

УДК 621.47

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ

С.Е. Щеклеин, С.А. Коржавин, В.Ю. Данилов, В.И. Велькин

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина
620002 Екатеринбург, ул. Мира, д. 19
Тел./факс: (343) 375-95-08, e-mail: aes@mail.ustu.ru

Заключение совета рецензентов: 21.03.12 Заключение совета экспертов: 25.03.12 Принято к публикации: 28.03.12

Произведено исследование комбинированной системы солнечной теплогенерации для условий резко континентального климата, характерного для Урало-Сибирской климатической зоны. Определялись приходы солнечной радиации, изменение тепловых характеристик элементов установки; определялась энергетическая производительность и эффективность установки.

Ключевые слова: комбинированная система солнечной теплогенерации, плоский солнечный коллектор, вакуумный солнечный коллектор, резко континентальный климат, солнечная радиация, тепловые характеристики, энергетическая производительность, энергетическая эффективность.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE COMBINED SOLAR HEAT GENERATION

S.E. Shcheklein, S.A. Korzhavin, V.Yu. Danilov, V.I. Velkin

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin
19 Mira ave., Yekaterinburg, 620002, Russia
Tel./fax: (343) 375-95-08, e-mail: aes@mail.ustu.ru

Referred: 21.03.12 Expertise: 25.03.12 Accepted: 28.03.12

The experimental investigation of the combined heat generation system efficiency for the conditions of the acutely continental climate, which is typical for Urals and Siberia climatic zone, is performed. It was measured the income of solar radiation, the change of the facility elements thermal characteristics, the facility energy delivery performance and energy efficiency.

Keywords: combined solar heat generation system, flat solar collector, vacuum solar collector, acutely continental climate, solar radiation, thermal characteristics, energy delivery performance, energy efficiency.



*Василий Юрьевич
Данилов*

Сведения об авторе: студент 5-го курса УрФУ. Теплоэнергетический факультет, кафедра «Атомные электростанции и возобновляемые источники энергии». Прошел программу обучения Шанхайской компании «Кайсолдунни» по солнечным водонагревателям.

Область научных интересов: солнечные коллекторы, работа асинхронного двигателя в режиме генератора.

Публикации: 3.

Введение и состав стенда

Исследованиям систем солнечной теплогенерации посвящены многочисленные научные публикации [1-9]. В данной работе представлены данные экспериментального изучения эффективности комбинированной системы производства тепловой энергии для условий резко континентального климата, характерного для Урало-Сибирской климатической зоны.

В ходе исследований определялись приходы солнечной радиации, изменение тепловых характеристик элементов установки; определялась энергетическая производительность и эффективность установки, общая схема которой и внешний вид представлены на рис. 1 и 2.

Солнечные коллекторы имеют южную ориентацию и стационарный угол наклона -45° .

