

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СОЛНЕЧНО- ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Ю.К.Рашидов^{1,2}, Р.Р.Султанов², Ю.З.Рашидова²

¹Ташкентский архитектурно-строительный университет,
г.Ташкент, Узбекистан

²Совместный Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических
квалификаций в городе Ташкенте, г.Ташкент, Узбекистан

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17740195>

Аннотация. На основе анализа недостатков известных схемных и конструктивных решений солнечно-электрические установок горячего водоснабжения с вертикальной температурной стратификации, разработаны новые конструктивные решения данных гелиоустановок модульного типа для энергоэффективных зданий, обеспечивающие высокоэффективную работу дорогостоящих солнечных коллекторов путём применения слабо концентрирующей оптической системы, а также хорошей и устойчивой температурной стратификации горячей воды в аккумуляторных баках при расположении дублирующего электронагревателя в нижней части бака.

Ключевые слова: солнечный коллектор, солнечно-электрическая установка, горизонтальная температурная стратификация, аккумуляторный бак, эффективность, слабо концентрирующая оптическая система.

Abstract. Based on an analysis of the shortcomings in known schematic and structural designs of solar-electric hot water systems with vertical temperature stratification, new modular-type solar installation designs for energy-efficient buildings have been developed. These designs ensure highly efficient operation of costly solar collectors by employing a low-concentration optical system, as well as providing effective and stable temperature stratification of hot water in storage tanks with a backup electric heater positioned in the lower part of the tank.

Keywords: solar collector, solar-electric installation, horizontal temperature stratification, storage tank, efficiency, low-concentrating optical system.

Введение. Использование солнечной энергии для горячего водоснабжения различных энергоэффективных зданий является весьма актуальной задачей для условий республики. В Указе Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года № УП-220 [1] предусмотрено: «...начиная с 1 января 2023 года при проектировании и введении в эксплуатацию всех строящихся новых и реконструируемых учреждений образования, здравоохранения, культуры и туризма, общественного питания, объектов оказания услуг, спортивных комплексов, многоквартирных жилых домов, подключаемых к локальным системам теплоснабжения, общая площадь которых превышает одну тысячу квадратных метров, вводится требование обеспечения покрытия не менее 25 процентов объема потребления горячей воды путем установки солнечных водонагревательных устройств...».

Успешное внедрения систем солнечного горячего водоснабжения в условиях Узбекистана требует решения ряда задач, связанных с обеспечением надёжной,

безаварийной и высокоэффективной работой гелиотехнического оборудования и в первую очередь солнечных коллекторов и водяных стратификационных тепловых аккумуляторов [2-4]. К этим задачам, в частности, относятся такие как обеспечение высокоэффективной работы дорогостоящих солнечных коллекторов, хорошей и устойчивой температурной стратификации горячей воды в аккумуляторных баках и другие.

В работе [5] разработаны основные принципы создания высокоэффективных солнечно-электрических установок горячего водоснабжения модульного типа. В настоящей статье приведены примеры по реализации этих принципов для создания новых конструктивных решений.

Методика проведения исследований. Разработка комбинированной солнечно-электрической установки горячего водоснабжения для энергоэффективных зданий было осуществлено на основе изучения результатов, законченных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, анализа и обобщения многолетнего отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации установок солнечного горячего водоснабжения. При этом были также учтены последние научные достижения, опубликованные в научно-технической литературе, посвященные вопросам повышения эффективности работы солнечных коллекторов в реальных условиях их эксплуатации и совершенствования режимных параметров гелиоустановок в различные периоды года.

Результаты. Анализ схемных и конструктивных решений солнечно-электрические установок показывает, что в них для создания вертикальной температурной стратификации (расслоения) воды в аккумуляторном баке используются классическая схема с расположением электронагревателя в верхней части бака. Такая схема требует увеличения высоты аккумуляторного бака из-за необходимости создания достаточного резерва холодной воды под электронагревателем для его предварительного нагрева в солнечных коллекторах. Это, в свою очередь, при одной и той же его высоте, приводит к уменьшению КПД солнечного коллектора и уменьшению вклада солнечной энергии в общую нагрузку системы. Устранить данный недостаток можно за счёт использования в аккумуляторном баке горизонтальной температурной стратификацией воды.

