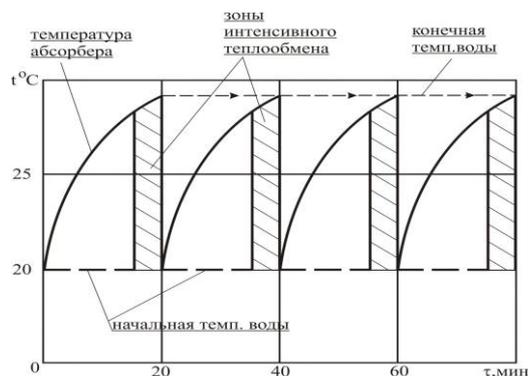


Рис. 10 Изменение температуры теплоносителя

Выводы:

1. Впервые предложено новое техническое решение конструкции СК с использованием эффекта сифона, которое позволяет использовать технологию нагрева воды в зимнее время без использования незамерзающего теплоносителя.
2. Проведенные исследования позволили доказать высокую эффективность предлагаемой установки солнечного горячего водоснабжения с использованием коллектора с эффектом сифона.
3. Разработана методика расчета рациональных геометрических параметров установки с сифонным солнечным коллектором.
4. Построена обобщенная математическая модель процессов преобразования и передачи тепла в СК с эффектом сифона.
5. Предложена классификация ССГВ по основным технологическим и конструктивным параметрам СК и определена в ней место ССГВ с сифонным коллектором.

Литература

1. Тагайматова А.А., Обозов А.Дж. Установка солнечного горячего водоснабжения с эффектом сифона. // межд. н.-техн. конф. Современное состояние и актуальные проблемы развития энергетики. 10-12 октября 2008, Ош.
2. Тагайматова А.А., Обозов А.Дж. Исследование и разработка солнечного коллектора с эффектом сифона. // 2-я межд. конф. Проблемы управления и информатики. 19-22 июня 2007, Бишкек.
3. Патент КР №855, МПК 7 F 24 J 2/00. Солнечный коллектор / Тагайматова А.А., Обозов А.Дж.
4. Тагайматова А.А., Обозов А.Дж. Солнечные системы горячего водоснабжения с коллектором с эффектом сифона. // 4-я казахстанская межд. конф. по энергетике. 3-4 ноября 2005, Алматы, Казахстан.
5. Тагайматова А.А., Обозов А.Дж. Метод определения параметров солнечного коллектора с эффектом сифона. // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 2001.
6. Тагайматова А.А., Обозов А.Дж. Экспериментальные исследования сифонного солнечного коллектора. // Гелиотехника. – Ташкент, 2009.
7. Тагайматова А.А., Обозов А.Дж. Результаты экспериментальных исследований солнечного коллектора с эффектом сифона. // Проблемы автоматизации и управления. – Бишкек: Илим, 2004.