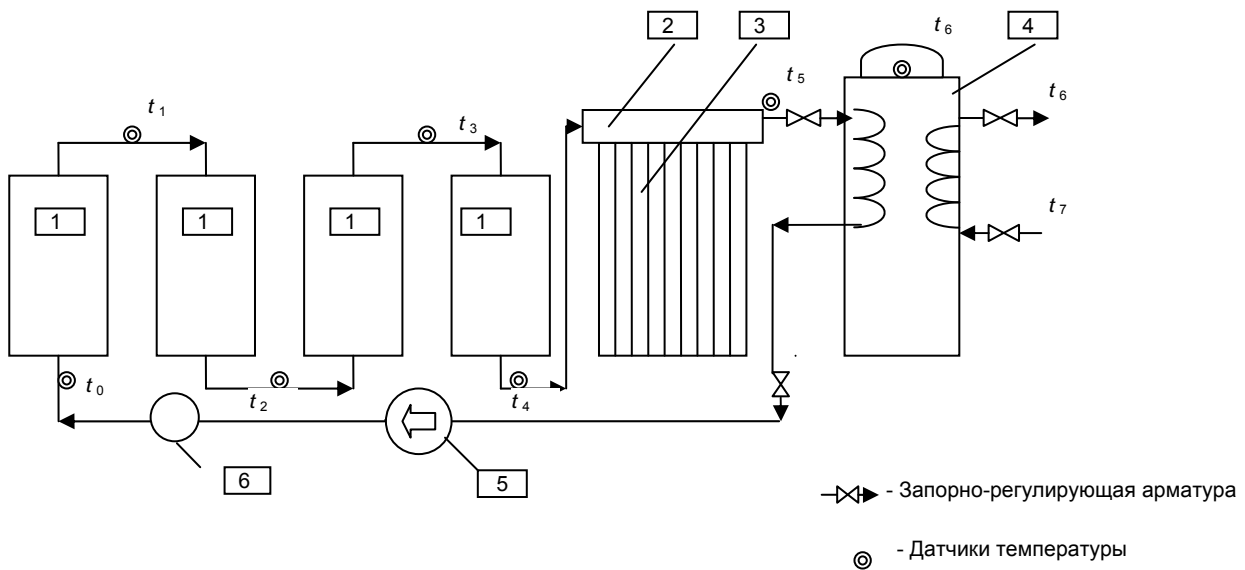


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования эффективности солнечных коллекторов в натуральных условиях: 1 – плоские солнечные коллекторы; 2 – скоростной теплообменник; 3 – вакуумные тепловые трубы в вакуумной тепловой изоляции; 4 – бак-аккумулятор тепловой энергии; 5 – циркуляционный насос; 6 – расходомер; $t_1 - t_7$ – что это?
Fig. 1. Schematic diagram of the installation for the field study of the solar collector efficiency: 1 – flat solar collectors; 2 – speed heat exchanger; 3 – vacuum heat pipes in the vacuum thermal insulation; 4 – storage tank of heat energy; 5 – circulation pump; 6 – flowmeter; $t_1 - t_7$ – что это?



Рис. 2. Монтаж систем измерения испытательного стенда
(студенты А.Паздников, С.Анников, В.Данилов, руководитель – аспирант С.Коржавин)
Fig. 2. The mounting of the test facility measuring system
(students A.Pazdnikov, S.Annikov, V.Danilov, under the direction of post-graduate student S.KorzHAVIN)

Особенности методики проведения экспериментов

Так как исследование энергетических характеристик установки имело длительный (многочесный) характер, сбор и накопление информации, как по приходу солнечной радиации, так и по температурным характеристикам было максимально автоматизировано.

Для исследования радиационных характеристик применялись две независимых автоматических метеорологических комплекса (производства США), регистрирующих прямую и рассеянную радиацию,

температуру и влажность окружающей среды, силу и направление ветра в автоматическом режиме с сохранением данных в памяти компьютера.

Для измерения температурных характеристик испытательного стенда был разработан и изготовлен специальный 16-канальный измерительный комплекс, позволяющий выполнять измерения в широком диапазоне температур [5]. Данная система позволяет в автоматическом режиме производить замеры температуры с одновременным формированием массива данных в памяти компьютера.

Особенности данного прибора: высокое быстродействие (максимальная частота дискретизации составляет до 75 кГц), высокая точность измерений (разрешение АЦП – 12 бит), достаточно большое число каналов (с общей землей 16 шт.), входное сопротивление не менее 1 МОм, время преобразования не более 10 мкс, передача данных осуществляется посредством порта типа RS-232. Алгоритм работы автоматического цифрового измерительного комплекса представлен на рис. 3.

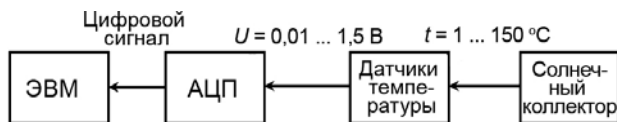


Рис. 3. Структурная схема автоматического цифрового измерительного комплекса
Fig. 3. The structure of the automatic digital measuring system

В экспериментах для измерения температуры использовались термодатчики типа LM35, которые могут применяться в диапазоне температур от -50 до 150 °С. Калибровка датчиков осуществлена таким образом, что на изменение температуры 1 °С происходит изменение выходного сигнала на 10 мВ. Нелинейность находится в диапазоне $\pm 1/4$ °С.