На рис.1. представлена принципиальная схема, разработанной одноконтурной солнечно-электрической установки горячего водоснабжения модульного типа с горизонтальной температурной стратификацией воды в аккумуляторном баке [6].

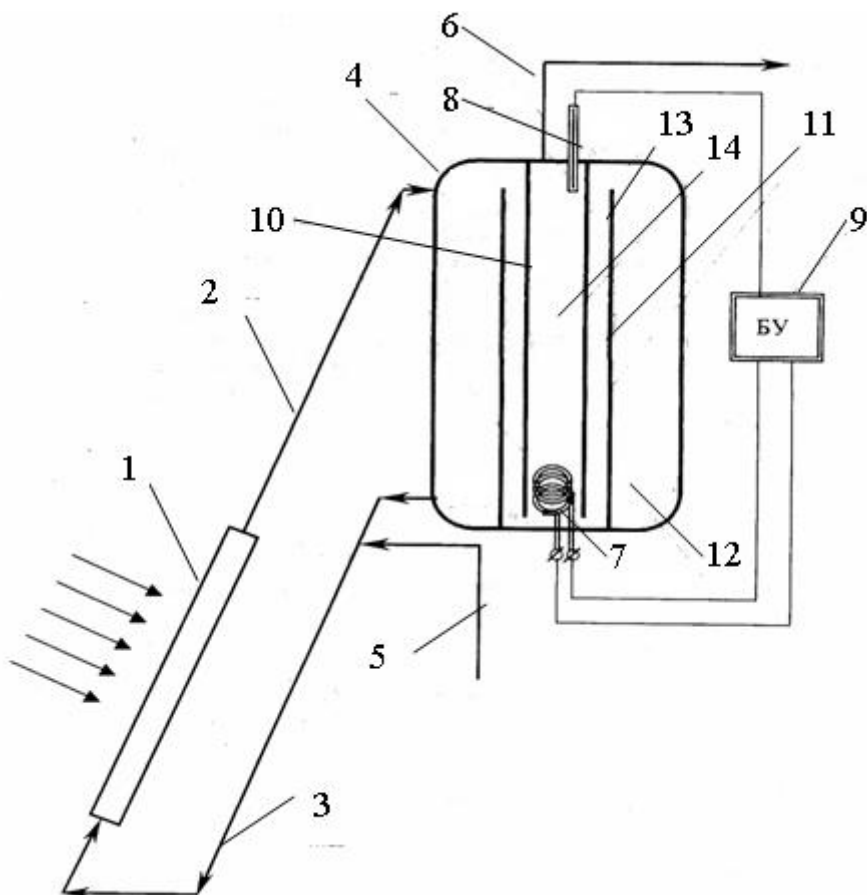


Рисунок.1. Принципиальная схема одноконтурной солнечно-электрической установки горячего водоснабжения модульного типа с горизонтальной температурной стратификацией воды в аккумуляторном баке

1-солнечный коллектор; 2- подающий трубопровод; 3- обратный трубопровод; 4- аккумуляторный бак; 5-трубопровод подачи холодной воды; 6- трубопровод отбора горячей воды; 7- электронагреватель; 8-термопара; 9-блок управления; 10, 11- цилиндрические вертикальные перегородки; 12, 13, 14 – внешний, средний и внутренний отсеки

Установка содержит солнечный коллектор 1 и аккумуляторный бак 4, сообщённый с помощью подающего 2 и обратного 3 трубопроводов с образованием циркуляционного контура. Аккумуляторный бак 4 подсоединён к трубопроводам подвода холодной 5 и отбора горячей 6 воды. В нижней части аккумуляторного бака расположен электронагреватель 7, а в верхней – термопара 8. В аккумуляторном баке размещены две коаксиально расположенные вертикальные перегородки 10 и 11, которые образуют сообщающиеся между собой внешний 12, среднего 13 и внутренний 14 отсеки. Причём одна из перегородок 10, образующая внутренний отсек 14, к верхней части которого подсоединён трубопровод 6 отбора горячей воды, установлена с образованием зазора между ней и нижней частью аккумуляторного бака, другая 11 – с зазором относительно верхней части аккумуляторного бака. Электронагреватель 7 и термопара 8 размещены во внутреннем отсеке 14.

