

приводятся результаты исследования пьезоэлектрического эффекта в поливинилхлориде-ПВХ (стоимость в настоящее время 95 р./кг). Показано, что при времени поляризации 3–5 часов получается лучший результат. Полученный максимальный пьезомодуль  $4 \cdot 10^{-8}$  СГСЭ ( $1,33 \cdot 10^{-12}$ ). Пьезомодуль измерялся статическим методом. Приводятся данные «времени жизни» пьезоэлектрического свойства в ПВХ.

#### Список литературы

1. Большая советская энциклопедия: В 30 т. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
2. Romain Guigon, Jean-Jacques Chaillout, Thomas Jager. Ghislain Despesse Harvesting raindrop energy // Smart Materials and Structures. 2008. Vol.17. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <http://iopscience.iop.org/0964-1726/17/1/015038/cites> (дата обращения: 20.11.2014).
3. Корицкий Ю. В., Пасынков В. В., Тареев Б. М. Справочник по электротехническим материалам. Т. 3. М.: Энергия, 1976. Энергоатомиздат, 1988.
4. Леванюк А. П., Санников Д. Г. Пьезоэлектричество // Большая Советская энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1969–1978.
5. Кочарян Н. М. Пьезоэлектрический эффект в поливинилхлориде // Физика. Ереван: АН Армянской ССР. 1966. Т. 1. С. 217–221.

УДК 620.97

Терехов А. Н.  
Уральский федеральный университет,  
skisar@bk.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНЫХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Для оценки ресурса солнечной энергии, приходящей на единицу поверхности, применяются различные показатели. Обычно используется значение среднегодового, среднемесячного и суточного количества энергии, единица измерения которого  $[(\text{кВт} \cdot \text{ч})/\text{м}^2]$ . Также часто используется так называемое «количество пиковых часов» солнечного сияния за период – это приведенное значение, которое обычно получается делением прихода энергии за период на  $1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Этот параметр удобно использовать, так как обычно все параметры солнечных батарей и солнечных коллекторов указываются именно при этой пиковой освещенности.

Практическая задача, стоящая перед разработчиками и создателями различного вида солнечных установок, состоит в том, чтобы наиболее эффективно «собрать» этот поток энергии и преобразовать его в нужный вид энергии (теплоту, электроэнергию) при наименьших затратах на установку.

Солнечные коллекторы разного типа позволяют получить тепловую энергию, которая в первую очередь используется для приготовления горячей воды, что особенно актуально в летний период года, когда наблюдается максимальная солнечная активность и максимальное потребление горячей воды. Кроме этого, в отдельных случаях при построении комбинированных котельных установок тепло от солнечных коллекторов частично можно использовать в различных

системах отопления, например, при работе котельной установки в переходные периоды года. Такой подход позволяет существенно повысить эффективность котельной установки в целом.

Используя энергию Солнца, гелиосистемы позволяют ежегодно экономить традиционное топливо:

- до 75 % для горячего водоснабжения (ГВС) при круглогодичном использовании;
- до 95 % для ГВС при сезонном использовании;
- до 50 % для целей отопления;
- до 80 % для целей дежурного отопления.

До недавнего времени система солнечного теплоснабжения находила свое применение в основном в южных странах, где интенсивность солнечного излучения составляет более 2000 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год. Однако при существующем уровне оборудования для преобразования солнечной энергии в тепловую можно говорить об эффективности его использования и в средней полосе России, в том числе и на Урале. Город Екатеринбург расположен на географической широте 56° 50'. Количество солнечной радиации по Екатеринбургу, поступающей на горизонтальную поверхность, составляет около 1100 кВт·ч/м<sup>2</sup>. Среднемесячные значения суммарной солнечной энергии служат исходными данными при расчете солнечных установок. В настоящее время в зависимости от объемов нагреваемой воды, конечной температуры нагрева и других факторов, используются различные системы солнечного теплоснабжения. Самыми известными являются термосифонная (безнасосная) и двухконтурная системы. Анализ характеристик этих систем и коллекторов, применяемых для преобразования солнечной энергии в тепловую, показал, что для территории Среднего Урала наиболее целесообразна двухконтурная система теплоснабжения с принудительной циркуляцией теплоносителя. Помимо затрат электроэнергии, система требует установки контролирующих электроприборов, отвечающих за своевременное включение и выключение насоса. Несмотря на это, по сравнению с термосифонной, данная система обладает более высокой производительностью и возможностью работы при низких температурах.