Характерные данные по измерению приходов солнечной радиации и тепловым характеристикам элементов установки приведены на рис. 4-9.

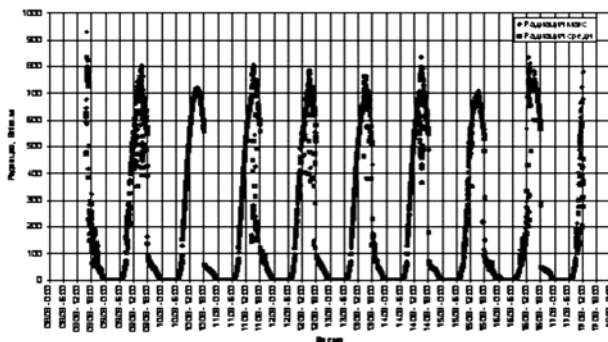


Рис. 4. Данные по приходу солнечной радиации в многодневном цикле
Fig. 4. Data for the solar radiation income in a multi-day cycle

Внешний вид графика рис. 4 показывает наличие циклической (суточной) составляющей прихода энергии солнца, однако маскирует стохастический характер, связанный с облачностью, прозрачностью атмосферы и прочими факторами.

На рис. 5 приведен детальный суточный график прихода солнечной радиации, учитывающий упомянутые выше явления.

Ниже на рис. 6-9 приведены данные исследования температурных характеристик стенда при проведении исследований при разомкнутой (без использования бака-аккумулятора) тепловой схеме.

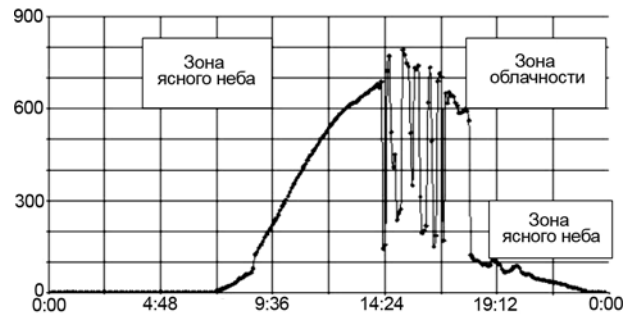


Рис. 5. Характерный суточный график прихода солнечной радиации
Fig. 5. A typical daily diagram of solar radiation income

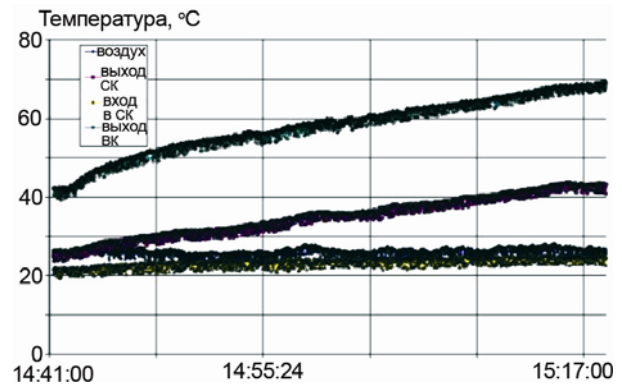


Рис. 6. Суточный график изменения температур в характерных точках испытательного стенда при расходе теплоносителя 1-го контура 1 л/мин
Fig. 6. The daily diagram of the temperature change in the characteristic points of the test facility at a 1st circuit coolant flow 1 l/min

На рис. 6 обозначено: вход СК – температура входа теплоносителя в систему плоских солнечных коллекторов; выход СК – температура выхода из плоских солнечных коллекторов; выход ВК – температура выхода из вакуумного солнечного коллектора

