

НАУКА — ПРАКТИКЕ

СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН: испытания на «прочность» и «устойчивость»

Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» КНЦ СО РАН, отметив 25-летие своего создания в 2011 году, на новом этапе проводит активную работу по реализации стратегии своего развития. Одним из важнейших стратегических направлений деятельности стало участие в разработках по созданию ракетно-космической техники нового поколения, согласно Перечню приоритетных технологий РФ.

Общую картину исследований, проводимых в этом направлении, по нашей просьбе охарактеризовал директор СКТБ «Наука» д.т.н. **В.В. Москвичёв**:

— СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН после детальных обсуждений подписало Генеральные соглашения о сотрудничестве и совместной деятельности с ОАО «Красноярский машиностроительный завод» (2012 г.) и ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (2013 г.). Цель соглашений — наиболее полное использование научно-технического потенциала организации при выполнении НИОКР в области разработки новых конструктивных решений и технологий в ракетно-космической отрасли. В настоящее время для ОАО «Красмаш» выполнен комплекс исследований характеристик механических свойств и трещиностойкости сварных соединений стальных, применяемых при изготовлении сосудов давления двигательных установок. Выполнены проверочные расчёты напряженно-деформированного состояния ферменных конструкций и оборудования для цифрового телевидения. На данный момент ведется проработка технических заданий для проведения дальнейших совместных исследований.

Однако наиболее успешным следует признать сотрудничество с ОАО «ИСС». Существенное значение для нового этапа нашего взаимодействия имело проведение выездного заседания Президиума СО РАН в ОАО «ИСС» в 2011 г. На этом заседании был представлен наш доклад «Живучесть и риск-анализ конструкций спутниковых систем». Последующие рабочие встречи позволили выделить основные направления сотрудничества:

- разработка нормативно-технической документации (стандарты, методики) по оценке и обеспечению надежности конструкций трансформируемых механических систем космических аппаратов;
- комплексный анализ прочности, герметичности, ресурса и безопасности элементов КА и совершенствование конструктивно-технологических решений бортовых конструкций для обеспечения повышенных сроков активного существования КА на орбите;
- проведение поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию промышленных технологий на основе микроэлектромеханических систем для космических аппаратов с ресурсом не менее 15 лет.

Кроме того, Генеральным соглашением предусмотрена возможность создания совместного инновационного предприятия в рамках Федерального закона от 02.08.2009 г. № 217. Следует отметить, что сотрудники СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН ранее принимали участие в исследованиях по заданиям НПО прикладной механики (предыдущее название ОАО «ИСС»). Был выполнен комплекс работ по моделированию разрушения, исследованиям характеристик трещиностойкости и остаточного ресурса ферменных конструкций из боралюминиевого композита для космических аппаратов «Галс», «Экспресс» и «Sesat». Так что практический опыт взаимодействия имелся.

Особенность нынешней ситуации заключается в том, что ОАО «ИСС» является головной организацией-координатором Федеральной технологической платформы «Национальная информационная спутниковая система». Красноярский научный центр СО РАН традиционно имеет с ОАО «ИСС» тесные научные связи со времен академиков М.Ф. Решетнёва и Л.В. Кириенко. В последние годы, благодаря усилиям председателя Президиума КНЦ СО РАН ак. В.Ф. Шабанова и генерального директора ОАО «ИСС» чл.-корр. РАН Н.А. Тестодова эти связи расширяются и выходят на новый уровень практического взаимодействия. В дополнение к Институту вычислительного моделирования СО РАН (директор — чл.-корр. В.В. Шайдунов), Отделу радиоэлектроники КНЦ СО РАН (руководитель — д.т.н. В.М. Владимиров) активным участником сотрудничества стало СКТБ «Наука», также вошедшее в состав участников технологической платформы. В СКТБ «Наука» сложился высокопрофессиональный коллектив, способный решать сложные и уникальные задачи в области конструктивной

прочности и материаловедения, живучести и безопасности технических систем.

Наши сотрудники в последние годы принимали участие в работах по оценке остаточного ресурса конструкций ракетно-космического стартового комплекса «Байконур», расчетно-экспериментальному анализу причин аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, экспертизе конструкторских решений карьерного экскаватора нового типа и выполнили ряд других работ (ферменные и оболочечные конструкции, котельные установки и сосуды давления, трубопроводы и резервуары для хранения нефтепродуктов).

Однако взаимодействие с таким высокотехнологичным и наукоёмким предприятием космической отрасли как ОАО «ИСС» имеет свои особенности, и путь к конструктивному сотрудничеству был не прост. Думаю, что более подробно о конкретных работах и перспективах расскажут заместитель директора СКТБ «Наука», д.т.н. **А.М. Лепихин** и руководитель нашего инженерно-инновацион-

бакам высокого давления. Ролики фильмов размещены в YouTube и рекламируют наши работы. Там есть информация, которая касается сущности выполненных нами работ.

