

Разработка гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для повышения эффективности теплообменного оборудования и трубопроводов

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 июля 2015г. по 31 декабря 2015г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0069 от 27 июня 2014г. (Этап 3)

Научный руководитель проекта: старший научный сотрудник НЦ «Износостойкость», к.т.н. Логинова Наталья Арамовна.

Ответственный исполнитель: заведующий сектором НЦ «Износостойкость», к.т.н. Погорелов Сергей Иванович.

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки
Повышение не менее, чем на 10% энергоэффективности теплообменного оборудования и трубопроводов за счет использования гибкой теплоизоляционной конструкции на базе тонкопленочных многослойных теплоизоляционных покрытий (ТМТП), обладающей низким значением коэффициента теплопроводности не более 0,08 Вт/(м·К) при 300 °С и высокими механическими свойствами, характеризующимися эластичностью при изгибе не менее 1 мм.

2. Основные результаты ПНИ

В 2015 году в рамках 3 этапа в период с 01 июля 2015г. по 31 декабря 2015г. в соответствии с план-графиком выполнялись следующие работы:

- разработаны программа и методика проведения экспериментальных исследований теплофизических параметров ТМТП;
- разработана методика изготовления экспериментальных образцов покрытия для проведения экспериментальных исследований теплофизических параметров ТМТП;
- изготовлены экспериментальные образцы покрытия для проведения экспериментальных исследований теплофизических параметров ТМТП (39 штук);
- проведены экспериментальные исследования переноса тепла излучением в структуре ТМТП;
- проведены экспериментальные исследования кондуктивной составляющей теплообмена в структуре ТМТП;
- проведены экспериментальные исследования теплоемкости ТМТП;
- проведены экспериментальные исследования коэффициента температурного расширения ТМТП;
- принято участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов ПНИ;
- использовано для выполнения работ исследовательское оборудование;
- выполнены дополнительные патентные исследования и подготовлены заявки на охраняемые документы.

При этом были получены следующие результаты:

1) Разработаны программы и методики проведения исследований теплофизических параметров ТМТ, которые включают в себя:

- исследование кондуктивной составляющей теплообмена в структуре ТМТП;
- исследование переноса тепла излучением в структуре ТМТП;
- исследование теплоемкости ТМТП;
- исследование коэффициента температурного расширения ТМТП.

Проведены предварительные исследования по разработке состава конечного покрытия, содержащего связующий компонент и наполнитель. Результаты

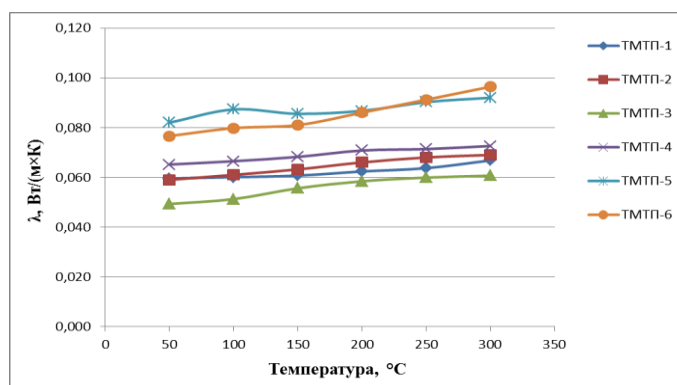
предварительных исследований ТМТП свидетельствуют о сплошности и равномерности теплоизолирующих слоев.

Разработана методика изготовления экспериментальных образцов покрытия для проведения исследований теплофизических параметров ТМТП. В методике отражены два этапа: приготовление композиции на основе кремнийорганического связующего ВПГ-300М и формование образцов ТМТП заданных размеров.

