

DOI: 10.12737/article\_590878fbd54b02.38680590

Поляков В.А., магистрант,  
Бегдай С.Н., канд. техн. наук, ст.п.  
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина

## СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

VPN08@yandex.ru

В последнее время все острее становится проблема стоимости природного сырья для производства энергии, что обусловлено быстро развивающимися темпами строительства и существенно увеличивающимися потребностями бытового сектора. В связи с этим, актуальная задача архитектурно-строительной индустрии Краснодарского края – обоснованное внедрение возобновляемых источников энергии. На территории Российской Федерации наибольшие значения солнечной радиации наблюдаются в диапазоне от 43 до 51 градуса северной широты, при этом более половины территории Российской Федерации пригодны для использования гелиоколлекторов.

**Ключевые слова:** солнечный коллектор, гелиоколлектор, солнечная энергетика, гелиопрофиль, солнечная радиация.

**Введение.** В России по прежнему отсутствуют нормативные документы по проектированию и возведению солнечных водонагревательных установок (гелиоустановок). В то время как создание гелиоустановок с мощностью 50 кВт и выше является не очень простой инженерной задачей, при решении которой нужно адаптировать зарубежный опыт к российским реалиям. Необходимо отметить, что стоимость замещаемой энергии заставляют инженеров принимать компромиссные решения по используемому оборудованию и схемным решениям [1].

**Основная часть.** Основополагающим параметром, определяющим мощность и окупаемость гелиоустановок, является солнечная радиация. В современных условиях в основном применяют значения солнечной радиации, определенные по интерполированным базам данных, например, «НАСА» и также можно отметить «Метеонорм», которые охватывают территорию Российской Федерации. На основе программы «НАСА» представлены расчетные данные по солнечной радиации для регионов России. В Краснодарском крае по результатам обработки семи летних данных солнечной радиации для Краснодара получены достоверные значения, подтвержденные практическими испытаниями гелиоустановок. На основании сопоставления баз данных со значениями, определенными в натуральных условиях на базе лаборатории КубГАУ, установлено, что имеет место расхождение годовой интенсивности суммарной солнечной радиации до 7,82 %, а интенсивности по отдельным месяцам – до 18,29 %. [7]

При проектировании гелиоучастка, как правило, задаются размеры земельного участка или кровли здания, на котором требуется разместить оптимально возможное количество солнечных коллекторов. Основным оборудованием гелио-

установки являются солнечные коллекторы, характеристики которых определяют эксплуатационные и стоимостные показатели гелиоустановок.

КПД солнечных коллекторов достаточно высок и достигает значения 30-50 %, а удельный тепловой поток, получаемый в коллекторе — 350–580 кВт/м<sup>2</sup>. С учетом возможных потерь среднегодовое количество полезной теплоты на выходе из коллектора равно 150–350 кВт/м<sup>2</sup> [2].

КПД систем с водными гелиоколлекторами, приблизительно, на 8–10 % больше систем с воздушными солнечными коллекторами. Но для водяных коллекторов опасно замерзание теплоносителя и поэтому в качестве рабочего тела следует использовать рабочее тело, представляющим собой смесь воды с различными гликолями.

В последнее время получили развитие новые конструктивные решения для солнечных коллекторов. Среди них особого внимания заслуживают солнечный коллектор патент № 2367581, представляющий собой поглощающую панель солнечных коллекторов с жидким и (или) воздушным теплоносителем.

Данный солнечный коллектор изготавливается из алюминиевого сплава (рисунок 1). Геометрические характеристики 1 м.п. гелиопрофиля следующие:

общая площадь наружной поверхности – 0,370 м<sup>2</sup>;

площадь поглощающей поверхности – 0,150 м<sup>2</sup>;

площадь цилиндрической поверхности – 0,058 м<sup>2</sup>;

площадь трапециидальной поверхности – 0,246 м<sup>2</sup>;

ширина гелиопрофиля – 153 мм.

