

**Резюме проекта, выполняемого
в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-
технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
по этапу №1**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: № 14.607.21.0204 от 29 ноября 2018 г.

Номер соглашения электронного бюджета: №075-02-2018-262

Тема: Разработка опытно-промышленной технологии производства полимерных связующих с повышенной термоокислительной стабильностью для полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, эксплуатируемых при температурах выше 350°C.

Приоритетное направление: Транспортные и космические системы.

Критическая технология: Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов

Период выполнения: с 31 мая 2018 г. по 31 декабря 2020 г.

Плановое финансирование проекта:

Бюджетные средства	134,3 млн. руб.,
Внебюджетные средства	146,7 млн. руб.

Индустриальный партнер: Акционерное общество научно-производственное объединение «УНИХИМТЕК».

Ключевые слова: высокотермостойкие полимерные композиционные материалы, углерод-углеродные композиционные материалы, авиакосмическая техника, двигателестроение, препреги, фталонитрильные связующие, высоконагруженные конструкции, высокотемпературные защитные покрытия, термоокислительная стабильность, технология производства

1. Цель проекта

Разработка опытно-промышленной технологии и создание пилотного производства новых конкурентоспособных на мировом уровне полимерных связующих с повышенной термоокислительной стабильностью и технологичностью для полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, позволяющих эксплуатировать композитные изделия продолжительное время при температурах выше 350°C. Создание научного и технологического задела для перехода предприятий авиакосмической и двигателестроительной отраслей на новые полимерные композиционные материалы с экстремально высокими температурами эксплуатации.

2. Основные результаты проекта

Проведен анализ имеющихся российских и мировых разработок и выполнены патентные исследования в области высокотемпературных и углероду-углеродных композиционных материалов. Отмечено, что к настоящему моменту описано достаточно много легкоплавких фталонитрильных мономеров, потенциально пригодных для получения ПКМ по инъекционным технологиям, но не известно коммерческих продуктов на основе фталонитрилов, способных отвечать требованиям к технологичности и одновременно обеспечивать высокие эксплуатационные характеристики. Высоко оценивается потенциал альтернативных применений фталонитрилов, например, в качестве коксуемой матрицы для получения УКМ, альтернативных керамике высокотемпературных электроизоляционных материалов, а также в качестве основы для термостойких мастер-модельных плит и конструкционных пен. В открытых источниках найден один патент, защищающий способ получения УКМ из углепластика с фталонитрильной матрицей, где в качестве прекурсора используется ПКМ из препрега, полученного по растворной технологии. Остальные применения фталонитрилов в литературе не описаны, что связано с отсутствием доступных

технологичных связующих, хотя по свойствам конечного продукта фталонитрилы превосходят другие полимеры.

В результате выполненных в 2018 году работ разработаны технические требования и эскизная конструкторская документация (ЭКД) на экспериментальную установку получения фталонитрильных связующих для отработки отдельных технических решений по организации синтеза мономеров и смешению компонентов связующих. В соответствии с разработанной документацией произведена закупка комплектующих и сборка экспериментальной установки. В объеме до 30 л проведена отработка технологии получения компонентов фталонитрильного связующего и определены оптимальные технологические режимы синтеза. Опробованы и подтверждены экспериментально режимы изготовления связующих на основе синтезированных компонентов: температура смешения, остаточное давление (давление вакуума), время смешения. Получены и испытаны экспериментальные образцы фталонитрильных связующих. Показано соответствие их характеристик установленным требованиям ТЗ и подтверждена правильность выбранных технических решений по масштабированию процесса. Вязкость связующего при 130°C не превышает 100 мПа·с, температура стеклования составляет более 400°C, температура начала разложения более 500°C, модуль упругости при температуре 22 и 400°C составляют не менее 2,0 ГПа и 4,5 ГПа, соответственно. Проведены экспериментальные работы в обеспечение разработки опытно-промышленной установки получения фталонитрильных связующих в части уточнения режимов получения, а также перечня и режимов применения оборудования. С учетом результатов отработки технологии и масштабирования процесса получения фталонитрильных связующих на экспериментальной установке разработана эскизная конструкторская документация на опытно-промышленную установку производительностью 15 т/год и начаты работы по закупке оборудования и ее комплектации.

