

Федеральная целевая программа
«Исследования и разработки по приоритетным
направлениям развития научно-технологического
комплекса России на 2014—2020 годы»

Соглашение

14.607.21.0036 от 05.06.2014 г.

на период 2014 - 2016 гг.

Тема: Проведение исследований в обоснование
технических решений для производства
высокоэффективных солнечных водонагревательных
установок из современных композиционных материалов

Руководитель проекта: зав. лабораторией Фрид С.Е.

Участники проекта

Получатель субсидии: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур РАН (ОИВТ РАН)

Направления деятельности:

- решение проблем создания эффективной, безопасной, надежной и экологически чистой современной энергетики;
- исследования теплофизических, электрофизических, оптических и динамических свойств веществ и низкотемпературной плазмы в широком диапазоне параметров, включая экстремальные;
- исследования процессов тепло- и массообмена, физической газо- и плазмодинамики, преобразования видов энергии;
- исследования в области теплофизики интенсивных импульсных воздействий на вещество, разработка методов и создание средств генерации высоких плотностей энергии;
- исследования в области энергоресурсосбережения и энергоэффективных технологий, химической энергетики, использования возобновляемых источников энергии.

Работы по солнечным коллекторам и СВУ из полимеров и композитов – с 2001 г. 2008-2009 – договор с инвестором, 2008-2013 – выполнен 1 ГК, участие в 2 ГК ФЦП ИР 2007-2013

Команда проекта в 2015 г. – 18 чел. (1 доктор наук, 6 кандидатов наук, 2 аспиранта, 1 студент)

Индустриальный партнер: ООО «Термостар»
Сфера деятельности – производство санитарно-технических изделий из полимерных композитных материалов

Финансовая поддержка выполнения исследовательских работ – 15 млн р./год;
изготовление макетов, пресс-форм и приспособлений, экспериментальных образцов СВУ.

Соисполнитель: ООО «Сагрит»

Основные задачи – разработка конструкторской документации, проведение прочностных расчетов

Цели и задачи проекта

Цели проекта: Разработка и оптимизация конструкции солнечных водонагревательных установок (СВУ), выработка и обоснование технических решений для обеспечения подготовки организации серийного производства таких установок.

Задачи проекта:

1. Оптимизация формы СВУ с целью улучшения её теплотехнических характеристик, оптимизация конструкции СВУ по материалоемкости и стоимости.
2. Создание высокотеплопроводного композиционного материала поглощающей панели, разработка технических решений для её формования.
3. Разработка технических решений для изготовления корпуса СВУ из композиционных материалов и обеспечения высокого ресурса конструкционных материалов и клеевых соединений.
4. Разработка гидравлических схем подключения СВУ.
5. Изготовление и экспериментальное исследование экспериментальных образцов СВУ.

Актуальность:

1. Незрелость российского рынка систем солнечного теплоснабжения и СВУ. Общая площадь установленных солнечных коллекторов 20 тыс. м² (в мире – 580 млн м²).
2. Снижение темпов мирового производства солнечных коллекторов с 2010 г. вдвое, застой европейского гелиотехнического рынка.

Требуются (и ведутся) поиски пути существенного снижения стоимости солнечных коллекторов и СВУ в целом при сохранении высоких теплотехнических параметров.

Новизна:

1. Технические решения – формование крупных деталей из полимерного композита и склейка вместо сварки, пайки, механообработки и сборки сложной конструкции.
2. Создание высокотеплопроводного композиционного материала поглощающей панели СВУ

Ожидаемые результаты проекта

Основной результат проекта: Создание экспериментальных образцов СВУ на основе пригодных для серийного производства технических решений и использования композиционных материалов. Созданная СВУ должна вырабатывать в климатических условиях средней полосы России в теплый период года до 150 л воды в сутки с температурой не ниже 40°C, обеспечивая при этом существенный выигрыш по стоимости (в 2...2,5 раза) и материалоемкости по сравнению с установками из традиционных материалов.

Научно-технические результаты:

1. Разработка математических моделей (численных и упрощенных) СВУ аккумуляционного типа, результаты имитационного моделирования их работы и оптимизации их параметров.
2. Оптимизация конструкции, определение рациональных режимов эксплуатации СВУ аккумуляционного типа.
3. Выполнение сравнительного расчётного и экспериментального анализа эффективности селективных покрытий в аккумуляционной СВУ.
4. Создание высокотеплопроводного композиционного материала.
5. Разработка поглощающей панели с селективным покрытием и коррозионно-стойким слоем высокотеплопроводного композита.