Через трубопровод 5 гелиоустановка заполняется холодной водой. Под действием солнечной радиации вода в СК 1 начинает нагреваться, что приводит к возникновению термосифонной циркуляции через аккумуляторный бак 4. При этом в верхней части

внешнего отсека 12 будет накапливаться горячая вода, а в нижней – холодная, что обеспечит эффективную температурную стратификацию воды во внешнем отсеке. При отборе горячей воды из верхней части внутреннего отсека 14 через трубопровод 6 отбора горячей воды, наиболее горячие слои воды из верхней части отсека 12 попадают в средний отсек 13 через зазор между верхней частью аккумуляторного бака и перегородкой 11, а из среднего отсека во внутренний 14 – через зазор между нижней частью аккумуляторного бака 4 и перегородкой 10.

При температуре теплоносителя ниже требуемой, расположенная в верхней части отсека 14 термopара 8 через блок управления 9 включает электронагреватель 7, расположенный в нижней части этого же отсека. После того как температура горячей воды достигает необходимого значения, электронагреватель 7 автоматически отключается.

Разделение аккумуляторного бака двумя коаксиально расположенными цилиндрическими вертикальными перегородками 10 и 11 на сообщающиеся между собой внешний 12, средний 13 и внутренний 14 отсеки позволяет создать необходимый резерв горячей воды для потребителя и резерв холодной воды для эффективной работы солнечного коллектора при расположении электронагревателя в нижней части аккумуляторного бака, без увеличения его высоты. Это, в свою очередь, создаёт условия для повышения КПД СК, вклада солнечной энергии в общую тепловую нагрузку при высокой интенсивности нагрева воды и производительности установки.

Недостатком одноконтурных солнечно-электрических установок горячего водоснабжения, работающих по данной схеме, является невозможность их круглогодичного функционирования из-за опасности замерзания воды в солнечных коллекторах в периоды заморозков. Устранить этот недостаток можно при использовании двухконтурной схемы.

На рис.2. приведена разработанная схема конструктивных решений аккумуляторных баков с горизонтальной температурной стратификацией для двухконтурных установок.

Отличительной особенностью схемы является наличие в аккумуляторном баке 4 теплообменника, выполненного в виде полого цилиндра 16. Это позволило уменьшить гидравлическое сопротивление теплообменника 16 и тем самым повысить эффективность термосифонной циркуляции в гелиоконтуре. В качестве теплоносителя в этом контуре можно использовать антифриз или любую другую незамерзающую жидкость.

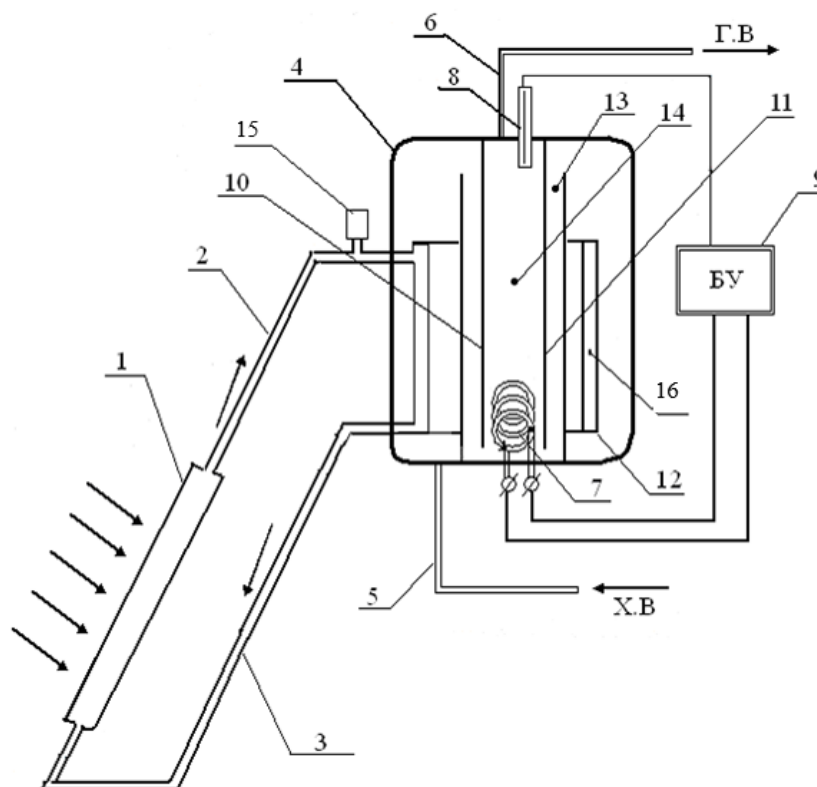


Рисунок.2. Принципиальная схема конструктивных решений аккумуляторных баков с горизонтальной температурной стратификацией для двухконтурных установок

