

**Аннотация проекта, выполняемого
в рамках ФЦП**

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

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

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

Уникальный идентификатор проекта: RFMEFI60718X0204

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.

Руководитель проекта: старший научный сотрудник, к.х.н. Булгаков Борис Анатольевич

Проект направлен на разработку 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. Выполнение проекта будет способствовать созданию научного и технологического задела для перехода предприятий авиакосмической и двигателестроительной отраслей на новые полимерные композиционные материалы с экстремально высокими температурами эксплуатации.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) на сегодняшний день вытесняют традиционные металлы и сплавы из различных отраслей промышленности, а аэрокосмическая отрасль является своеобразным плацдармом для демонстрации возможностей и разработки новых технологий конструкционных ПКМ. Современный широкофюзеляжный лайнер Boeing 787 Dreamliner более чем на 50% по массе создан из ПКМ, а в случае военных самолетов их доля в конструкции планера может превышать 80% (Eurofighter Typhoon). Успех полимерных композитов кроется в низкой плотности этих материалов, высокой удельной прочности, возможности формовать крупногабаритные изделия сложной формы, снижая число деталей при сборке в 10-20 раз. Кроме того, ПКМ, в отличие от металлов, не подвержены усталости и коррозии, за счет чего надежнее в эксплуатации. Тем не менее, современные конструкционные ПКМ применяются при температурах не выше 250 °C, тогда как существует запрос на внедрение композитов в элементах двигателей, обшивки сверхзвуковых самолётов, тепловых щитов космических аппаратов и других изделиях.

В качестве полимерных матриц для длительного использования при 280°C в большинстве случаев применяются полиимиды с температурой стеклования выше 300°C, которые, однако, характеризуются рядом технологических проблем при переработке, в частности, выделением летучих веществ при отверждении. Для обеспечения температуры эксплуатации до 375°C, которые могут достигаться в камерах компрессора реактивных двигателей и в сверхзвуковых летательных аппаратах, актуально создание полимерных материалов способных выдерживать указанные условия и при этом обладающих хорошей технологичностью. Таким требованиям могут удовлетворять полимерные матрицы на основе соединений из класса фталонитрилов. Полимеры, полученные из бис-фталонитрилов являются наиболее термостойкими среди всех известных полимеров и имеют температуры

стеклования выше 400 °С. Долгое время внедрению бис-фталонитрилов мешал узкий технологический интервал, обусловленный близостью температур плавления мономеров (> 170 °С) к температуре начала быстрой полимеризации (~220 °С). Такие свойства связующих существенно ограничивают размеры и способы получения изделий из них. По результатам ранее проведенных исследований были найдены решения по модификации структуры мономеров из класса фталонитрилов с целью решения проблемы их высокой температуры стеклования и низкой технологичности при переработке. Проведенные работы позволили получить мономеры с температурой стеклования до -1 °С, что более чем на 170° ниже температуры плавления классических фталонитрилов (170-185 °С) и является наиболее низким значением для фталонитрилов, описанных в литературе. Был отработан лабораторный способ получения связующих и получены опытные образцы ПКМ на их основе. ПКМ сохраняли не менее 80% механических свойств при 300°С при различных нагрузках: межслоевой сдвиг, сдвиг в плоскости, растяжение, сжатие. Кроме того, в ходе предварительных исследований были выявлены перспективы применения связующих в качестве коксующейся матрицы для получения УКМ как альтернатива керамике для высокотемпературных электроизоляционных материалов, а также в качестве основы для термостойких мастер-модельных плит и конструкционных пен.

В ходе выполнения проекта будет осуществлено постепенное масштабирование процесса получения фталонитрильных связующих от лабораторной методики к опытно-промышленной технологии. Постепенное масштабирование процесса необходимо для оценки возможности масштабирования и получения продукта требуемого качества, проверки сырья и определения основных типов оборудования, и позволяет моделировать промышленные условия в минимальных масштабах и корректировать технологию при значительной экономии материальных ресурсов.

В результате выполнения проекта будет создана экспериментальная установка для получения связующих производительностью до 600 кг/год для отработки отдельных технических решений по получению связующих и оценки возможности масштабирования, создана опытно-промышленная установка производительностью до 15 т/год и разработана опытно-промышленная технология получения связующих, по результатам чего будут подготовлены исходные данные для проектирования промышленного производства. Кроме того, будет отработана технология получения препрегов на основе фталонитрильных связующих и технология их получения, а также отработано новое направление использования фталонитрильных связующих в качестве матрицы для углерод-углеродных материалов (УКМ) с получением опытных образцов новых углерод-углеродных композиционных материалов и разработкой технологии их получения по усовершенствованной менее энерго- и трудоемкой схеме. Будет проведена проверка возможности создания на основе фталонитрильных связующих высокотермостойких защитных покрытий, обеспечивающих эффективную защиту изделий и конструкций из ПКМ в условиях эксплуатации при температурах выше 300°С.