Сопоставление с разработками мирового уровня

1. Большинство СВУ изготавливаются с применением в качестве конструкционных материалов металлов (как правило, цветных) и стекла. Предел технологического совершенства плоских солнечных коллекторов и водонагревателей на их основе к настоящему времени уже практически достигнут, как и предел снижения их стоимости.
2. Полимерные материалы используются при изготовлении низкотемпературных солнечных коллекторов, в качестве теплоизоляционных материалов и при изготовления деталей корпуса.
3. Попытки изготовления солнечного коллектора из полимерных материалов малочисленны и ограничиваются термопластами.

Перспективы практического использования

Проект должен сформировать научно-технический задел для освоения современного высокотехнологичного и высокорентабельного производства солнечных водонагревательных установок объемом 5000 штук в год в первые два года выпуска и 10000 штук в последующие годы на производственной базе Индустриального партнера. Последующий объем выпуска может быть увеличен за счет передачи технологии заинтересованным предприятиям и организации у них аналогичного производства. **Долгосрочная перспектива** – выход на внешний рынок, прогрессивные структурные сдвиги и создание новых рабочих мест в области ВИЭ.

На отечественном гелиотехническом рынке **будет освоена новая рыночная ниша** индивидуальных СВУ из теплостойких полимерных композитов с улучшенными эксплуатационными свойствами и себестоимостью на уровне не более 50% от аналогов, т.е. не более 70...90 долларов за 1 м².

Потенциальные потребители результатов:

Разрабатываемая СВУ – индивидуальная установка, предназначенная для снабжения горячей водой дач, коттеджей, гаражей, временных построек, строящихся объектов, бытовок, предприятий общественного питания, полевых объектов ВПК.

Установка масштабируется (несколько СВУ могут работать совместно), укрупненная установка может снабжать горячей водой туристические и курортные объекты, фермы, а также промышленные объекты, офисные помещения, детские сады и лечебные учреждения.

Организации-потребители результатов:

ООО «Термостар» – Индустриальный партнер, планирующий организовать серийное производство разрабатываемых установок на собственной производственной базе.

ООО «Энерготехнологии» – ведущая в Краснодарском крае (который является лидером среди регионов России по объему внедрения СВУ) организация в области разработки, сборки и монтажа систем солнечного теплоснабжения. Заинтересованность в результатах проекта подтвердила.

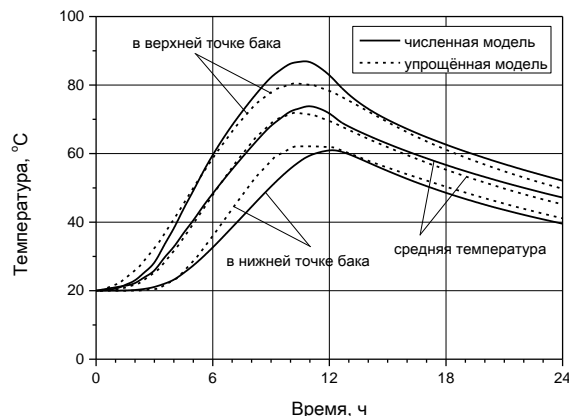
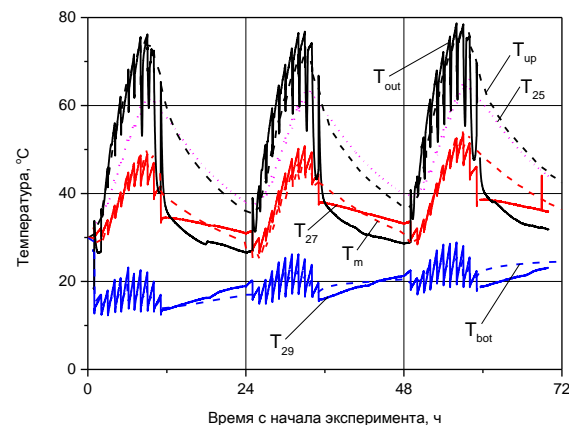
Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Исследованы особенности конвективного теплообмена в наклонном секционированном баке СВУ аккумуляционного типа

Вычислительный эксперимент на двумерных и трёхмерных математических моделях сочетался с натурными исследованиями на макете установки, в котором переменный поток солнечного излучения имитировался нагревом передней панели электроннагревателем