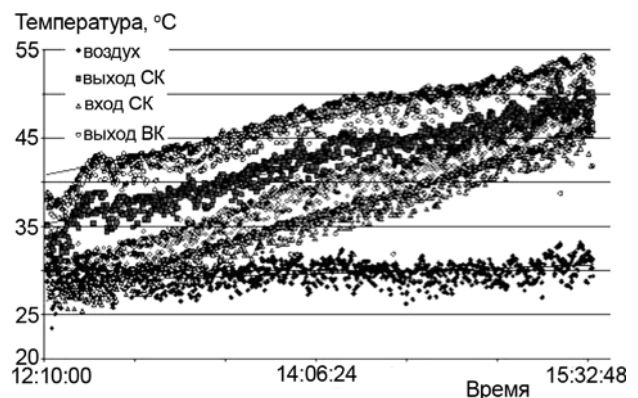


Рис. 7. Суточный график изменения температур в характерных точках испытательного стенда при расходе теплоносителя 1-го контура 6 л/мин
Fig. 7. The daily diagram of the temperature change in the characteristic points of the test facility at a 1st circuit coolant flow 6 l/min

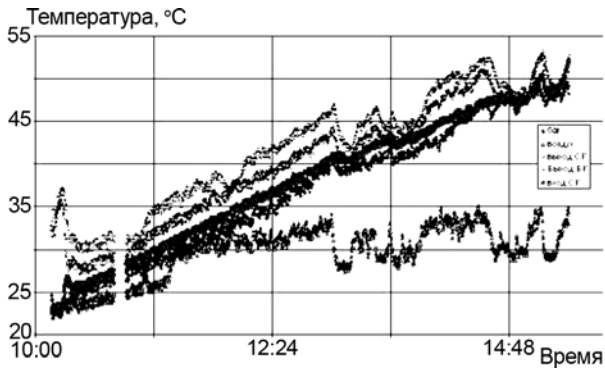


Рис. 8. Суточный график изменения температур в характерных точках испытательного стенда при расходе теплоносителя 1-го контура 12 л/мин
Fig. 8. The daily diagram of the temperature change in the characteristic points of the test facility at a 1st circuit coolant flow 12 l/min

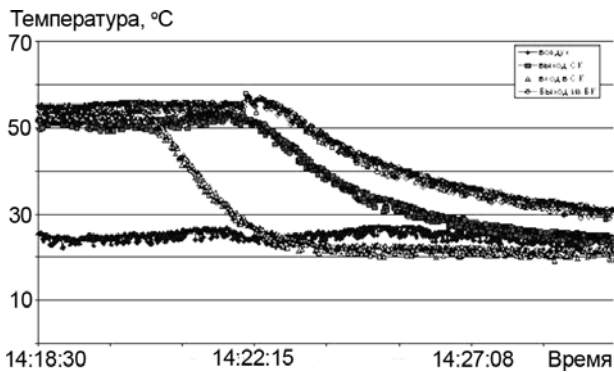


Рис. 9. График изменения температур в характерных точках испытательного стенда при увеличении расхода холодного теплоносителя (разомкнутая схема) с 1 до 12 л/мин
Fig. 9. The diagram of the temperature change in the characteristic points of the test facility at the increase of the cold coolant flow (open circuit) from 1 to 12 l/min

Экспериментальная оценка по данным исследований уровня тепловой мощности стенда приведена на рис. 10.

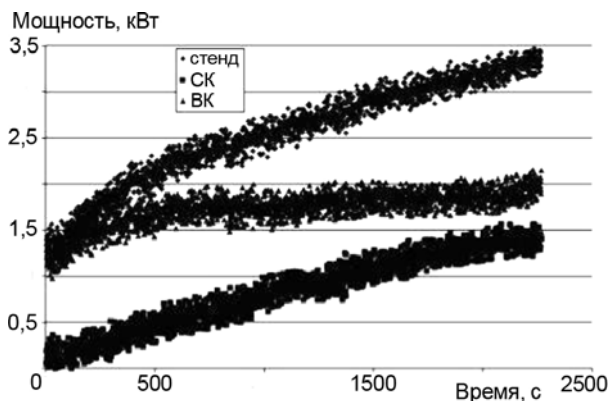


Рис. 10. График изменения во времени тепловой мощности стенда и его элементов при интенсивности солнечной радиации 700 Вт/м²
Fig. 10. The time change diagram of the facility and its elements heat thermal capacity at the solar radiation intensity 700 W/m²

Изменение во времени мощности плоских солнечных коллекторов связано с их значительной тепловой инерцией, проявляющейся при пуске из холодного состояния.

