

УДК 662.997

## РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РОССИИ СОЛНЕЧНОЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ АККУМУЛЯЦИОННОГО ТИПА

*Фрид С.Е. \*, Мордынский А.В. \*, Сулейманов М.Ж. \*, Коломиец Ю.Г. \*,  
Арсатов А.В. \*\*, Ощепков М.Ю. \*\*  
\* ОИВТ РАН, \*\* ООО «Политермо»*

В России весьма актуальна задача автономного энергоснабжения. Масштаб проблемы можно оценить по тому факту, что примерно 70 % территории России с суммарным населением (по разным оценкам) от 10 до 20 млн человек не имеет доступа к централизованному энергоснабжению. Сегодня энергоснабжение автономных потребителей обеспечивается в основном с помощью бензиновых и дизель-генераторов, эксплуатация которых сопряжена с большими затратами на периодический завоз топлива и обслуживание [1]. Не стоит забывать и о такой серьезной проблеме нашего времени, как загрязнение окружающей среды.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) давно используются человечеством для решения вопросов связанных с надежным обеспечением экологически чистой и повсеместно распространенной энергии. Кроме того, ВИЭ становятся все более конкурентоспособными, и стоимость получаемой с помощью них энергии непрерывно снижается [2]. Наиболее широко освоено использование солнечной энергии для производства низкопотенциального тепла и, прежде всего, получения горячей воды в солнечных водонагревательных установках (СВУ). Сейчас, суммарная тепловая мощность действующих солнечных водонагревательных превысила 200 ГВт (более 350 млн м<sup>2</sup> солнечных коллекторов). В России рынок солнечных водонагревателей находится на начальном этапе своего развития, что определяет актуальность задачи освоения промышленного производства отечественных солнечных установок.

В докладе приводится краткая информация о результатах разработки экспериментальных образцов СВУ из полимерных материалов и предварительные результаты их испытаний.

### **Классификация СВУ и результаты их моделирования**

Солнечные водонагревательные установки весьма многообразны, различаются конструкцией, применяемыми материалами, схемами течения рабочих жидкостей и количеством контуров циркуляции, организацией хранения накопленной тепловой энергии и т.д. По принципу взаимного размещения поглощающей панели и бака-аккумулятора тепла, можно выделить следующие основные группы СВУ [3]:

К первой, наиболее распространенной группе относятся так называемые **раздельные** солнечные водонагревательные установки, в которых функции сбора солнечного тепла и его хранения разделены между отдельными устройствами – солнечным коллектором (СК) и баком-аккумулятором.

Вторую группу составляют **интегрированные** СВУ, или СВУ **аккумуляционного типа**, в которых бак-аккумулятор совмещен с поглощающей панелью, т.е. поглощающая панель является одной из граней бака-аккумулятора (именно с таких установок начиналась история гелиотехники [3]). Различаются такие СВУ прежде всего по форме и, соответственно, конструкции бака-аккумулятора: баки бывают плоские, цилиндрические и наборные. Не вдаваясь в подробное обсуждение вариантов, отметим, что есть установки без концентраторов солнечного излучения (тогда бак-аккумулятор у них должен быть плоским и иметь достаточно большую площадь), а также с концентраторами, которые могут располагаться как внутри корпуса СВУ, так и вне его.

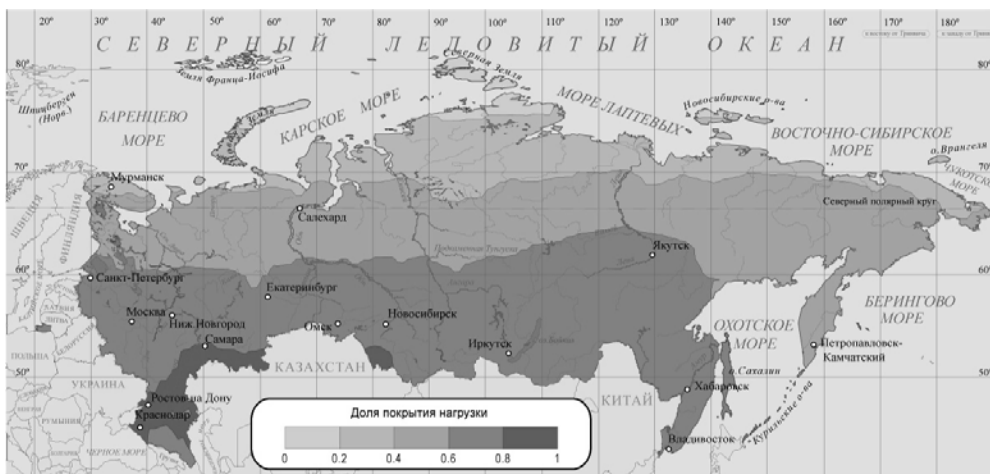


Рис. 1. Доля покрытия нагрузки в летний период для СВУ с плоским коллектором (температура поставляемой потребителю воды  $45^{\circ}\text{C}$ , площадь солнечного коллектора  $2\text{ м}^2$ , объем бака-аккумулятора  $100\text{ л}$ ).

