

## **Разработка новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700 С**

Работа проведена 2015 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 г.г.» в период с 01 июля 2015г. по 31 декабря 2015г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.577.21.0119 от 20 октября 2014г. (Этап 3)

Научный руководитель проекта: старший научный сотрудник НЦ «Износостойкость», к.т.н. Рыженков Артём Вячеславович.

Ответственный исполнитель: старший научный сотрудник НЦ «Износостойкость», к.т.н. Логинова Наталья Арамовна.

### **1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

1.1 Разработка многослойной теплоизоляционной конструкции на основе микросфер, способной сохранять свои рабочие характеристики до температуры 700 °С, а также технологических основ, экспериментального и лабораторного оборудования для ее создания.

1.2 Разработка экспериментального стенда по измерению теплофизических свойств теплоизоляции.

1.3 Разработка мероприятий по продвижению и внедрению результатов ПНИ в реальном секторе экономики.

### **2. Основные результаты ПНИ**

В 2015 году в рамках 3 этапа в период с 01 июля 2015г. по 31 декабря 2015г. выполнены следующие работы:

- разработан лабораторный регламент изготовления экспериментальных образцов новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700°С;

- разработаны программы и методики исследовательских испытаний теплофизических характеристик экспериментальных образцов многослойной теплоизоляционной конструкции на основе микросфер;

- закуплены материалы для изготовления экспериментальных образцов новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700°С;

- разработаны программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700°С;

- принято участие в 4-х информационных мероприятиях с представлением результатов и презентаций работ по настоящему Соглашению;

- изготовлен экспериментальный стенд по измерению теплофизических свойств различных типов теплоизоляционных материалов и конструкций;

- испытано программное обеспечение для экспериментального стенда по измерению теплофизических свойств теплоизоляции;

- использовано исследовательское и технологическое оборудование при изготовлении тестовых образцов, необходимых для разработки лабораторного регламента изготовления экспериментальных образцов новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующегося при температурах до 700°С;

- выполнены дополнительные патентные исследования.

При этом были получены следующие результаты:

1) В результате разработки лабораторного регламента подготовлена технологическая схема изготовления образцов для проведения исследовательских испытаний

экспериментальных образцов новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующего при температурах до 700°C, включающая в себя оборудование, материалы, необходимые пропорции, технологический режим изготовления, условия труда работников, требования к контролю процесса изготовления;

Разработанные Программы и Методики исследовательских испытаний теплофизических характеристик экспериментальных образцов многослойной теплоизоляционной конструкции на основе микросфер определяют порядок проведения исследований образцов в диапазоне температур 0–700°C на экспериментальном стенде по измерению теплофизических свойств теплоизоляции методами «плоской пластины» и методом «трубы». Разработанная Программа и Методика проведения исследований теплофизических параметров ТМТП позволяют получить теплофизические характеристики и оценить эффективность теплоизоляционной конструкции.

Разработанные Программы и Методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов новой теплоизоляционной конструкции для защиты оборудования, эксплуатирующего при температурах до 700°C отражают необходимые условия и требования к выполнению следующих исследований:

- работоспособность в температурном диапазоне от 0°C до 700 °C;
- адгезия к металлической подложке;
- предел прочности при сжатии при 10% деформации;
- предел прочности на изгиб в диапазоне;
- эффективная теплопроводность в температурном диапазоне от 20 до 700 °C с шагом 50°C;
- термовлагодостойкость – 30 циклов «увлажнение-сушка»;
- альbedo поверхности;
- поропроницаемость, определенная для CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и водяного пара;
- вибропрочность – при частоте колебаний до 100 Гц с амплитудой перемещений 0,5 мм;
- теплопроводность в температурном диапазоне от 0°C до 700 °C.

Результатом участия в информационных мероприятиях является популяризация промежуточных результатов ПНИ. Принималось участие в следующих мероприятиях:

- 15-я Международная выставка сварочных материалов, оборудования и технологий (Россварка) ([http://www.weldex.ru/ru-RU/home/visitors/why\\_exhibition.aspx](http://www.weldex.ru/ru-RU/home/visitors/why_exhibition.aspx));
- XXXII Выставка и конференция «Москва-энергоэффективный город» (<http://events.abok.ru/>);
- IV Международный Форум ENES-2015(<http://enes-expo.ru/ru/>);
- Ежегодная национальная выставка-форум ВУЗПРОМЭКСПО(<http://vuzpromexpo.ru/exhibition/exh-prog>).

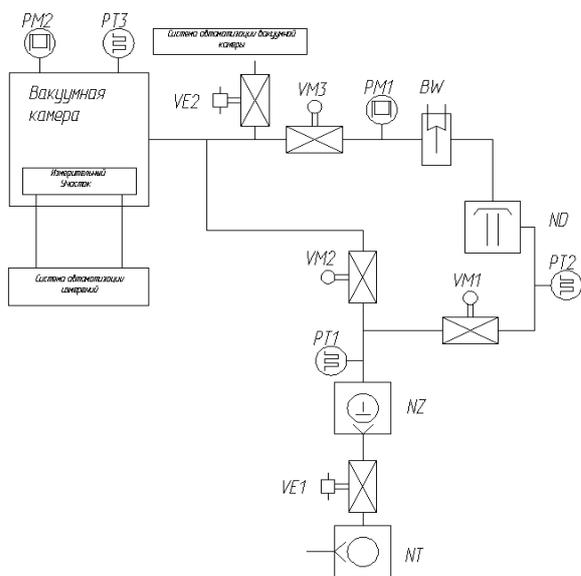


По результатам участия в информационных мероприятиях получены соответствующие дипломы и свидетельства.