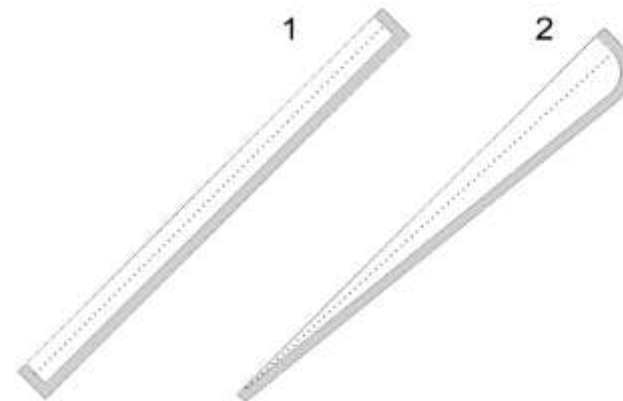
Изучение картины конвекции в наклонном баке-аккумуляторе позволило усовершенствовать упрощённую математическую модель, служащую для моделирования сезонных рабочих циклов СВУ. Упрощённая модель программно реализована в виде модуля TRNSYS. Сопоставление упрощённой модели с результатами численного моделирования и экспериментом позволяет уверенно оценить сезонную эффективность аккумуляционных СВУ в различных регионах России



Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Изучены суточные циклы работы СВУ, процессы термической стратификации и её разрушения. Оптимизирована форма корпуса и толщина тыльной теплоизоляции.

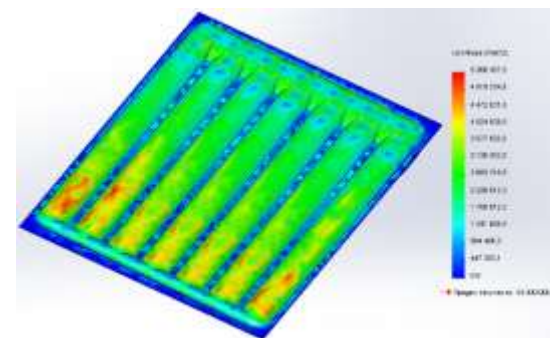
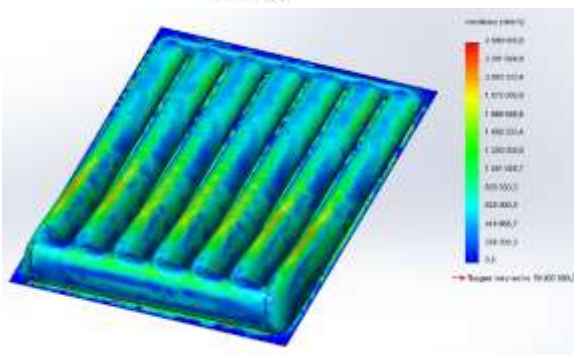
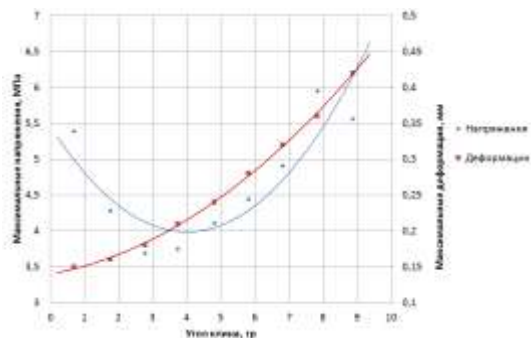
- Зависимость доли покрытия нагрузки от угла наклона приёмной плоскости СВУ к горизонту (в пределах $40...60^\circ$) незначительна.
- Оптимальное соотношение суточной нагрузки и площади приёмной поверхности СВУ составляет $130...150 \text{ л/м}^2$, при таком соотношении нагрузки и площади приёмной поверхности СВУ ёмкость бака-аккумулятора на производительность СВУ практически не влияет.
- К графику нагрузки, если она лежит в пределах $130...150 \text{ л/м}^2$, установка также чувствительна мало. Замена неселективной поглощающей панели на панель с селективным покрытием приводит к росту производительности на $7...23\%$. Для баков ёмкостью не более 150 л/м^2 прибавка менее 15% .
- При нагрузках до 140 л/м^2 день угол клина клиновидного бака-аккумулятора СВУ влияния на её производительность не оказывает. При больших нагрузках производительность СВУ растёт с ростом угла клина, достигая максимума при $3,5...4^\circ$. Оптимальной формой бака можно считать клиновидную с углом $\sim 4^\circ$.
- Потери тепла через теплоизоляцию тыльной и боковых поверхностей бака-аккумулятора СВУ на производительность установки влияют слабо, оптимальным с точки зрения обеспечения достаточной теплоизоляции тыльной и боковых стенок бака СВУ является слой теплоизоляционного материала толщиной $35...40 \text{ мм}$.



Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

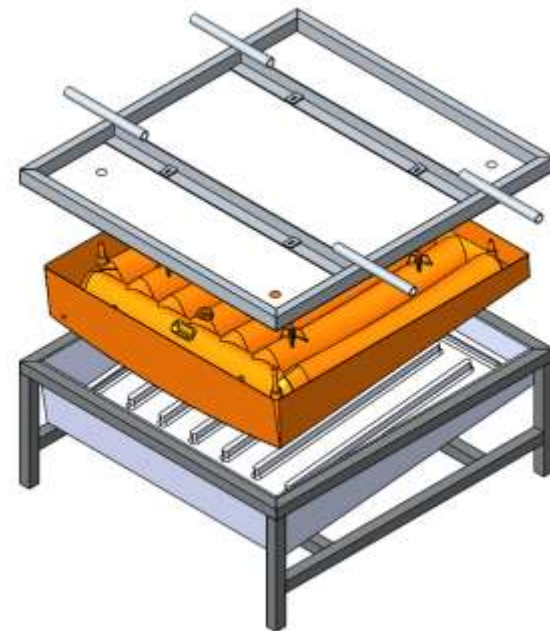
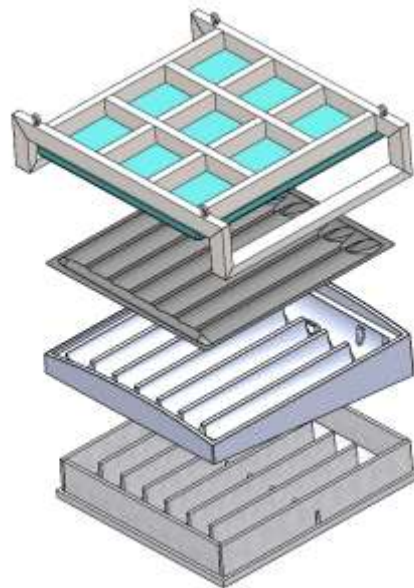
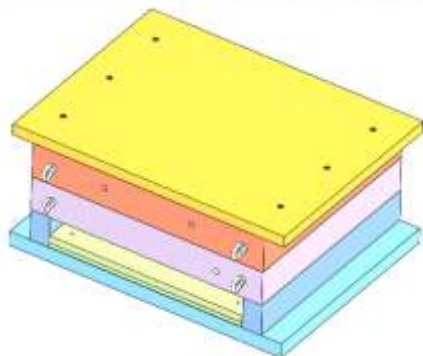
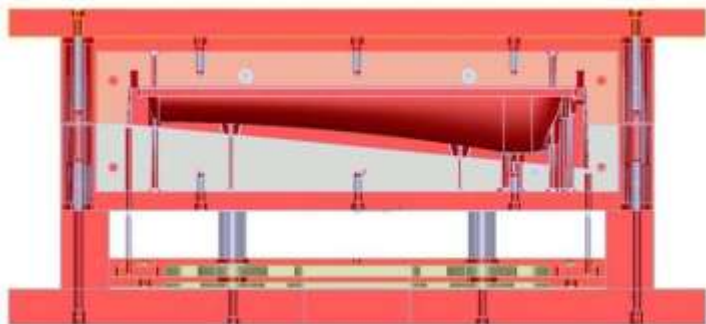
Выполнена многофакторная оптимизация конструкции, минимизирована материалоемкость композитного корпуса, работающего под гидростатической нагрузкой. Проведены прочностные гидравлические испытания элементов корпуса.

- минимальная толщина корпуса составляет 2,5 мм
- поглощающая панель может иметь толщину 0,5...1 мм, если она будет выполнена гофрированной с высотой гофра 20...25 мм
- плоская поглощающая панель не работоспособна.