В последнее время все более широкое применение в России находят системы с вакуумными солнечными коллекторами. В солнечные летние дни разница в работе хороших плоских и вакуумных солнечных коллекторов практически незаметна. Однако при низкой температуре окружающей среды преимущества вакуумных коллекторов становятся очевидны. Даже в летнее время есть разница между максимальными температурами нагрева воды в коллекторах. Если для плоских коллекторов максимальная температура не превышает 80–90 °С, то в вакуумных коллекторах температура теплоносителя может превышать 100 °С. С одной стороны, это требует постоянного отвода тепла от вакуумного коллектора, чтобы он не закипел, или применения других технических решений для предотвращения перегрева воды в теплоаккумулирующем баке. С другой стороны, в системах с плоскими коллекторами существует проблема размножения бактерий и других микроорганизмов (там тепло и влажно), которой нет в системах с вакуумными коллекторами (в них происходит перио-

дическая «пастеризация и стерилизация» за счет более высокой температуры. Так, средняя температура в работающей системе с плоскими коллекторами обычно составляет 40–50 °С, а в системе с вакуумными коллекторами 60–80 °С (значения указаны для лета при типичном потреблении горячей воды).

Обычно системы с плоскими коллекторами используют сезонно, с весны по осень. В зимнее время производительность систем с плоскими солнечными коллекторами падает за счет теплопотерь в окружающую среду. В круглогодичных солнечных водонагревательных установках обычно используются вакуумные солнечные коллекторы, хотя в южных регионах России возможно использование и плоских коллекторов в хорошей теплоизоляции. В любом случае необходимо уделять пристальное внимание теплоизоляции труб, идущих к коллектору и от него (рис. 1).

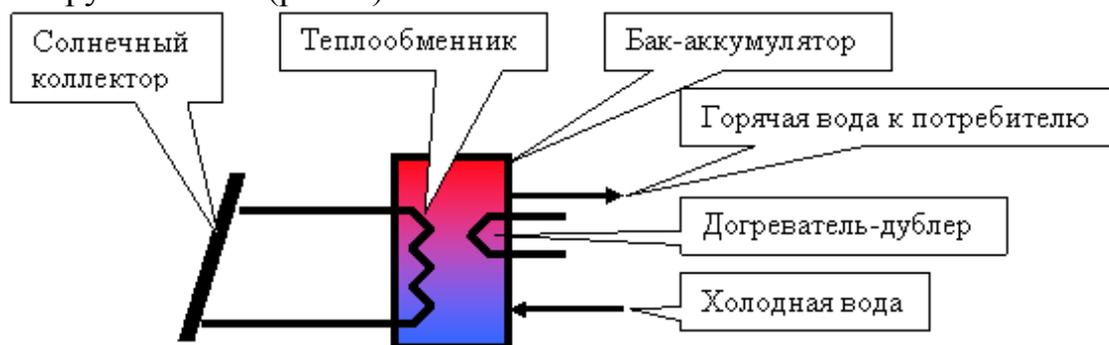


Рис. 1. Принцип работы солнечной водонагревательной установки

В вакуумном коллекторе объем, в котором находится темная поверхность, поглощающая солнечное излучение, отделен от окружающей среды вакуумом, что позволяет практически полностью устранять потери теплоты в окружающую среду за счет теплопроводности и конвекции. Потери на излучение в значительной степени подавляются за счет применения селективного покрытия. Так как полный коэффициент потерь в вакуумном коллекторе мал, теплоноситель в нем можно нагреть до температур 120–160 °С. Солнечный вакуумный коллектор обеспечивает сбор солнечного излучения в любую погоду практически вне зависимости от внешней температуры. Коэффициент поглощения энергии таких коллекторов при степени вакуума  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  составляет 98 %. Благодаря высокой теплоизоляции вакуумные солнечные коллекторы работают очень эффективно при низких температурах окружающей среды. Преимущество вакуумных коллекторов перед плоскими начинает проявляться при температуре воздуха ниже 15 °С. При отрицательных температурах воздуха вакуумным коллекторам альтернативы нет.

Солнечные тепловые установки на основе вакуумных коллекторов могут применяться как для целей горячего водоснабжения, так и для отопления дома. При этом в летнее время можно полностью получать горячую воду от солнечного нагревателя. В остальное время года за счет энергии Солнца можно получать до 60 % горячей воды.

Часто возникает вопрос, насколько реально отапливать дом за счет энергии Солнца. К сожалению, в европейской части России о значительной доле солнечного отопления в тепловом балансе говорить не приходится. Однако солнечная отопительная установка на основе вакуумных солнечных коллекто-

ров может с успехом справляться с задачей поддержания минимальной заданной температуры дома весной и осенью.

В зимнее время тоже можно рассчитывать на некоторую добавку тепловой энергии для отопления. Но она будет незначительна в декабре и январе.

В мастерских кафедры АЭС и ВИЭ УрФУ установлены два вакуумных солнечных коллектора с баком-накопителем производства компании «Аристон» (рис. 2). При этом есть проблема утилизации тепла, получаемого от солнечных коллекторов, особенно в летний период. Там же установлен тепловой насос (рис. 3).