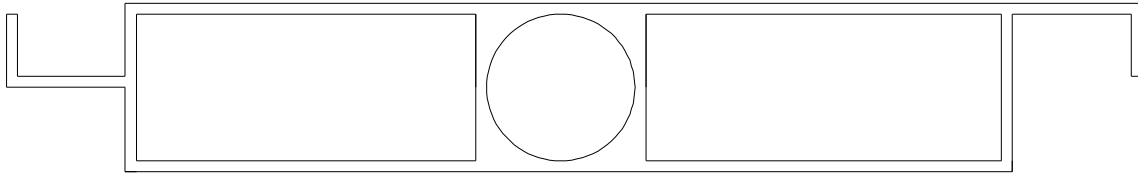


Рис. 1. Общий вид гелиопрофиля

Конструктивные особенности экспериментальной установки изображены на рисунке 2. Экспериментальная установка выполнена в соответствии с ГОСТ 4.189 и предназначена для определения теплотехнических характеристик гелиопрофиля. Она включает в себя рабочий участок, систему подвода тепла, жидкостный контур, воздушный контур и систему измерения режимных параметров. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 24. В качестве жидкого теплоносителя при испытаниях

используется вода, в качестве газообразного — воздух.

Рабочий участок представляет собой фрагмент гелиопрофиля длиной 1 м. Он препарирован 15 термопарами, горячие спаи которых зачеканены в тело рабочего участка.

Регулирование подводимой к гелиопрофилю тепловой мощности осуществляется путем изменения электрической мощности нагревателя ЭН2. Нагреватели ЭН1 и ЭН3 служат для изменения температуры теплоносителей на входе в рабочий участок.

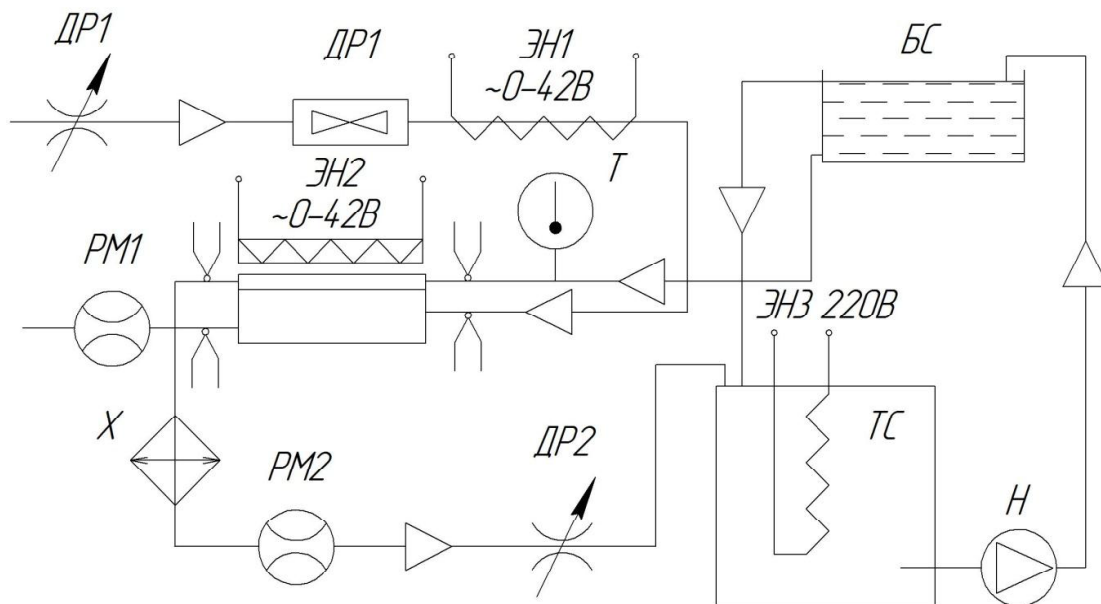


Рис. 2. Пневмогидравлическая схема установки.

БС – бак стабилизирующий; ВР – вентилятор; ДР1, ДР2 – дроссели регулируемые; Н – насос; РМ1, РМ2 – расходомеры; РУ – рабочий участок; Т – термометр; ТП – термопары; ТС – термостат; Х – холодильник; ЭН1, ЭН2, ЭН3 – электронагреватели

Жидкостный контур установки состоит из проточной гидравлической части рабочего участка, термостата ТС, бака стабилизирующего БС, холодильника Х, соединительных трубопроводов и запорно-регулирующей арматуры. Циркуляция воды в жидкостном контуре осуществляется с помощью центробежного насоса Н термостата. Бак БС обеспечивает постоянство давления воды на входе в рабочий участок, что стабилизирует ее расход по контуру. Величина рас-

хода жидкого теплоносителя регулируется дросселем ДР2. Необходимый уровень температуры воды на входе в рабочий участок обеспечивается нагревателем ЭН3 термостата и холодильником Х.