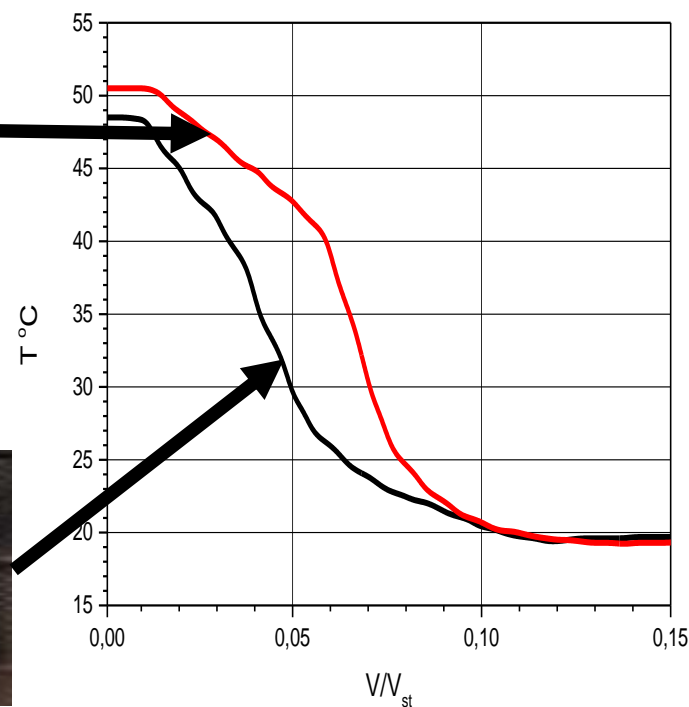
Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

- Проведены материаловедческие исследования, выбраны обеспечивающие заданный ресурс изделия материалы и адгезивы.
- Обоснована технология формования, оптимальная в серийном производстве – горячее прессование стеклопластика.
- Изготовлены макетные образцы.
- Спроектированы пресс-форма для изготовления корпуса СВУ и приспособления для сборки экспериментального образца и нанесения на него тыльной теплоизоляции.



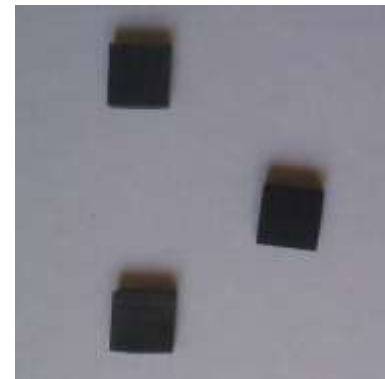
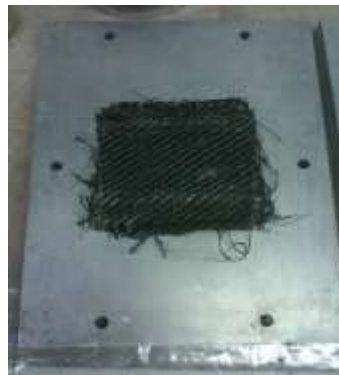
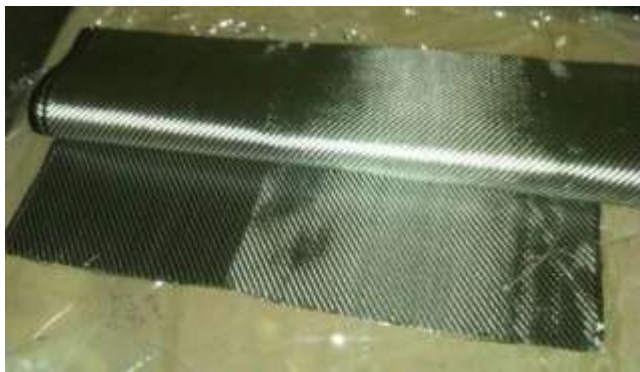
Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

Проведены натурные сравнительные испытания селективных покрытий на макетах СВУ, показано, что использование фольги с нанесённым на неё селективным покрытием заметного прироста производительности СВУ по сравнению с селективной краской не даёт



Результаты исследовательской работы, полученные в 2015 г.

- Разработан высокотеплопроводный композит на основе гибридной стекло-углеродной ткани



- Измерен его коэффициент теплопроводности в различных направлениях. В направлении углеродных волокон его величина $\sim 2 \text{ Вт/м}^2\text{К}$
- Разработаны технические решения по изготовлению поглощающей панели СВУ



Состояние выполнения запланированных индикаторов

Индикаторы (план/факт):

1. Статьи (Scopus, WEB of Science) – 2/2 (Гелиотехника №3, №4).
2. Доля молодых исследователей – 55,6/66,7%.
3. Объем внебюджета – 15 млн р./15 млн р.
4. Патентные заявки – 1/1

Показатели (план/факт):

1. Средний возраст исследователей – 43/40,6 года.
2. Количество мероприятий по демонстрации и популяризации результатов – 1/3

(II Всероссийская научная конференция с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий», 24-26 марта в ИТФ СО РАН; REENCON-XXI – Международный Конгресс «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность», 27-28 октября 2015, Москва; V Международная конференция «Композиты СНГ», 1-2 октября 2015, Минск)

Спасибо за внимание!

Докладчик:

Зав. лабораторией Фрид С.Е.