Полученные на отчетном этапе результаты работы оцениваются авторами как впервые полученные, полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту, выполнены на мировом уровне и подтверждают возможность реализации проекта в целом.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Изобретение, заявка № 2018147469 от 29 декабря 2018 г. «РЕАКТИВНЫЙ РАЗБАВИТЕЛЬ ФТАЛОНИТРИЛЬНЫХ СМОЛ И ТЕРМОТВЕРЖДАЕМАЯ КОМПОЗИЦИЯ, СОДЕРЖАЩАЯ ЭТОТ РАЗБАВИТЕЛЬ», РФ.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Результат проекта будет востребован в авиационном двигателестроении (лопатки компрессора и турбины газотурбинного двигателя), космической и оборонной отраслях (элементы ракет, бронирование техники), судостроении (переборки подводных лодок), авиастроении в части композиционных деталей самолетов и вертолетов, расположенных в непосредственной близости от двигателей, а также требующих обладания свойством негорючести. Другими заказчиками высокотемпературных композитов, в том числе углерод-углеродных, помимо уже упомянутых отраслей, могут быть представители транспортной, энергетической (трубы и элементы теплообменников, узлы высокотемпературных реакторов), электронной (термостойкие подложки электронных схем) и электрической индустрий (детали токопроводящих устройств), металлургии (элементы высокотемпературных и электропечей).

В результате выполнения проекта будут созданы новые композиционные материалы, обеспечивающие расширение возможностей по их применению для изготовления изделий, работающих в условиях повышенных температур и нагрузок, где было возможно применение только металлов и керамики, и разработаны производственные технологии их получения, в частности, передовая усовершенствованная технология получения углерод-углеродных материалов.

Продукты проекта имеют существенную значимость для развития российской авиакосмической и оборонной промышленности. Разрабатываемые технологии обеспечат возможность создания композитных элементов конструкций авиакосмической техники, эксплуатируемой при температурах выше 300 °С, что позволит снизить вес, и как следствие, увеличить величину выводимой полезной нагрузки при снижении массы конструкций космических аппаратов. Кроме того, уникальные свойства материалов, планируемых к применению, позволят существенно увеличить срок работы композитных конструкций, функционирующих в экстремальных условиях эксплуатации.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Создаваемая по результатам реализации проекта опытно-промышленная технология позволит обеспечить отечественными высококачественными материалами, превосходящими по техническим характеристикам зарубежные аналоги, предприятия авиастроения (предприятия ОАК), двигателестроения, ракетно-космической отрасли и других высокотехнологичных отраслей промышленности. Это позволит повысить конкурентоспособность отечественной техники на мировом рынке. Общий объем налоговых поступлений в бюджет РФ в стадии коммерциализации результатов проекта, организации и запуска производства за период 2021-2022 г.г. прогнозируется порядка 27 млн. руб.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Основным потребителем ожидаемых результатов является АО «НПО «УНИХИМ-ТЕК» - индустриальный партнер по проекту. Результаты будут использованы при создании производства высокотемпературных фталонитрильных связующих и препрегов на их основе.

Прогноз до 2021 года показывает, что совокупный годовой прирост рынка высокотемпературных композитов будет составлять около 8%. Главными факторами роста станут как спрос на легкие и высокопрочные материалы в различных отраслях, так и высокие требования безопасности для транспортных средств. Рынок высокотемпературных композиционных материалов быстро растет в стоимостном выражении. По предварительным оценкам себестоимость производства полимерных материалов для высокотермостойких ПКМ составляет около 100-150 долл./кг. Уровень стоимости аналогичных материалов зарубежного производства составляет 500-2000 долл./кг. В мире подобные материалы являются материалами двойного применения, в связи с чем их экспорт/импорт ограничен.

Планируемые объемы продаж к 2025 году составляют до 30 тонн материала с выручкой не менее 600 млн. руб., что будет составлять порядка 1% от мирового рынка высокотемпературных полимерных связующих.

Потенциальными потребителями продуктов по проекту являются: ОАО «РКК Энергия», АО «ОДК-Авиадвигатель», ОАО «Климов», АО «РТ-Химкомпозит», АО «ИСС им. Решетнёва», ПАО «Корпорация Иркут», ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина», ОАО «ЦНИИСМ», Safran Group, ПАО «ОДК-Сатурн», ПАО «ВАСО», ФГУП «ЦИАМ», АО «ОНПП Технология», НПО «Эрга».

7. Наличие соисполнителей

Соисполнители к выполнению проекта в отчетный период не привлекались.