Воздушный контур установки состоит из воздушной проточной части рабочего участка, вентилятора ВР, системы воздухопроводов и дросселя ДР1. Заданный расход воздуха по контуру обеспечивается с помощью вентилятора и дрос-

селя. Необходимая температура воздуха на входе в рабочий участок обеспечивается нагревателем ЭН1.

Система измерений включает в себя датчики замера режимных параметров, приборы коммутации, приборы визуального контроля и блока регистрации. Замер температур поверхности рабочего участка, а также температур воды и воздуха на входе и выходе из рабочего участка осуществляется хромель-копелевыми термопарами ГОСТ 3044.

Кроме того, замер температуры воды на входе в рабочий участок дублируется ртутным термометром ТЛ-4 4Б ТУ 25-2021.003-88.

Расход воды измеряется в соответствии с ГОСТ 8.407 датчиком турбинного типа ТПР1 ГОСТ 6019-83. Расход воздуха в соответствии с ГОСТ 8.361 определяется методом измерения скорости воздушного потока на выходе из проточной части рабочего участка анемометром крыльчатый АСО-3 ГОСТ 6376-74.

В процессе испытаний производятся замеры влажности и температуры окружающего воздуха. Измерение влажности производится психрометром аспирационным М-34 ТУ 5-1607.054-85. Измерение температуры окружающего воздуха проводятся лабораторным ртутным стеклянным термометром ТЛ-4 ТУ 25-2021.003-88.

Блок регистрации измеряемых параметров состоит из:

- мультиплексора;
- трех аналогово-цифровых преобразователей (в качестве четырнадцатиразрядных аналого-цифровых преобразователей используются вольтметры типа В7-21 со встроенной функцией вывода на специальный разъем показаний измеряемой величины в двоично-десятичном коде);
- модуля сопряжений;
- модуля гальваноразвязки и согласования уровней;
- персонального компьютера типа IBM PC (LPT порт персонального компьютера должен поддерживать расширенный режим работы, то есть возможность передачи данных в обоих направлениях).

Установка для испытаний гелиопрофиля позволяет измерять в соответствии с ГОСТ 8.326 проверенными средствами измерения, с ошибкой не более 5 % при доверительной вероятности 95 %, следующие параметры:

- температуру теплоносителей на входе и выходе из жидкостного и воздушного каналов;
- температуру поверхности гелиопрофиля со стороны теплоподвода с тыльной стороны;
- расход жидкого и воздушного теплоносителей;

- величину тока и напряжения, подводимого к электро-нагревателю ЭН2;
- температуру электронагревателя ЭН2;
- относительную влажность и температуру окружающего воздуха.

При испытаниях рабочий участок при помощи поворотного устройства ориентируется в требуемом положении (горизонтально, вертикально или наклонно под требуемым углом к горизонту).

Уровень теплового потока, подводимый к рабочему участку, обеспечивается электронагревателем ЭН2, расположенным над теплопринимающей поверхностью гелиопрофиля.

Расход теплоносителя в гидравлическом контуре экспериментальной установки обеспечивается насосом Н термостата и дросселем ДР3.

Расход теплоносителя в воздушном контуре обеспечивается вентилятором ВР и дросселем ДР1.

Циркуляция в жидкостном и воздушном контурах осуществляется, в зависимости от целей испытаний, попеременно или одновременно.

Температура жидкого теплоносителя на входе в рабочий участок регулируется нагревателем ЭН3 термостата и холодильником Х.

Температура воздуха на входе в рабочий участок регулируется нагревателем ЭН1.

Температура наружных стенок рабочего участка и температура теплоносителей на выходе из его проточных каналов регистрируются после стабилизации расхода теплоносителей в гидравлическом и воздушном контурах.

В процессе испытаний выполняется перебор практически всех возможных комбинаций режимных параметров (более 130 вариантов).

Поверхностные конструкции на базе солнечного коллектора позволяют утилизировать с одного м<sup>2</sup> поверхности 20–690 Вт мощности тепловой энергии от суммарного солнечного излучения за счет применения ультразвукового генератора (УЗГ) [4]. Недостатком данного исследуемого солнечного коллектора явилось то, что отсутствует возможность автоматического отключения УЗГ, а так же отсутствие регулировки интенсивности его работы.

