

Научная статья  
УДК 620.92

## ДВУХОСНАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ ЗА СОЛНЕЧНЫМИ ЛУЧАМИ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ТАРЕЛКИ, ИНТЕГРИРОВАННОЙ С ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА

**Милия Хамид Маджид, Сергей Евгеньевич Щеклеин<sup>1</sup>**

Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> [s.e.shcheklein@urfu.ru](mailto:s.e.shcheklein@urfu.ru)

**Аннотация.** Главная проблема параболического солнечного коллектора — это ограниченное фактическое время работы в дневное время. Поэтому цель исследования — разработать новую двойную систему слежения за солнечным светом для параболических концентраторов и водонагревателя с использованием новой двухосной системы слежения. Исследовано два типа солнечных параболических концентраторов для водонагревателей: первый представляет собой фиксированную солнечную параболическую тарелку (ФПЗ), а второй — отслеживающую солнечную параболическую тарелку (МПЗ). В этой работе было установлено, что разница температур воды на выходе солнечного водонагревателя для двух типов различалась на 22 %.

**Ключевые слова:** Солнце, двухосная параболическая система, водонагреватель

**Для цитирования:** Маджид М. Х., Щеклеин С. Е. Двухосная система слежения за солнечными лучами для параболической тарелки, интегрированной с водонагревателем центрального процессора // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 436—441.

Original article

## BIAXIAL SOLAR TRACKING SYSTEM FOR PARABOLIC DISH INTEGRATED WITH CENTRAL PROCESSOR WATER HEATER

**Milia H. Majeed, Sergei E. Shcheklein<sup>1</sup>**

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> [s.e.shcheklein@urfu.ru](mailto:s.e.shcheklein@urfu.ru)

**Abstract.** The main problem of a parabolic solar collector is its limited actual day-time running time. Therefore, the aim of the study is to develop a new dual solar tracking system for parabolic concentrators and water heaters using a new biaxial tracking system. Two types of solar parabolic concentrators for water heaters have been investigated: the first is a fixed solar parabolic dish (FSPD), and the second is a tracking solar parabolic dish (TSPD). In this work, it was found that the difference in water temperature at the outlet of the solar water heater for the two types differed by 22%.

**Keywords:** Solar, biaxial parabolic system, water heater

**For citation:** Majeed M. H., Shcheklein S. E. (2023). Dvukhosnaya sistema slezheniya za solnechnymi luchami dlya parabolicheskoy tarelki, integrirovannoy s vodonagrevatelem tsentral'nogo protsessora [Biaxial Solar Tracking System for Parabolic Dish Integrated with Central Processor Water Heater]. *Ehnergo- i resur-soberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki eh-nergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 436–441. (In Russ).

Во многих практических приложениях солнечная энергия используется вместо оказывающего вредное воздействие на окружающую среду ископаемого топлива, доступного далеко не во всех районах. Наиболее важным практическим применением солнечной энергии является солнечный нагрев воды для бытовых и промышленных нужд [1]. Стандартный солнечный водяной коллектор состоит из стеклянной оболочки, трубок из нержавеющей стали или меди и поглощающих листовых материалов: оцинкованное железо [2; 3].

Существует два типа конструкции солнечных водных коллекторов: концентрирующий и неконцентрирующий. В концентрирующих, как

правило, используются отражатели, вогнутые зеркала и параболические зеркала для концентрации солнечных лучей на поверхности коллектора, причем этот тип имеет самый высокий КПД [4]. Настоящее исследование направлено на увеличение продолжительности нагрева воды в дневное время в зависимости от интенсивности солнечного излучения на основе использования системы слежения за солнцем на основе алгоритма расчета положения и астрономических уравнений с использованием языка программирования C # и контроллера управления поворотным устройством AZV-1.

Эксперименты проводились в Уральском федеральном университете, г. Екатеринбург, Россия (56.84 с. ш., 60.58 в. д.), на протяжении августа 2020 г. За стандартный 12-ти часовой ясный день (8:00–20:00) принято 6 августа 2020 г. На рис 1. приведена принципиальная схема двух моделей экспериментальной установки солнечного водонагревателя с параболическим зеркалом: первая — с фиксированным параболическим зеркалом (ФПЗ), вторая — с модифицированным параболическим зеркалом с системой трекинга (МПЗ).