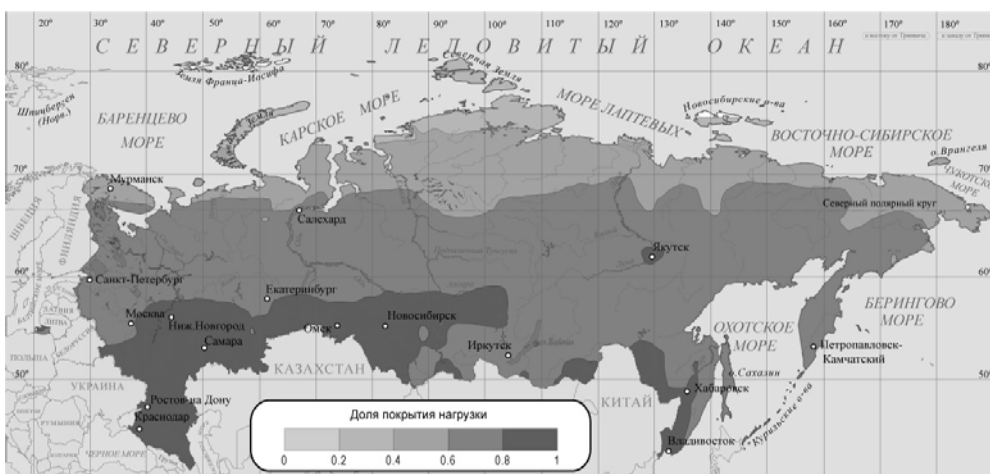


Рис. 2. Доля покрытия нагрузки в летний период для интегрированной СВУ (температура поставляемой потребителю воды  $45^{\circ}\text{C}$ , площадь солнечного коллектора  $2\text{ м}^2$ , объем емкостной панели  $100\text{ л}$ ).

В [4, 5] на основе сравнительных расчетно-теоретических исследований было показано, что в неотапливаемый период года интегральная тепловая эффективность совмещенных конструкций солнечных водонагревателей на большей части территории России при нагреве теплоносителя до температуры  $40\text{...}50^{\circ}\text{C}$  не только не уступает, но может и несколько превышать эффективность отдельных солнечных установок (рис. 1, 2). Это связано со спецификой процессов теплопереноса и, в частности, со значительной температурной стратификацией воды в баке интегрированной установки по его высоте.

### **Экспериментальная интегрированная СВУ из полимерных и композитных материалов**

Применение в конструкции интегрированной СВУ полимерных и композитных материалов может упростить конструкцию, сделать ее более технологичной и, в конечном итоге, более дешевой, чем традиционные аналоги. Для проверки этих соображений спроектированы и изготовлены полномасштабные экспериментальные образцы СВУ из полимерных и композиционных материалов (рис. 3). Габаритная площадь установки – около  $1,5\text{ м}^2$ , что позволяет перевозить ее легковым автомобилем.



Рис. 3. Экспериментальный образец СВУ из полимерных и композитных материалов.

Стеклопластиковый корпус установки состоит из пяти объединённых между собой секций, объёмом около 20 л каждая, т.е. емкость бака СВУ составляет 100 л (около 66 л/м<sup>2</sup>). Тонкостенная (1 мм) поглощающая панель соединена с корпусом клеевыми швами. Наличие клеевых перемычек уменьшает эффективную площадь поглощающей панели, в расчете на эту площадь объем бака составляет около 85 л/м<sup>2</sup>.

Прозрачное покрытие изготовлено из полиметилметакрилата методом термовакуумформования. Толщина воздушного зазора – 25 мм. Соединение прозрачного покрытия с корпусом – клеевое, с применением термостойкого полиуретанового клея, обладающего эластичностью для предотвращения растрескивания отформованного полиметилметакрилата. Тыльная сторона СВУ теплоизолирована вспененным материалом с добавками стекловолокна, теплоизоляция составляет единое целое с корпусом установки.