Рабочая температура теплоносителя на выходе из солнечного коллектора составляла +35°C ... +102°C для жидкого теплоносителя в зависимости подводимой мощности и скорости движения теплоносителя, и на выходе из коллектора +20°C ... +60°C для воздуха.

Следует признать, что использование возобновляемых источников энергии в коммунально-бытовом и сельскохозяйственном секторе развивается в нашей стране неудовлетворитель-

но. Эффективность использования возобновляемых источников энергии заметно повышается при подключении к структуре установки теплового насоса [3, 5]. В последнее время как во всем мире, так и в России большое внимание уделяется улучшению схем энергоснабжения с использованием тепловых насосов различного типа и методам их оптимизации [6].

Одна из причин, ограничивающих использование нетрадиционных источников энергии заключается в нестабильности их работы. Отсюда и нестабильность энергетических систем, использующих возобновляемые источники энергии. Поэтому надежные и эффективные системы аккумулирования энергии могут обеспечить не только стабильное энергоснабжение потребителей, но и повысить коэффициент использования энергии. Применение тепловых аккумуляторов позволяет повысить на 25–40 % эффективность использования возобновляемых источников энергии [2].

В системах энергосберегающих технологий наибольшее применение нашли тепловые аккумуляторы с твердым или с жидким теплоаккумулирующим материалом. При этом следует различать системы с кратковременным (суточным) и долгосрочным (сезонным) аккумулированием. Последний вид аккумулирования представляет особый интерес в энергетическом отношении. Учитывая значимость проблемы аккумулирования, ей посвящено немало фундаментальных исследований.

**Выводы.** В ходе проведения исследований была выявлена целесообразность использования УЗГ совместно с устройством регулирующим интенсивность колебаний в зависимости от температуры окружающего воздуха и интенсивно-

сти солнечной радиации. Обнаружено негативное влияние УЗГ при постоянном его включении и низкой подводимой мощности. Это позволило обосновать необходимость разработки устройства автоматической регулировки УЗГ в зависимости от интенсивности солнечной радиации и температуры окружающего воздуха.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амерханов Р.А., Бутузов В.А., Гарькавый К.А. Вопросы теории и инновационных решений при использовании гелиоэнергетических систем. М.: Энергоатомиздат. 2009. 504с.
2. Амерханов Р.А., Бегдай С.Н. Повышение тепловой эффективности зданий и сооружений с гелиоколлекторами. К.: КубГАУ. 2014. 122с.
3. Амерханов Р.А., Бегдай С.Н. Концепция построения норм для зданий с эффективным использованием энергии // Строительство. 2005. № 5 С. 94–95
4. Weinreich B., Zehner M. Dimensioning aids in practice - a comparison // Sun, Wind Energy. 2009. № 12. P. 88–96.
5. Ertmer K. Expansion tanks and valves specialists abound // Sun, Wind Energy. 2010. № 9. P. 98–102.
6. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. М.: Объединенный институт высоких температур РАН. 2010. 86с.
7. Scrosati B., Garche J. Lithium batteries: Status, prospects and future // Journal of Power Sources. 195 (2010), 2419–2430.

---

**Polyakov V.A., Begday S.N.**

### **SOLAR COLLECTOR IN THE SYSTEMS OF ENERGY SAVING**

*Recently, the problem of the cost of natural raw materials for energy production is becoming ever more acute, due to the rapidly developing rates of construction and the significantly increasing needs of the domestic sector. In this regard, the actual task of the architectural and construction industry of the Krasnodar Territory is the justified implementation of renewable energy sources. On the territory of the Russian Federation, the highest values of solar radiation are observed in the range from 43 to 51 degrees north latitude, while more than half of the territory of the Russian Federation is suitable for the use of solar collectors.*

**Key words:** solar collector, solar collector, solar energy, helio-profile, solar radiation.

---

**Поляков Виктор Алексеевич**, магистрант кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

Адрес: Россия, 350044, Краснодар, ул. Калинина, д. 13.

E-mail: vikpolyak@mail.ru

**Бегдай Станислав Николаевич**, старший преподаватель кафедры электротехники, теплотехники и ВИЭ.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина.

Адрес: Россия, 350004, Краснодар, ул. Северная, д. 106.

E-mail: 219bs@mail.ru