

# **Разработка теплоизоляционных композитных материалов для обмуровки теплоэнергетического оборудования с использованием автономных мобильных высокопроизводительных установок**

Работа проведена в 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 января 2015г. по 30 июня 2015г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0022 от 17 июня 2014г. (Этап 2)

Научный руководитель проекта: вед. научный сотрудник НЦ «Износостойкость», д.т.н. А.В. Волков

Ответственный исполнитель: вед. инженер НЦ «Износостойкость» Е.Е. Лапин

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

1.1 Разработка теплоизоляционного композитного материала на основе полимерного связующего и вакуумированных микросфер, обеспечивающего:

- коэффициент теплопроводности не более 0,1 Вт/м\*К;
- работоспособность в температурном диапазоне от 0 0С до 500 0С;
- предел прочности при сжатии при 10%-й деформации не менее 0,5 МПа;
- предел прочности на изгиб не менее 0,3 МПа;
- термовлагостойкость не менее 30 циклов «увлажнение-сушка»;
- альbedo поверхности не менее 15%;
- поропроницаемость, определенная для CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и водяного пара не более 1000 см<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> (24ч• бар-1);
- вибропрочность - допустимая частота колебаний до 100 Гц, амплитуда перемещений не менее 0,5 мм.

1.2 Разработка экспериментального образца автономной мобильной высокопроизводительной установки для обмуровки энергетического оборудования, обеспечивающего:

- повышение в два раза (по сравнению с традиционными способами обмуровки) производительности труда при нанесении полученных теплоизоляционных композитного материала для обмуровки теплоэнергетического оборудования за счет обеспечения производительности напыления не менее 40 м<sup>2</sup>/час при толщине напыляемого слоя за один проход не менее 10 мм;
- адгезию покрытия не менее 5 МПа.

## **2. Основные результаты ПНИ**

На этапе № 2 в период с 01 января по 30 июня 2015 г. выполнялись следующие работы:

- разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец автономной мобильной высокопроизводительной установки;
- изготовлен экспериментальный образец автономной мобильной высокопроизводительной установки;
- проведены пуско-наладочные работы экспериментального образца автономной мобильной высокопроизводительной установки;
- изготовлен лабораторный образец теплоизоляционного композитного материала;
- проведение исследований лабораторного образца теплоизоляционного композитного материала;
- осуществлено материально-техническое обеспечение работ этапа с использованием оборудования - технологический комплекс для производства в промышленных и натуральных условиях высокоэффективных теплоизоляционных покрытий нового поколения на трубопроводах и оборудовании систем теплоснабжения (инв. №210124000161).

При выполнении работ были получены следующие результаты:

1) Эскизная конструкторская документация, в составе которой представлены следующие документы:

- пояснительная записка;
- топливная и пневматические функциональные схемы установки;
- пневматическая схема подключений;
- электрическая схема соединений;

- комбинированная функциональная схема;
- формуляр;
- инструкция по эксплуатации;
- комплект чертежей установки общего вида;
- комплект габаритных чертежей установки и элементов комплекта установки;
- комплект документации по сборочным единицам установки.

2) Экспериментальный образец автономной мобильной высокопроизводительной установки, в состав которого входят:

- непосредственно мобильная установка,
- эжекторная насадка для очистки поверхностей,
- эжекторная насадка для нанесения теплоизоляционных покрытий,
- тележка для сыпучих компонентов,
- бункер для абразивного материала,
- бачок емкостью 40л для теплоизоляционного материала,
- бак емкостью 200л для теплоизоляционного материала,
- комплект шлангов для соединения установки с эжекторной насадкой и емкостями для сыпучих материалов,
- комплект сопел и шайб для регулирования,
- контактный термометр ТК-5.06 с высокотемпературным зондом до 1300°C,
- тележка для сыпучих компонентов,
- мерная линейка для контроля расхода сыпучих материалов.

3) Отчет о пуско-наладочных работах экспериментального образца автономной мобильной высокопроизводительной установки, а также акт и протокол о результатах пуско-наладки. Пуско-наладочные работы подтвердили соответствие экспериментального образца автономной мобильной высокопроизводительной установки требованиям п. 4.1.3 ТЗ.