Вакуумный солнечный коллектор обладает существенно меньшей инерционностью вследствие использования маломатериалоемких тепловых труб.

На рис. 11 приведены значения коэффициента полезного действия стенда и его элементов, полученные в результате обработки синхронных массивов информации по приходу и восприятию солнечной радиации.

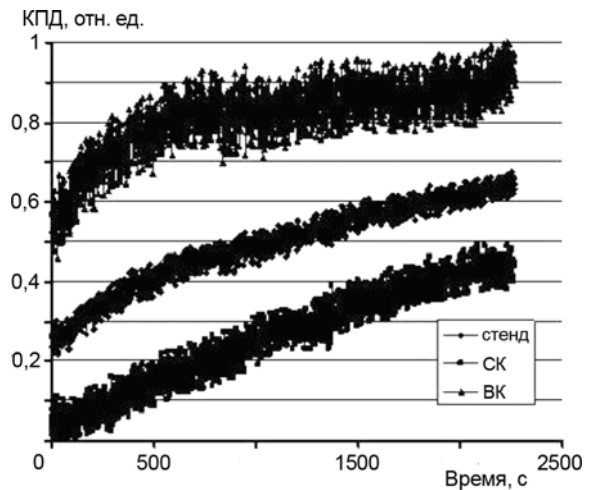


Рис. 11. График изменения во времени КПД стенда и его элементов
Fig. 11. The time change diagram of the efficiency of the facility and its elements

На рис. 11 обозначено: стенд – общий КПД стенда; СК – КПД плоских солнечных коллекторов; ВК – КПД вакуумного солнечного коллектора.

Выводы

Полученные результаты подтверждают высокую энергетическую эффективность вакуумных коллекторов. В то же время использование менее эффективных плоских солнечных коллекторов оправдано их доступностью и низкой стоимостью.

Разработанная комбинированная схема стенда отвечает требованиям достаточно высокой энергетической эффективности. КПД стенда в стационарных условиях находится в диапазоне 0,65-0,7.

Список литературы

1. Бекман У., Клейн С., Даффи Дж. Расчеты систем солнечного теплоснабжения. М.: Энергоиздат, 1982.
2. Матвеев А.В., Пахалуев В.М., Щеклеин С.Е. Анализ работы солнечного коллектора в условиях естественной циркуляции теплоносителя // Перспективные энергетические технологии. Экология. Эко-

- номика, безопасность и подготовка кадров. Сборник научных трудов, Екатеринбург, 2006. С. 115-120.
3. Тарнижевский Б.В., Гусейханов М.К., Алиев С.Н., Бабаева Л.М. Исследование характеристик опытно-промышленного варианта плоского коллектора солнечной энергии // Гелиотехника. 1985. № 2. С. 59-62.
4. Авезов Р.Р., Кахаров Н.А., Гафуров А.М. Результаты экспериментальных исследований теплотехнических характеристик солнечных коллекторов для подогрева воды // Гелиотехника. 1988. № 4. С. 58-60.
5. Жуков С.В., Лекомцев А.А., Щеклеин С.Е., Немихин Ю.Е. Применение многоканального аналого-цифрового преобразователя // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады, научно-практической конференции и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых. 6-9 декабря 2005 г. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005.
6. Buchberg H., Roulet J.R. Simulation and optimization of solar collection and storage for house heating // Solar energy. 1968. No. 12. P. 31.
7. Полуниин М.М., Петраш В.Д., Скребнев А.Ф. Гелиотопливная система горячего водоснабжения повышенной эффективности // Экотехнологии и ресурсосбережение. 2002. № 4. С. 20-23.
8. Бутузов В.А. Эксплуатационная надежность солнечных коллекторов // Промышленная энергетика. 2003. № 8. С. 47-52.
9. Бутузов В.А. Проектирование систем солнечного горячего водоснабжения. Анализ российского опыта и нормативных документов // Промышленная энергетика. 2003. № 1. С. 39-45.