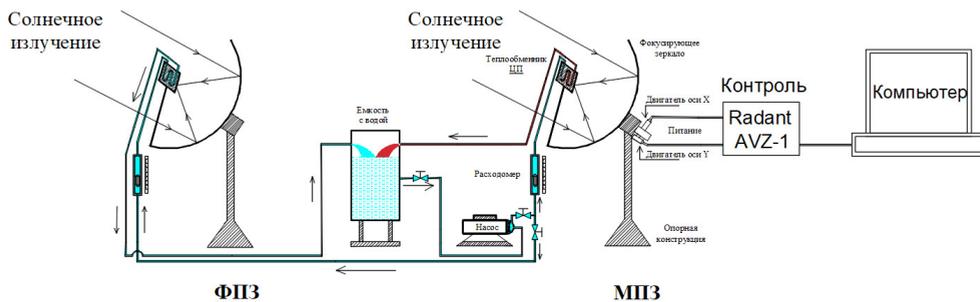


Рис. 1. Принципиальная схема двух моделей солнечного водонагревателя параболического тарельчатого типа ФПЗ и МПЗ

Выполнено сравнение производительности двух моделей идентичных размеров при одинаковых условиях эксплуатации. Экспериментальная установка состоит из системы нагрева воды, двухосевой системы солнечного трекинга и измерительной системы. Система нагрева воды состоит из параболического зеркала, теплообменника, микронасоса, работающего на постоянном токе (12 В) с расходом 0,066 л/мин, расходомера и емкости с водой. Параболическое зеркало выполнено из оцинкованной нержавеющей стали диаметром 56 см и толщиной 0,055 см. Внутренняя поверхность параболического зеркала покрыта

светоотражающим листом из жаропрочного алюминия для перенаправления солнечных лучей и фокусирования их на теплообменнике.

Из рисунка 2 видно, что интенсивность солнечного излучения на МПЗ в светлое время было выше, чем на горизонтальной поверхности и ФПЗ, благодаря системе трекинга. На рисунке 3 показаны почасовая температура воды на входе в теплообменник, скорость ветра и температура окружающего воздуха. Из этого рисунка видно, что на температуру воды на входе напрямую влияют климатические параметры. Температура воды на входе  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  была зафиксирована при температуре окружающего воздуха  $24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , интенсивности солнечного излучения  $416\text{ Вт/м}^2$ , скорости ветра  $0,9\text{ м/с}$ , а в полдень (около 13:00–14:00) максимальное значение температуры воды на входе достигла значения около  $32\text{--}33\text{ }^{\circ}\text{C}$  при температуре окружающего воздуха  $29,8\text{--}31,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , интенсивности солнечного излучения  $870\text{--}888\text{ Вт/м}^2$ , скорости ветра  $1,6\text{--}1,7\text{ м/с}$ .

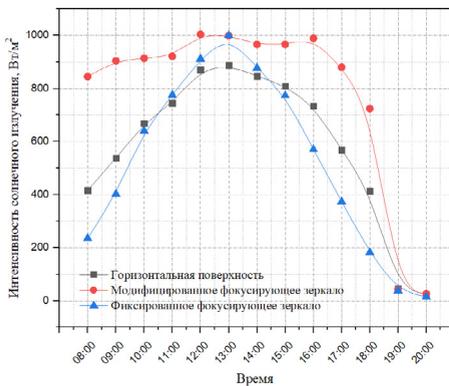


Рис. 2. Почасовая интенсивность солнечного излучения на горизонтальной поверхности, ФПЗ и МПЗ

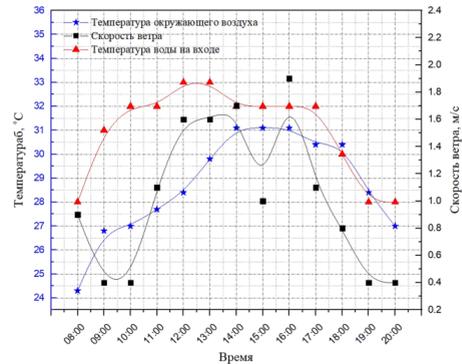


Рис. 3. Изменение температуры воды на входе в теплообменник, скорости ветра и температуры окружающего воздуха

На рисунке 4 показана почасовая температура воды на выходе из теплообменника в зависимости от температуры на его входе для обеих моделей, ФПЗ и МПЗ. Из этого рисунка видно, что температура воды на выходе МПЗ была на  $22\%$  выше, чем у ФПЗ. На рисунке 5 показано количество энергии, получаемой водой ( $Q$ ) в час для ФПЗ и МПЗ.