Экспериментальный стенд по измерению теплофизических свойств различных типов теплоизоляционных материалов и конструкций изготовлен в соответствии с разработанной ЭКД и включает в себя:

- вакуумную камеру;
- вакуумные насосы;
- приборы контроля и управления системы поддержания вакуума;
- шкаф управления, обеспечивающий поддержание параметров работы вакуумной камеры;
- шкаф автоматики, обеспечивающий управление режимами измерений и контроля параметров исследований.

### Схема и общий вид экспериментального стенда по измерению теплофизических свойств теплоизоляционных материалов



ND-диффузионный насос; NZ-насос Рутса; NT-пластинчато-роторный насос; VM1-VM3- электромеханические затворы; VE1, VE2-электромагнитные клапана; BW - водоохлаждаемая ловушка; PM1,PM2 - датчики давления; PT1-PT3 - термомпарные датчики давления

Программное обеспечение для экспериментального стенда по измерению теплофизических свойств теплоизоляции успешно прошло испытания и обеспечивает выполнение следующих функций:

- непрерывный сбор данных с датчиков температуры;
- непрерывное получение данных (ток и напряжение) от программируемых блоков питания о подводимой электрической мощности к нагревателям образца и охранного кольца;
- определение средних температур по сторонам поверхности образца и охранного кольца, среднего коэффициента теплопроводности образца теплоизоляционного материала расчетным способом для метода трубы и метода пластины;
- определение состояния процесса нагрева в стационарном режиме;
- представление расчетных значений величин в виде текста и графиков, отображаемых в реальном времени: график средней температуры на нижней (горячей) поверхности образца теплоизоляционного материала, график средней температуры на верхней (холодной) поверхности образца теплоизоляционного материала, график средней

теплопроводности образца теплоизоляционного материала, подводимая электрическая мощность к нагревателю образца;

- в процессе сбор данных с датчиков температуры формирование файла записи измеренных значений температур;
- формирование файла записи эксперимента, который содержит: дату и время проведения экспериментального исследования, заданные начальные условия проведения экспериментального исследования (режим проведения экспериментального исследования, заданные значения фиксированных параметров), состав и размеры материала образца теплоизоляционного покрытия, расчетные значения средних температур, теплопроводности, теплового потока, информацию о процессе эксперимента и состоянии системы;
- два способа вывода и задания информации на дисплее оператора: для метода трубы и метода пластины;
- регулирование теплового режима образца различными способами: поддержание постоянной температуры на нижней (горячей) поверхности образца теплоизоляционного материала, поддержание постоянной температуры на верхней (холодной) поверхности теплоизоляционного материала, поддержание постоянной величины подводимой тепловой энергии, ручной режим управления мощностью;
- регулирование теплового режима охранного кольца экспериментального образца;
- реализацию двухпозиционного и ПИД алгоритмов регулирования температуры образца;
- реализацию ПИД алгоритма регулирования температуры охранного кольца;
- в соответствии с выбранным алгоритмом регулирования непрерывное задание уставок тока и напряжения для программируемых блоков питания с целью формирования на нагревателях нужной величины тепловыделения;
- реализацию защиты от перегрева (отключение нагрева);
- контроль за исправностью датчиков температуры (контроль диапазона значений);
- контроль равномерности прогрева образца;
- вывод сообщений об ошибках и предупреждениях;
- представление графического интерфейса пользователя.

2) Основным результатом ПНИ на данном этапе является создание уникального экспериментального стенда, не имеющего аналогов. Экспериментальный стенд предназначен для измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов в диапазоне температур 0-750 °С и дает возможность проведения измерений двумя методами - методом «трубы» и методом «плоской пластины».

На 3-ем этапе выполнения ПНИ получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015660024 от 21 сентября 2015г. ""Программное обеспечение экспериментального стенда по измерению теплофизических свойств теплоизоляции (ПОИТСТ)", РФ. Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Проверка на патентную чистоту показала, что патентов, нарушающих права авторов, не выявлено.

3) Полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.

### **3. Область применения результатов ПНИ**

В РФ наметился тренд промышленного производства, связанный с тенденциями импортозамещения. Обеспечение конкурентоспособности предприятий возможно лишь с применением энергоэффективных современных технологий.

Разработанные теплоизоляционные конструкции могут быть успешно применены в энергетике, системах отопления жилищно-коммунальных служб, металлургии, химической промышленности, авиастроении, обороной промышленности и других отраслях, где используется высокотемпературное оборудование. Внедрение предлагаемых

технологий дает также значительный импульс развития строительной промышленности в сфере производства новых видов теплоизоляционных конструкций, замещающих минераловатные и асбоцементные.

Экспериментальный стенд по измерению теплофизических свойств теплоизоляции может быть использован в образовательных целях, а также в дальнейших научных исследованиях теплофизических свойств материалов для нужд различных отраслей промышленности.

#### **4. Оценка перспектив продолжения работ по проекту.**

Результаты, полученные на третьем этапе выполнения Соглашения, дают основание полагать, что продолжение работы позволит выполнить все поставленные задачи, и результаты ПНИ найдут широкое применение в промышленности и в последующих научных исследованиях.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.