

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

Работа проведена в 2016 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 2016г. по 31 декабря 2016г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0069 от 27 июня 2014г. (Этап 5)

Научный руководитель проекта: 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 2016 году в рамках 5 этапа в период с 01 июля 2016г. по 31 декабря 2016г. в соответствии с Планом-графиком исполнения обязательств выполнялись следующие работы:

1) Разработана методика изготовления гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции

2) Изготовлен экспериментальный образец гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции

3) Разработана программа и методика проведения испытаний экспериментального образца гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции

4) Проведены испытания экспериментального образца гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции.

5) Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей промышленного партнера.

6) Разработан проект технического задания на проведение ОТР по теме: «Разработка технологии формирования гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для повышения эффективности теплообменного оборудования и трубопроводов систем тригенерации»

7) Дана технико-экономическая оценка эффективности применения гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции.

8) Проведены маркетинговые исследования для дальнейшей коммерциализации разработанной гибкой экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции.

9) Принято участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных и заключительных результатов ПНИ, а именно:

– XXXIII Московский форум и выставка "Москва – энергоэффективный город", 26–28 октября 2016г. по адресу: Москва, Здание Правительства Москвы.

При этом были получены следующие результаты:

1) Разработана методика изготовления гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции. В разработанной методике описаны условия и технологические процессы изготовления гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции на базе тонкопленочных многослойных теплоизоляционных покрытий.

2) Изготовлен экспериментальный образец гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции. Экспериментальный образец ГТК общей толщиной 60 мм состоит из трех слоев ТМТП, каждый толщиной 20 мм. ГТК имеет на внешней и внутренней поверхностях экраны из алюминиевой фольги, снижающие потери тепла с лучистой составляющей теплообмена.

3) Разработана программа и методика проведения испытаний экспериментального образца гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для определения соответствия параметров ГТК требованиям Технического задания.

4) Проведены испытания экспериментального образца гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции. Получены следующие результаты.

- Экспериментальный образец ГТК работоспособен в температурном диапазоне от 0⁰С до 300⁰С после проведения 10 циклов нагрев/охлаждение в течение 240 часов. После испытаний отсутствуют все нормированные виды разрушений, и сохраняется неизменной структура ГТК, в том числе, нет нарушения соединения фольги и слоя покрытия (ТМТП), на внутренней, прилегающей к нагреваемой до 300⁰С поверхности металла стороне ГТК.

- Значение коэффициента теплопроводности экспериментального образца ГТК при температуре 300⁰С составляет 0,061 Вт/(м×К), что превосходит требования Технического задания (0,08 Вт/(м×К)).

- Величина коэффициента линейного теплового расширения ГТК составляет $95,75 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$, что полностью соответствует требованиям п. 4.1.2 Технического задания.

- Экспериментальный образец ГТК обладает максимально возможной эксплуатационной эластичностью - 1 мм.

- Значение твердости по Шкале Шора тип А рассмотренных образцов - свидетелей составляет 61,1 НА, что превышает заданное Техническим заданием значение 35 НА (единиц).

- Значение предела прочности при изгибе экспериментального образца ГТК составляет 0,72 МПа, что соответствует заданному в п. 4.1.2 Технического задания значению (не менее 0,50 МПа).

- Значение предела прочности на сжатие при 10% деформации экспериментального образца ГТК составляет 0,96 МПа, что соответствует заданному Техническим заданием значению (не менее 0,50 МПа).

- Величина адгезии экранирующего металлического слоя к поверхности теплоизоляционного слоя составляет 0,954 МПа и почти в 2 раза превосходит величину адгезии, определенную техническим заданием (0,5 МПа).

- Величина водопоглощения образцов составляет 0,10% по объему в сутки, что соответствует требованиям технического задания, так как не превышает заданные 2% по объему в сутки.

- Значение паропроницаемости экспериментального образца ГТК составило 11,227 см³/м² (24ч×бар⁻¹), что полностью соответствует требованию Технического задания, так как не превышает 1000 см³/м² (24ч×бар⁻¹).

- ГТК является стойкой к воздействию УФ-излучения, так как после 1000 часов облучения признаков разрушения не зафиксировано: отсутствуют изменения цвета, формы, нет растрескивания и выкрашивания. Дополнительные исследования показали, что прочностные свойства ГТК после воздействия УФ-облучения не ухудшились - предел прочности образцов при сжатии при 10% линейной деформации после воздействия УФ-облучения превышал значение 0,5 МПа, заданное Техническим заданием для экспериментального образца ГТК в исходном состоянии.