Общая масса полимерных и композитных деталей составляет менее 20 кг, а полная масса конструкции, включая раму, теплоизоляцию и гидравлическую обвязку, не превышает 30 кг. Таким образом, применение полимерных материалов позволило снизить удельную массу СВУ до величины порядка 20 кг/м<sup>2</sup>. Оценки показывают, что себестоимость установки при переходе на крупносерийное производство (более 5000 изделий в год) не превышает 7000 р., т.е. 120 евро/м<sup>2</sup>, что в 3...5 раз ниже стоимости известных традиционных СВУ [4].

#### **Результаты испытаний**

Теплотехнические испытания экспериментальных образцов СВУ выполнены на специализированном теплогидравлическом стенде «Атон» ОИВТ РАН.

Одним из важных показателей работоспособности СВУ является предельно допустимое давление теплоносителя внутри панели-аккумулятора, определяющее возможность ее использования в напорных или безнапорных системах горячего водоснабжения. Испытания подтвердили работоспособность установки при давлениях до 0,2 МПа, тем

самым установка обладает достаточным запасом прочности, прежде всего, для работы в безнапорных системах теплоснабжения. Имеются конструктивные и технологические возможности повышения предельного давления для совместной работы СВУ под давлением водопровода.

Нормативные документы, формулирующие требования к СВУ аккумуляционного типа, в настоящее время в Российской Федерации отсутствуют. Имеющийся ГОСТ Р 51595-2000 [6] регламентирует параметры только плоских солнечных коллекторов. В отличие от плоских солнечных коллекторов, процедура испытаний которых определяется ГОСТ Р 51596-2000 [7], испытания СВУ аккумуляционного типа под действие каких-либо отечественных нормативных документов не подпадают. Тем не менее, некоторые из проверок, входящих в номенклатуру испытаний по ГОСТ Р 51596-2000, были взяты за основу при подготовке программы и методики испытаний СВУ аккумуляционного типа. Для их тепловых испытаний за основу был взят стандарт ISO 9459-2 [8]. Последний стандарт описывает процедуру натуральных тепловых испытаний наиболее близких к разрабатываемым СВУ, не использующих резервный источник тепла.

Испытания подтвердили работоспособность экспериментальных образцов СВУ, среднеспособной КПД преобразования энергии солнечного излучения в тепло в летние дни испытаний составил 45...55%.

### **Заключение**

Специалистами ОИВТ РАН совместно с инжиниринговой фирмой ООО «Политермо» выполнены поисковые исследования и разработки в обоснование целесообразности и эффективности создания интегрированных солнечных водонагревательных установок, изготавливаемых полностью из полимерных и композиционных материалов. Созданы экспериментальные образцы таких установок и проведены их предварительные испытания.

Показано, что созданные конструкции работоспособны и могут эффективно использоваться для сезонного горячего водоснабжения потребителей в неотапливаемый период года. Имеются значительные резервы как по совершенствованию конструкции СВУ, повышению рабочего давления, так и по совершенствованию технологии изготовления.

Экономические оценки показывают, что себестоимость таких установок при переходе на серийное производство (более 5000 изделий в год) не будет превышать 7000 руб., или около 120 евро/м<sup>2</sup>, что в 3...5 раз ниже типичной стоимости традиционных СВУ, использующих плоские солнечные коллекторы, изготавливаемые с использованием цветных металлов и стекла и металлические баки-аккумуляторы.

Разрабатываемые солнечные установки представляются интересными для освоения промышленного производства, подготовка которого начата на базе компании ООО «Политермо».

### **Литература**

1. Андреев В.М., Забродский А.Г., Когновицкий С.О. Интегрированная солнечно-ветровая энергетическая установка с накопителем энергии на основе водородного цикла. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» АЭЭ. №2(46). 2007
2. Renewables 2011. Global Status Report. 2012. // <http://www.ren21.net>.
3. Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Мордынский А.В., Арсатов А.В., Ощепков М.Ю. Солнечные водонагревательные установки в климатических условиях РФ // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2012. №46.
4. Фрид С.Е., Мордынский А.В., Арсатов А.В. Солнечные водонагреватели аккумуляционного типа // Теплоэнергетика. 2012. № 11

5. Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Сушникова Е.В., Ямудер В.Ф. Эффективность и перспективы использования различных систем солнечного нагрева воды в климатических условиях Российской Федерации // Теплоэнергетика. 2011. № 11. С. 26-30
6. ГОСТ Р 51595-2000. Коллекторы солнечные. Общие технические условия. М.: Госстандарт. 2000.
7. ГОСТ Р 51596-2000. Нетрадиционная энергетика. Солнечная энергетика. Коллекторы солнечные. Методы испытаний. – М., Госстандарт РФ. 2000.
8. ISO 9459-2:1995. Solar Heating – Domestic water heating systems – Part 2: Outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems. – Geneva. 1995.