1-солнечный коллектор; 2- подающий трубопровод; 3- обратный трубопровод; 4- аккумуляторный бак; 5-трубопровод подачи холодной воды; 6- трубопровод отбора горячей воды; 7- электронагреватель; 8-термопара; 9-блок управления; 10, 11- цилиндрические вертикальные перегородки; 12, 13, 14 – внешний, средний и внутренний отсеки; 15- расширительный сосуд; 16- теплообменник в виде полого цилиндра.

Простым способом повышения эффективности плоских солнечных коллекторов солнечно-электрические установки горячего водоснабжения является применение слабо концентрирующих оптических систем в виде прямолинейных или криволинейных регулируемых отражателей.

На рис.3 показана разработанная конструктивная схема концентратора солнечной энергии данного типа.

Концентратор солнечной энергии содержит оптическую схему в виде плоского двугранного Д – фоклина 1, шарнирно 5 закрепленные на нем отражатели 2 с возможностью вращения.

На неподвижном каркасе 3 шкивом 6 закреплен двуплечий поворотный рычаг 4 (длиной $2\sqrt{3} \ell$), к которому закреплен зубчатый сектор 9, причем отражатели 2 другим концом связаны с ползунами 10 на рычаге 4. Приводной вал 7 установлен с возможностью синхронного поворота за видимым движением Солнца. Кинематическая связь привода 7 с рычагом 4 осуществляется с помощью зубчатого колеса 8, находящегося на выходном валу привода 7, зубчатого сектора 9, закрепленного на рычаге 4.

Концентратор работает следующим образом. В начале рабочего дня задается склонение Солнца, по законам геометрической оптики могут быть найдены оптимальное положение углов наклона α_1 и α_2 отражателей 2. При этом оптимальное положение отражателей управляется строго с рычагом 4. При отклонении потока радиации появляется электрический сигнал, пробуждающий привод 7, причем через зубчатого колеса 8 и зубчатого сектора 9 поворачивается рычаг 4 где и происходит изменение углов наклона отражателей для фиксированный момент времени.