- Экспериментальный образец ГТК является биостойким, так как лишь в незначительной степени является источником питания для плесневых грибов (степень развития грибов, оцененная Методом «2» ГОСТ 9.049-91, равна 2 баллам), что полностью отвечает требованиям Технического задания.

- Результаты испытаний свидетельствуют об отсутствии токсичных выделений 1, 2 и 3 классов опасности из ГТК после 90 минут термического воздействия при температуре 300 °С. После термического воздействия в течение 160 минут полностью исключаются и малотоксичные (4 класса опасности) выделения, что делает эксплуатацию ГТК безопасной даже в неветилируемых помещениях.

- Экспериментальный образец ГТК является вибростойким, так как после воздействия вибрации с частотой колебаний 100 Гц и амплитудой перемещений 0,5 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях вдоль оси экспериментального образца и перпендикулярно оси экспериментального образца разрушений образца не обнаружено.

Результаты проекта, полученные на отчетном этапе, полностью соответствуют требованиям Технического задания и Плана-графика исполнения обязательств.

Оценка элементов новизны научных, конструкторских и технологических решений, информация о полученных на отчетном этапе охраноспособных РИД

Разработанная в рамках ПНИ теплоизоляционная конструкция базируется на применении тонкопленочных многослойных теплоизоляционных покрытий (ТМТП). ТМТП, содержащие в своем составе полые стеклянные микросферы (ПСМ), относятся к синтактным пенам с закрыто-пористой структурой, являющимися газонаполненными композитами. Газовая фаза внутри композита заключена в сферическую оболочку ПСМ, а твердая фаза состоит из этой оболочки и межсферического пространства, заполненного полимерным связующим. Наличие газовой фазы обеспечивает теплоизолирующий эффект и низкую плотность синтактной пены. Твердая фаза синтактной пены обеспечивает ее прочностные свойства. Применяющиеся в настоящее время в диапазоне эксплуатационных температур 150°С – 300°С теплоизоляционные материалы имеют открыто-пористую структуру и практически по всем параметрам уступают разработанной ГТК. Разработанная в рамках ПНИ теплоизоляционная конструкция не имеет аналогов и по всем параметрам превосходит используемые в температурном диапазоне 150°С - 300°С разновидности теплоизоляционных материалов.

Получены следующие охраноспособные результаты.

Полезная модель патент № 160985 от 16.03.2016 г. «Теплоизоляционное покрытие», РФ.

Свидетельство программы ЭВМ № 2015660030 от 21.09.2015 г. «Программное обеспечение модуля измерения теплофизических свойств теплоизоляции (ПОМИТСТ)», РФ.

Полезная модель патент № 166398 от 03.11.2016г. "Теплоизоляционный мат", РФ.

Изобретение заявка №2016123996 от 17.06.2016 г. «Композиция для получения термозащитного покрытия», РФ.

Оценка соответствия полученных результатов техническим требованиям к выполняемому проекту и перспектив продолжения работ по проекту

Полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.

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

- снижения капитальных затрат не менее чем на 30%;
- эксплуатационных затрат не менее чем в 2 раза;
- увеличения срока службы трубопроводов и оборудования не менее чем в 4 раза.

В целях коммерциализации (практического использования) результатов интеллектуальной (научно-технической) деятельности, полученных в рамках проекта ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ" совместно с ООО "НПО "ПАУЭР СОЛЮШН" осуществляются следующие мероприятия:

- Разработаны технические требования и предложения по разработке, производству и эксплуатации продукции с учетом технологических возможностей и особенностей промышленного партнера. Представлены технические требования к технологии

промышленного производства гибкой теплоизоляционной конструкции на основе тонкопленочных многослойных теплоизоляционных покрытий и промышленного оборудования (технологического производственного комплекса) для реализации разработанной технологии. Опыт выполнения Индустриальным партнером научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ свидетельствует о его технологических и финансовых возможностях для организации производства и внедрения разработанной в рамках ПНИ технологии.