Установлено, что для модели ФПЗ энергия поглощалась водой всего несколько часов, с 13:00 до 14:00, когда солнечные лучи были перпендикулярны поверхности зеркала, и равнялась примерно

54,75 и 46,81 Вт соответственно. В то время как теплообменник с технологией слежения (модель МПЗ) был эффективен в течение большей части рабочего времени (с 8:00 до 19:00). Наибольшее значение энергии, полученной водой, было зарегистрировано в 13:00 и равнялось 76,9 Вт.

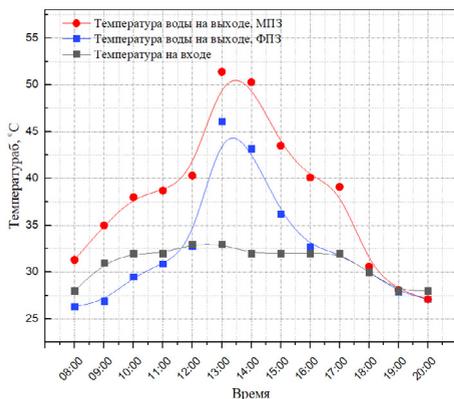


Рис. 4. Почасовая температура воды на входе и выходе из теплообменника для ФПЗ и МПЗ

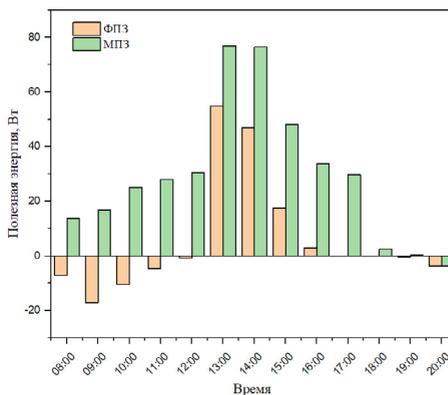


Рис. 5. Изменение полученной тепловой энергии для двух типов ФПЗ и МПЗ

Разница температур воды на выходе из солнечного водонагревателя для двух типов составила 22 %, это означает, что технология двойного слежения повысила температуру воды в теплообменнике. В случае технологии слежения полезная энергия производилась в течение дня, и наибольшее значение составляло 76,9 Вт в 13:00, в то время как в случае стационарной системы (без технологии слежения) наблюдались потери энергии из-за протекания воды внутри солнечного нагревателя большую часть дня, только в период с 13:00 до 14:00, когда солнце находилось параллельно пластине, полезная энергия составляла 54,7–46,8 Вт.

### Список источников/References

1. Tanaka H., Nakatake Y. Theoretical analysis of a basin type solar still with internal and external reflectors // *Desalination*. 2006. Vol. 197. P. 205–216.
2. Numerical simulation and optimization of the flash chamber for multi-stage flash seawater desalination / H. Lv, Y. Wang, L. Wu, Y. Hu // *Desalination*. 2019. Vol. 465. P. 69–78. DOI:10.1016/j.desal.2019.04.032.

3. Cozzini M. Solar Cell Cooling and Heat Recovery in a Concentrated Photovoltaic System // Excerpt from Proceeding of the 2012 COM-SOL Conference in Milan. URL: [https://www.comsol.fr/paper/download/151579/cozzini\\_paper.pdf](https://www.comsol.fr/paper/download/151579/cozzini_paper.pdf) (date of access: 01.12.2021).

4. Mohammed I. L. Design and Development of a Parabolic Dish Solar Thermal Cooker // Int. J. Eng. Res. Appl. 2013. Vol. 3, Iss. 4. P. 1179–1186.

### **Информация об авторах**

**Милия Хамид Маджид** — аспирантка Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [milia.hameed88@gmail.com](mailto:milia.hameed88@gmail.com)

**Сергей Евгеньевич Шчеклеин** — профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой атомных станций и возобновляемых источников энергии Уральского энергетического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), [s.e.shcheklein@urfu.ru](mailto:s.e.shcheklein@urfu.ru)

### **Information about the authors**

**Milia Hameed Majeed** — Postgraduate at the Ural Power Engineering Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [milia.hameed88@gmail.com](mailto:milia.hameed88@gmail.com)

**Sergei E. Shcheklein** — Professor, Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Technical Sciences, Department Head of Nuclear Power Plants and Renewable Energy Sources of the Ural Power Engineering Institute, Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), [s.e.shcheklein@urfu.ru](mailto:s.e.shcheklein@urfu.ru)