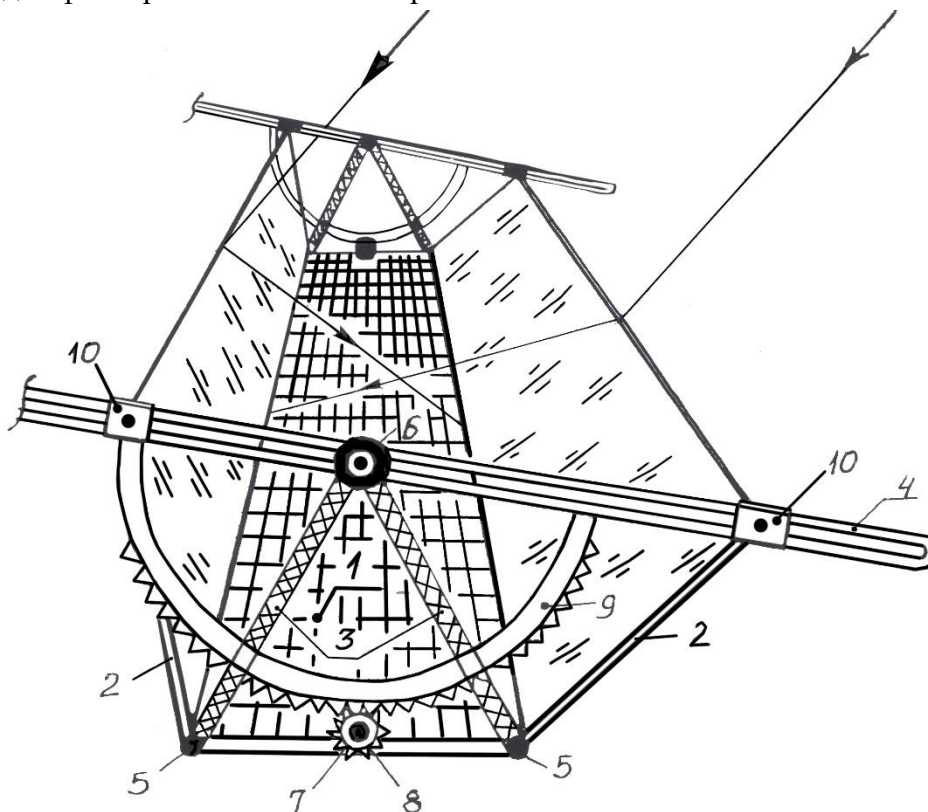


Рисунок.3. Регулируемый солнечный концентратор

Закключение. На основе разработки новых конструктивных решений солнечно-электрические установок горячего водоснабжения модульного типа для энергоэффективных зданий можно сделать следующие выводы:

1. Повышения эффективности использования солнечной энергии в комбинированных установках можно достичь за счёт применения горизонтальной температурной стратификации (расслоения) воды в аккумуляторном баке, а также путём использования регулируемых плоских и криволинейных солнечных концентраторов. Данные мероприятия являются наиболее простыми и не требуют существенного увеличения капитальных затрат на установку.

2. Разработана принципиально новая схема солнечно-электрической установка с горизонтальной температурной стратификацией воды в аккумуляторном баке, обеспечивающая оптимальные режимы работы солнечных коллекторов с высоким КПД при термосифонной циркуляции. При этом найдено решение, позволяющее в отличие от классической схемы, располагать электронагреватель не в верхней, а в нижней части аккумуляторного бака, что позволяет одновременно создавать резервы как горячей воды

для потребителя, так и холодной воды для эффективной работы солнечных коллекторов на пониженных температурных уровнях.

3. Разработаны простые, не требующие существенных капитальных затрат конструктивные решения по использованию в солнечно-электрических установках горячего водоснабжения регулируемых плоских и криволинейных концентраторов солнечной энергии.

4. Слабо концентрирующие оптические системы начинают находить своё применение в основном в пассивных системах солнечного отопления, а их расчёт требует дальнейшего совершенствования применительно к установкам солнечного горячего водоснабжения.

5. Повышения эффективности использования солнечной энергии в комбинированных установках можно достичь путём использования слабо концентрирующие оптические систем на основе регулируемых плоских и криволинейных солнечных концентраторов. Данные мероприятия являются наиболее простыми и не требуют существенного увеличения капитальных затрат на установку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года № УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности». <https://lex.uz/ru/pdfs/6189043>.
2. Рашидов Ю.К., Асанова С.К. Пути совершенствования строительных норм и правил «Установки солнечного горячего водоснабжения» Республики Узбекистан. The scientific heritage. 2022, №98, pp. 75-85.
3. Рашидов Ю.К., Суръатов Х.Т. Основные пути дальнейшего совершенствования КМК «Установки солнечного горячего водоснабжения» Архитектура, строительство. Дизайн. ТАСИ, 2022, №3. С.167-177.
4. Рашидов Ю.К. Основные пути дальнейшего совершенствования строительных норм и правил «Установки солнечного горячего водоснабжения» с целью широкомасштабного внедрения инновационных решений для повышения энергоэффективности проектируемых гелиоустановок в климатических условиях Узбекистана. Энергия ва ресурс тежаш муаммолари. Махсус сон. 2022 й. №82, 86-103 бет.
5. Рашидов Ю.К., Шерназаров Э.Э., Абдухамидов Д.У., Рашидов К.Ю., Рашидова Л.Ю. Основные принципы создания высокоэффективных солнечно-электрических установок горячего водоснабжения модульного типа. Тезисы докладов 64-й научно-технической конференции НГАСУ (Сибстрин). Новосибирск, 2007, стр.111...112.
6. Патент РУз № IDP 04414. Гелиоустановка горячего водоснабжения / Рашидов Ю.К., Шерназаров Э.Э.// Расмий ахборотнома.- 2000.- № 4.