4) Лабораторный образец теплоизоляционного композитного материала, в количестве 1 шт., а также образцы-свидетели для проведения экспериментальных исследований лабораторного образца, изготовленные одновременно с лабораторным образцом следующих типоразмеров:

- 100\*100\*12 мм – для исследования теплопроводности, прочности на сжатие, работоспособности при 500°C в количестве 20 шт.;
- 160\*30\*12 мм - для исследования прочности на изгиб в количестве 5 шт.;
- 30\*30\*3 мм- для исследования поропроницаемости в количестве 3 шт.;
- 70\*150\*0,5 мм на металлической подложке для оценки адгезии и термовлагодостойкости в количестве 5 шт.;
- 100\*100\*12 мм на металлической подложке 200\*200\*4 для исследования на вибропрочность в количестве 4 шт. .

Все образцы изготовлены при использовании изготовленного экспериментального образца автономной мобильной высокопроизводительной установки. По факту изготовления образцов составлен акт изготовления лабораторного образца.

5) Данные экспериментальных исследований лабораторного образца теплоизоляционного композитного материала на предмет соответствия требованиям п.4.1.2 ТЗ. По результатам исследований оформлены акт и протокол проведения экспериментальных исследований лабораторного образца теплоизоляционного композитного материала. Результаты исследований показали соответствие лабораторного образца следующим параметрам:

- среднее значение теплопроводности составляет 0,083 Вт/(м×К);
- сохраняют работоспособность в температурном диапазоне от 0°C до 500°C в течение 120 ч;
- обладают адгезией к металлической подложке ~ 5,21 МПа;
- среднее значение прочности при сжатии при 10% деформации составляет 0,73 МПа, что на 46% больше, чем минимально допустимое значение  $[\sigma_{10}] = 0,5$  МПа.
- среднее значение прочности при изгибе выше минимально допустимого значения в 1,6 раза, и составляет 0,48 МПа;
- выдерживают не менее 30 циклов исследований на термовлагодостойкость, без образования вздутий, впадин, трещин, сморщивания и коррозии;
- альбедо поверхности в диапазоне длин волн 400-750 мкм составляет 37 – 64%

- проницаемость по отношению к водяному пару, углекислому газу и кислороду не превышает  $1000 \text{ см}^3 \times \text{мм} / (\text{м}^2 \times \text{сут} \times \text{бар})$ . Среднее значение проницаемости паров воды составило  $12,182 \text{ г} \times \text{мм} / (\text{м}^2 \times \text{сут} \times \text{бар})$ , углекислого газа -  $585,891 \text{ см}^3 \times \text{мм} / (\text{м}^2 \times \text{сут} \times \text{бар})$ , кислорода  $841,488 \text{ см}^3 \times \text{мм} / (\text{м}^2 \times \text{сут} \times \text{бар})$ ;

- выдерживают воздействие вибрации при частоте 100 Гц и амплитуде перемещения 0,5 мм без изменений структуры и разрушений;

- характеризуются сплошностью и равномерностью слоя теплоизоляционного композитного материала.

б) Предложенные материалы и технология не применялись ранее для выполнения работ по обмуровке, торкретирования и футеровки энергетических конструкций. Материалы имеют низкие характеристики по теплопроводности ( $0,08-0,09 \text{ Вт/м}^* \text{К}$ ).

Для нанесения данных композитных материалов на конструкции предлагается использовать автономную мобильную высокопроизводительную установку, с производительностью  $40 \text{ м}^2/\text{час}$ , которая позволяет увеличить производительность работ по нанесению теплоизоляционных конструкций в два раза.

7) Полученные результаты соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту и создают предпосылки для продолжения работ и развития темы по совершенствованию технологии нанесения теплоизоляционных композитных материалов с помощью автономных мобильных высокопроизводительных установок, а также по внедрению в реальный сектор экономики настоящей технологии и создания производства мобильных установок.

Проведена популяризация результатов ПНИ: принято участие на 21 международной специализированной выставке-форуме «Энергетика 2015» г. Самара 10 – 13 февраля 2015 года.



### 3. Область применения результатов ПНИ

Результаты ПНИ могут быть востребованы в сфере энергетики и жилищно-коммунального хозяйства, для проведения обмуровочных работ поверхностей нагрева на котельном, турбинном оборудовании, теплообменном оборудовании. Кроме того, разработанные материалы и технологии по их реализации могут быть востребованы в других отраслях промышленности, где используются энергетические установки, таких как судостроение, авиастроение, ядерная энергетика, металлургия и другие.

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

Результаты проекта, полученные на отчетном этапе выполнения Соглашения полностью соответствуют требованиям Технического задания и плана-графика исполнения обязательств и дают основание полагать, что продолжение работы позволит выполнить все поставленные задачи.