Исследования и разработки
Москва 2016

Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

Приоритетное направление:
Транспортные и космические системы
Программное мероприятие:
1.3 Проведение прикладных научных исследований и разработок, направленных на создание продукции и технологий

Соглашение № 14.607.21.0038 от 05.06.2014 г. на период 2014 - 2016 гг.

Тема: «Разработка научно-методической базы и технологий обеспечения качества, надежности и безопасности металлокомпозитных баков высокого давления для перспективных электрореактивных двигателей космических аппаратов»

Руководитель проекта: заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, Москвичев Владимир Викторович

Получатель субсидии

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Индустриальный партнер

АО «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ» ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.Ф. РЕШЕТНЁВА» (https://www.iss-reshetnev.ru)

Ведущее предприятие России по созданию космических аппаратов связи, телевещания, ретрансляции, навигации, геодезии

Цели и задачи проекта

Цель проекта заключается в разработке научно-методической базы обеспечения прочности, надежности и безопасности металлокомпозитных баков высокого давления, изготавливаемых с использованием перспективных конструкционных и композиционных материалов, и обеспечивающих повышение энергомассовых характеристик и экономических показателей электрореактивных двигателей и габаритно-массовых характеристик космических аппаратов и перспективных космических систем.
Задачи проекта: Анализ научных, конструкторских и технологических проблем создания металлокомпозитных баков, обоснование теоретических, расчетных и экспериментальных задач исследования. Проведение расчетных оценок прочности, геометрической стабильности, надежности и безопасности бака. Проведение испытаний натурных баков и экспериментальных исследований лабораторных образцов конструкционных материалов. Разработка требований и рекомендаций по обеспечению качества, надежности и безопасности баков.

Ожидаемые результаты проекта

Конечным продуктом является научно-методическая база для обеспечения прочности, надежности, безопасности, разработки и производства металлокомпозитных сосудов высокого давления для апогейных реактивных двигателей перспективных космических аппаратов с повышенными сроками активного существования на орбите.
Результаты ПНИ способствуют радикальному повышению показателей пользовательских свойств автоматических космических аппаратов новых поколений, значительному расширению присутствия участников технологической платформы на мировых рынках высокотехнологичной продукции и услуг в космической, телекоммуникационной и других некосмических отраслях экономики.

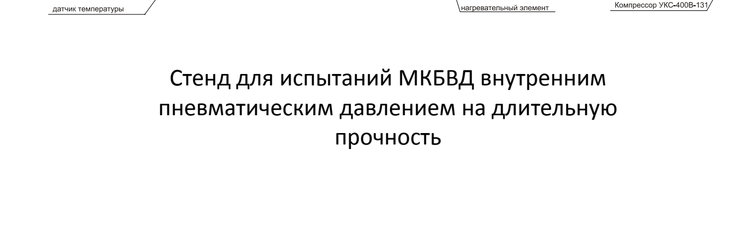
Перспективы практического использования

Перспективы практического внедрения результатов заключаются в возможности создания номенклатурной линейки легких, высокопрочных и высокоэффективных баков из композитных материалов для двигательных установок космических аппаратов.

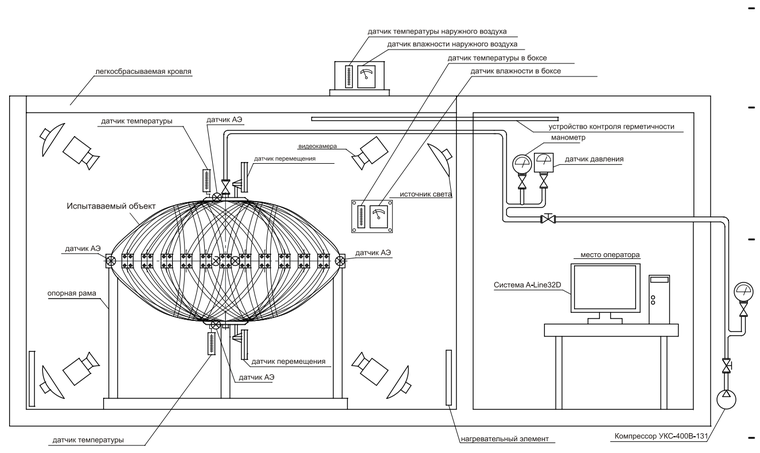
Использование баков в космических аппаратах обеспечивает возможности довыведения аппаратов на орбиту за счет собственных двигателей (без дополнительных разгонных блоков) и увеличение сроков активного существования аппаратов на орбите до 15-17 лет.

Результаты обеспечивают технологическую независимость и технологический паритет отечественных космических аппаратов с зарубежными аналогами.