Рис. 2. Вакуумные коллекторы и бак-аккумулятор фирмы «Аристон»

Идея состоит в том, чтобы сбрасывать излишнюю тепловую энергию, получаемую от солнечного коллектора в грунт, и использовать эту энергию для увеличения КПД теплового насоса.

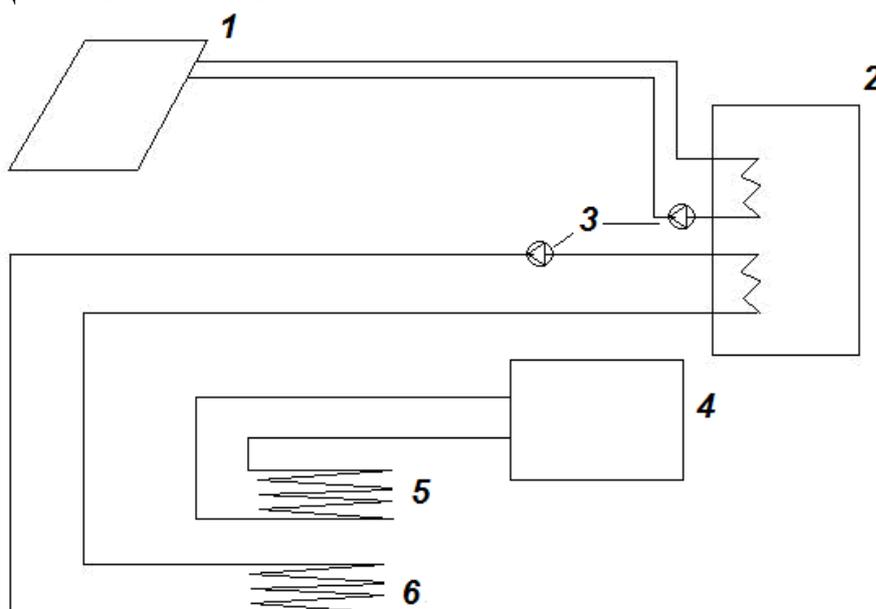


Рис. 3. Схема использования солнечного коллектора для подогрева грунтового контура теплового насоса:

- 1 – солнечный коллектор; 2 – бак-аккумулятор солнечного коллектора;
- 3 – циркуляционные насосы, 4 – тепловой насос; 5 – грунтовый контур теплового насоса;
- 6 – подогревающий контур от солнечного коллектора

После монтажа данной системы планируется ее подключение к системе удаленного мониторинга, что позволит отслеживать работу системы дистанционно.

УДК 662.767.2

Терпелец М. А., Попов А. И., Щеклеин С. Е.  
Уральский федеральный университет,  
mikhail.terpelets@gmail.com

## АНАЭРОБНЫЙ РЕАКТОР

Анаэробный процесс сбраживания биомассы в биогазовых установках в целях получения метана является весьма затратным, поэтому разрабатываются различные варианты совершенствования биогазовых установок [1].

Сотрудниками малого инновационного предприятия «Центр новых энергетических технологий» УрФУ совместно со специалистами ООО «Гильдия М» разработан инновационный проект анаэробного реактора нового поколения по патенту 2518307.

Предлагаемое изобретение относится к биоэнергетике и может быть использовано в составе метантенков разных конструкций для увеличения их производительности.

Известны устройства аналогичного назначения, например аппараты метанового брожения финских фирм «Энбом» и «Мабби», шведской фирмы «Соригона», установки ФУ-30, ФУК-20, разработанные в Латвии В. Дубровским, У. Виестур и др. [2]

Общим недостатком перечисленных устройств является наличие продуктов недоброда в остатке и значительное содержание (до 45 %) окиси и двуокиси углерода в биогазе на выходе метантенков.

В любых биогазовых установках требуется обеспечить равномерность подачи субстрата, так как продукты обмена веществ каждой группы бактерий являются питательным веществом для последующей группы бактерий, причем они выделяют газ с различной скоростью.

Предложенный анаэробный реактор (рисунок) работает следующим образом.

При очередной порционной загрузке в устройство 2 подготовленного сырья происходит перелив сброженного субстрата через патрубок 8 в верхнюю часть колонны 5 и перемещение его вниз через секции 7, заполненные засыпкой. Одновременно снизу через патрубок 9 поступает биогаз, а через патрубок 18 водород.

В сброженном субстрате всегда содержится часть недоброда – не полностью сброженного сырья, а в биогазе до 45 % двуокиси углерода, которая обычно отделяется от метана уже после метантенков и используется для получения из нее «сухого» льда или сжатого газа в баллонах.