- Разработан проект технического задания на проведение ОТР по теме: «Разработка технологии формирования гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для повышения эффективности теплообменного оборудования и трубопроводов систем тригенерации». В результате выполнения ОТР будут созданы технологические решения создания и оборудование для производства тонкопленочных многослойных теплоизоляционных покрытий широкого спектра типоразмеров и разработаны технические решения изготовления на их основе гибких теплоизоляционных конструкций.

- Дана технико-экономическая оценка эффективности применения гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции (ГТК). Проведенные расчеты показали, что стоимость владения ГТК в течение 20 лет (срок службы ГТК) ниже на 32%, чем у выполняющих аналогичную функцию изделий из минерального волокна. При применении новой теплоизоляционной конструкции на основе ТМТП полностью исключены эксплуатационные затраты на ремонт и пережог топлива, так как при применении ГТК полностью исключаются рост коэффициента теплопроводности и коррозия металлической поверхности теплоизолируемых объектов в течение всего срока эксплуатации.

- Проведены маркетинговые исследования для дальнейшей коммерциализации разработанной гибкой экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции. Показано, что максимальную часть рынка (60%) теплоизоляционных покрытий в диапазоне эксплуатационных температур от 0⁰С до 300⁰С составляют волокнистые материалы (различные виды минеральной ваты). В диапазоне от 150⁰С до 300⁰С волокнистые материалы занимают практически 100%. В качестве альтернативы волокнистым материалам может быть использована разработанная гибкая теплоизоляционная конструкция (ГТК) на базе тонкопленочных многослойных теплоизоляционных покрытий (ТМТП), которая за счет комплекса уникальных технических характеристик призвана в первую очередь решить проблему сверхнормативных потерь тепловой энергии и защитить металлические поверхности от коррозии.

- Проведена популяризация промежуточных и заключительных результатов ПНИ. Принято участие в XXXIII московском форуме и выставке «Москва - Энергоэффективный город», который состоялся 26–28 октября 2016 года в здании Правительства Москвы по адресу: 121205, г. Москва, ул. Новый Арбат, д. 36.

- Заключены следующие лицензионный договора о передаче прав на результаты интеллектуальной деятельности ВО "НИУ "МЭИ" Индустриальному партнеру ООО "НПО "ПАУЭР СОЛЮШН"

- Лицензионный договор № 5–16 от 23 мая 2016г. и осуществлена государственная регистрация договора о распоряжении исключительным правом (№РД0202543 от 26 июля 2016г.) использования патента полезной модели № 160985 от 16.03.2016 г. «Теплоизоляционное покрытие» на срок до 23 мая 2021г.

- Лицензионный договор № 4–16 от 06 апреля 2016 г. о передаче права на использование программы для ЭВМ "Программное обеспечение модуля измерения теплофизических свойств теплоизоляции (ПОМИТСТ)", свидетельство №2015660030, дата гос. регистрации 21.09.2015г.

- Лицензионный договор № 9–16 о распоряжении исключительным правом патента полезной модели № 166398 от 06.12.2016г. "Теплоизоляционный мат", передан для государственной регистрации в ФГБУ ФИПС.

Для создания продукции на основе результатов ПНИ предлагается выполнить комплекс мероприятий, направленных на изготовление и внедрение данной продукции в реальный сектор экономики. Данные мероприятия состоят из нескольких этапов:

- выполнить опытно-технологические работы (ОТР) по теме «Разработка технологии формирования гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции для повышения эффективности теплообменного оборудования и трубопроводов систем тригенерации»;
- выполнить опытно-конструкторские работы (ОКР) по разработке рабочей конструкторской документации (РКД) на технологический производственный комплекс для изготовления гибких, экономичных, быстромонтируемых теплоизоляционных конструкций;
- изготовить технологический производственный комплекс для изготовления гибких, экономичных, быстромонтируемых теплоизоляционных конструкций, подготовить производственный персонал, организовать производство и эксплуатацию технологического комплекса;
- разработать ТУ, провести сертификацию гибкой, экономичной, быстромонтируемой теплоизоляционной конструкции;
- организовать мероприятия по реализации изготовленной продукции и обслуживанию объектов, эксплуатирующих гибкую, экономичную, быстромонтируемую теплоизоляционную конструкцию.

Результаты работ, полученные на пятом заключительном этапе выполнения Соглашения, полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту и дают основание полагать, что выполнены все поставленные задачи и результаты ПНИ найдут широкое применение в промышленности.

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