Изготовлены экспериментальные образцы покрытия для проведения исследований теплофизических параметров ТМТП в количестве 39 штук, в том числе 18 образцов для исследований кондуктивной составляющей теплообмена в структуре ТМТП, 15 образцов для исследований переноса тепла излучением в структуре ТМТП, 3 образца для исследований теплоемкости и 3 образца для исследований коэффициента линейного теплового расширения. Композиция для изготовления образцов содержит следующие компоненты:

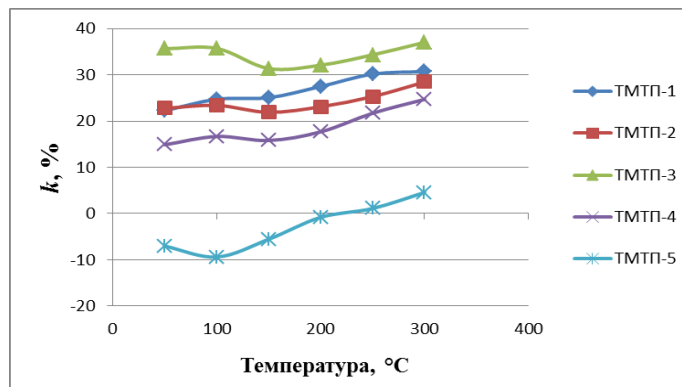
- ВПГ-300М;
- отвердитель для ВПГ-300М;
- вспениватель для ВПГ-300М;
- микросферы 3М К-20.

Выполнено исследование кондуктивной составляющей теплообмена в структуре ТМТП. Испытание проведено на 18 образцах. В исследованиях проводились сравнительные исследования теплопроводности образцов теплоизоляции без фольги и эффективной теплопроводности с различными вариантами фольгирования. Минимальным значением коэффициента теплопроводности ($\lambda_{\text{ср}}$) при 300°C – 0,061 Вт/(м×К) – характеризуется образец ТМТП-3, в котором фольга располагается на поверхности заготовки стальной трубы и на наружной поверхности теплоизоляционного слоя.



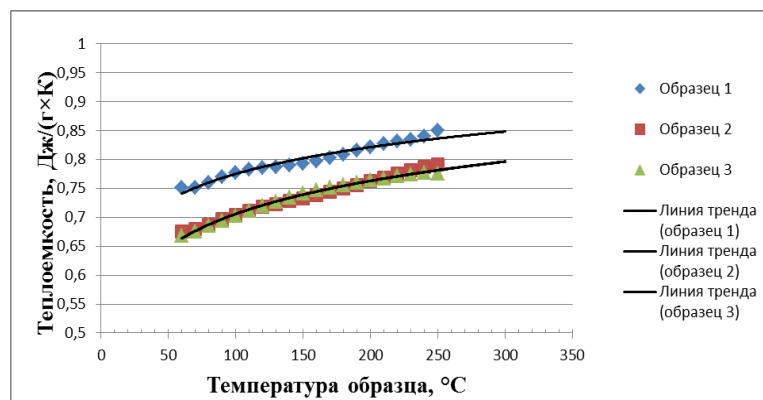
*Зависимость теплопроводности от температуры
в диапазоне температур 50 - 300°C для образцов ТМТП*

Выполнено исследование переноса тепла излучением в структуре ТМТП на 15 образцах. В исследованиях проводились сравнительные исследования теплопроводности образцов теплоизоляции без фольги и с различными вариантами фольгирования. Коэффициент отражения k составляет 10% - 40% в зависимости от температуры (50-300°C) и конструкции образца. Наилучшими характеристиками с точки зрения теплоизоляционных свойств обладает образец ТМТП-3, в которой фольга располагается на поверхности стальной трубы и на поверхности теплоизоляционного слоя.



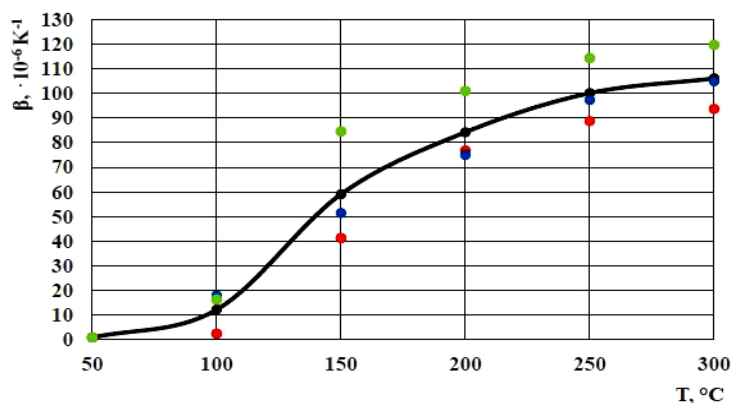
Зависимость коэффициента отражения от температуры в диапазоне температур 50 - 300°C для образцов ТМТП

Выполнено исследование теплоемкости ТМТП на 3 образцах. Теплоемкость образцов в диапазоне температур 50-300°C находится в диапазоне 0,67-0,85 Дж/(г×К).