Текущие результаты проекта



Испытания МКБВД внутренним пневматическим давлением до разрушения



Стенд для испытаний МКБВД внутренним пневматическим давлением на длительную прочность

- Разработана «Программа и методики испытаний металлокомпозитных баков на прочность до разрушения». Цель испытаний состоит в подтверждении требуемой прочности и установлении фактического коэффициента запаса. Программа испытаний определяет объект, методы и средства испытаний, а также регламентирует порядок проведения испытаний, процедуру измерения параметров и обработку результатов.
- Разработана «Программа и методики ускоренных ресурсных испытаний металлокомпозитных баков». Программа учитывает опыт Индустриального партнера по проведению таких испытаний и особенности конструкции металлокомпозитного бака высокого давления (МКБВД), выявленные при расчетном анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) его конструкции. Программа и методики определяют объект и условия испытаний, технические средства для проведения испытаний, измерений параметров и порядок обработки данных.
- Разработана «Программа и методики испытаний металлокомпозитных баков на длительную прочность». Цель испытаний заключается в определении геометрической стабильности конструкции, герметичности и прочности при длительном нагружении. Основное внимание в программе уделяется выявлению эффектов низкотемпературной ползучести композитного материала при действии длительной статической нагрузки. Программа и методики определяют объект испытаний, условия испытаний, технические средства для проведения испытаний, измерений параметров и обработки данных.
- Разработана «Программа и методики экспериментальных исследований лабораторных образцов конструкционных материалов баков». Программа регламентирует порядок вырезки и изготовления образцов, форму и размеры образцов, методы испытаний, порядок обработки и представления полученных результатов. Программа включает испытания образцов металла лейнера и композитной силовой оболочки на статическое растяжение и изгиб. Применяемые методы испытаний соответствуют существующим отечественным и зарубежным стандартам в области механических испытаний образцов конструкционных материалов.
- В соответствии с разработанной программой испытаний проведены испытания на растяжение 15 образцов из металла лейнера, 20 образцов на растяжение и 20 образцов на изгиб из композитного материала. Определены средние значения и коэффициенты вариации характеристик механических свойств конструкционных материалов баков. Результаты испытаний представлены в соответствующих актах и протоколах.
- В соответствии с разработанными требованиями назначения, созданы экспериментальные натурные образцы перспективного металлокомпозитного бака двух типов: тип 1 – массой рабочего тела 350 кг и тип 2 – массой рабочего тела 500 кг. Определены комплектность поставки, объем и последовательность предъявительских и приемо-сдаточных испытаний. Описан технологический комплекс изготовления МКБВД с указанием рисков влияния производственных отношений на качество работ.
- Проведены испытания натурных образцов МКБВД внутренним пневматическим давлением до разрушения с проведением инструментального контроля процессов деформирования и разрушения. Экспериментально установлены два вида предельных состояний МКБВД (потеря герметичности и полное разрушение), для которых получены величины предельных давлений и перемещений стенок баков. По результатам испытаний получены оценки надежности и безопасности МКБВД, определены радиусы зон поражения и тротиловый эквивалент разрушения бака. Представлены протоколы испытаний и заключения о соответствии созданного МКБВД требованиям нормативной и конструкторской документации, и о пригодности его для использования в космическом аппарате с длительным сроком активного существования на орбите.
- Проведено испытание МКБВД внутренним пневматическим давлением на длительную прочность в течение одного года с применением акустико-эмиссионного контроля. В процессе испытаний оценивались параметры рабочего давления в баке и окружающей среды в испытательном боксе, величины перемещений и деформаций бака. По результатам испытаний, на основе оценки характера деформирования и акустической активности, выявлены процессы перераспределения напряжений в композитной оболочке, не оказывающие значительного влияния на НДС бака. Результаты указывают на отсутствие явных процессов развития повреждений и ползучести бака.
- Проведены ускоренные ресурсные испытания МКБВД внутренним циклическим давлением в течение 82 циклов нагружения с тензометрией и визуально-измерительным контролем. В процессе испытаний выявлены незначительные изменения деформаций, свидетельствующие о процессах перераспределения напряжений в композитном материале, не приведшие к возникновению дефектов и повреждений в конструкции. Результаты представлены в протоколах испытаний в составе этапной отчетной документации.
- На экспериментальной базе Индустриального партнера проведены испытания МКБВД на воздействие вибрационных, ударных и температурных нагрузок. По результатам испытаний определены значения основных параметров МКБВД, оценено качество разработанной конструкторской документации и применяемых технологических процессов изготовления МКБВД. Сделаны выводы о соответствии применяемых материалов и покрытий техническим требованиям.