Зависимости теплоемкостей образца № 1 (синий маркер), № 2 (красный маркер), № 3 (зеленый маркер) от температуры и их линии тренда в диапазоне 50-300°C

Выполнено исследование коэффициента температурного расширения (ТКР) ТМТП на 3 образцах. Среднее значение ТКР составило $106,65 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при температуре 300°C.



Среднее значение ТКР для всех исследуемых образцов в зависимости от температуры

Выполнена популяризация промежуточных результатов ПНИ. Принималось участие в XXXII Выставка и конференция «Москва-энергоэффективный город» в период с 28 по 30 октября 2015г. На конференции представлена презентация доклада «О разработке гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для повышения

эффективности теплообменного оборудования и трубопроводов». Исполнитель задействовал для выполнения исследовательских работ экспериментальное и технологическое оборудование (технологический комплекс для производства в промышленных и натуральных условиях высокоэффективных теплоизоляционных покрытий нового поколения на трубопроводах и оборудовании систем теплоснабжения, абразивоструйную кабину САВ 110Р напорного типа, микроскоп электронный сканирующий автоэмиссионный в комплекте, автоматизированный анализатор газопроницаемости O₂,CO₂, H₂O для пленок TotalPerm, ИК-Фурье спектрометр, компрессор стационарный электрический винтовой AR-1808.

Подготовлены и переданы в ФИПС заявки на охранные документы. Выполнено дополнительное патентное исследование.

2) Особенностью данной разработки является создание гибкой экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции удобной для монтажа на теплообменное оборудование и трубопроводы. Разрабатываемая теплоизоляционная конструкция обладает высокими теплоизолирующими свойствами и работоспособностью в температурном диапазоне до 300°C. Указанный температурный диапазон превышает в два раза диапазон рабочих температур существующих аналогов.

На 3-ем этапе выполнения ПНИ подана заявка № 2015138984 от 14.09.2015г. «Теплоизоляционное покрытие» в ФИПС на получение патента полезной модели РФ и получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660030 от 21.09.2015г. «Программное обеспечение модуля измерения теплофизических свойств теплоизоляции (ПОМИТСТ)», РФ. Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Проверка на патентную чистоту показала, что патентов, нарушающих права авторов данных технических решений, не выявлено.

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

Внедрение в эксплуатацию гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции на базе ТМТП приведет к повышению энергоэффективности работы теплообменного оборудования и трубопроводов за счет:

- снижения капитальных затрат не менее чем на 10%;
- эксплуатационных затрат не менее чем на 20%;
- увеличения срока службы трубопроводов и оборудования не менее чем на 15%.

Потенциальными объектами коммерциализации являются полученные в ходе выполнения работы патенты и прочие результаты интеллектуальной деятельности, а также лицензионные соглашения.

Последующая реализация разработанной технологии по формированию гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции окажет не только прямой технико-экономический эффект, но также будет способствовать созданию новых рабочих мест на производствах по созданию теплоизоляционных конструкций.

3. Область применения результатов ПНИ

Полученные результаты направлены на последующую разработку технологических решений по реализации инновационных теплоизоляционных конструкций на базе ТМТП, предназначенных для защиты теплообменного оборудования и трубопроводов от сверхнормативных потерь тепловой энергии и защиты поверхностей от конденсатообразования.

Использовать новые виды теплоизоляционных конструкций возможно и в других отраслях народного хозяйства, например, на объектах химической промышленности, для теплоизоляции энергетических установок и трубопроводов морских и речных судов.

Полученные результаты ПНИ на данном этапе позволяют сделать вывод, что инновационные материалы, созданные на базе данной разработки, позволят расширить

диапазон применения гибких теплоизоляционных конструкций из полимерных материалов, увеличить ресурс теплоизоляционных материалов в диапазоне до 300°C.

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 отечественной промышленности.

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