— **Какие конкретно работы выполнены?**

А.М. Лепихин: Мы проводили исследование уникальной конструкции ксенонового бака высокого давления. Это абсолютно новая и перспективная конструкция для ОАО «ИСС», позволяющая за счёт увеличенного запаса топлива (ксенона) «доводить» спутник на заданную орбиту. При этом отпадает необходимость использования специального разгонного блока, что дает возможность увеличить массу полезной нагрузки. Ракета выводит спутник в космос, а потом он сам «додет», куда надо.

— **Как вы вышли на эту тему?**

А.М. Лепихин: При обсуждении общих вопросов и направлений взаимодействия эта задача была обозначена нам как первоочередная и актуальная. Проблема оценки прочности бака требовала проведения натурных

логии и качества изготовления, анализ прочности и напряженно-деформированного состояния бака. Много интересных задач было решено в ходе этой экспертизы. В частности, конечно-элементное моделирование напряженно-деформированных состояний, выполненное кандидатами наук А.Е. Буровым и С.В. Дорониным с участием молодых учёных — кандидатов наук Е.М. Сиговой и Д.В. Косолапова, позволило оценить влияние упругих и упругопластических свойств материалов и конструктивных особенностей бака на его несущую способность при рабочих, испытательных и разрушающих нагрузках.

Ю.П. Похабов: Таким образом, была выполнена очень объёмная комплексная экспертиза конструкторско-технологического исполнения, герметичности и достаточности экспериментальной отработки бака. Мы проверили весь комплекс работ — от анализа конструкции до контроля качества изготовления бака: смотрели, всё ли учтено, и с каким качеством исполнено. По результатам работ было подготовлено соответствующее экспертное заключение, в котором констатировали: данный бак пригоден для использования в спутниках с учётом сформулированных нами рекомендаций.

— **Кто входил в состав экспертной комиссии?**

А.М. Лепихин: Собрался весьма солидный состав из специалистов по определенным направлениям. В комиссию вошли заведующий отделом механики деформируемого твёрдого тела Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН ак. Борис Дмитриевич Аннин, председатель Рабочей группы при президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности чл.-корр. РАН Николай Андреевич Махутов и председатель Объединённого учёного совета СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления, директор Института теоретической и прикладной механики СО РАН ак. Василий Михайлович Фоминов. От нас в экспертную комиссию вошли директор СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН д.т.н. В.В. Москвичёв и директор Научно-производственного объединения «СибЭРА» к.т.н. А.П. Черняев. За научно-техническую часть отвечал я, а Юрий Павлович Похабов координировал и координирует работы по всем направлениям сотрудничества с ОАО «ИСС». Активное участие в проведении экспериментальных работ принимало НПО «СибЭРА», специализирующееся на экспертизе промышленной безопасности и являющееся ведущей экспертной организацией Сибирского региона. Кроме комплекса экспериментальных работ, специалисты НПО «СибЭРА» принимали участие в разработке методики неразрушающего контроля баков в процессе испытаний. Кроме того, НПО «СибЭРА» даже спонсировала часть работ, вкладывала свои собственные средства в экспериментальное и технологическое оборудование.

— **Но они вернутся?**

А.М. Лепихин: Предполагаем, что вернутся. Но нужно понимать, что исследовательские работы сложно ограничить запланированной сметой. Многие приходилось и приходится делать помимо утвержденной сметы и технического задания, поскольку задачи меняются по мере получения новой информации. Мы ещё не очень чётко представляли, какие работы потребуются, чтобы их включить в смету. Всё не предусмотрели. А делать надо.

— **Но зато вы с хорошим результатом вошли в технологическую платформу «Национальная информационная спутниковая система»!**



ного центра **Ю.П. Похабов**. Речь пойдёт о работах по обоснованию прочности и ресурса ксеноновых баков высокого давления (КБВД) двигательной установки космического аппарата типа «Экспресс». Пневматические испытания таких баков проведены в России впервые.

А.М. Лепихин: Честно говоря, на совместные работы с ОАО «ИСС» мы выходили длительное время, рассматривали различные варианты сотрудничества, искали точки соприкосновения. Но только в начале этого года были заключены контракты на конкретные исследования. Важную роль в этом процессе сыграл руководитель нашего инженерно-инновационного центра Юрий Павлович Похабов, ранее работавший в НПО прикладной механики. Мы сумели убедить коллектив специалистов, возглавляемый директором отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем В.И. Халимановичем, в том, что именно СКТБ — та структура, которая может проводить необходимые им исследования. И располагает для этого всем необходимым. Сейчас мы работаем с ОАО «ИСС» по трем договорам. Два уже заканчиваются, ещё один пока не завершён.

— **Продолжать работу с ОАО «ИСС» планируете?**

А.М. Лепихин: Конечно! По тем отзывам, которые мы от них имеем, наши разработки их устраивают. Мы понимаем друг друга, и в технических отчётах говорим на одном инженерном языке.

Ю.П. Похабов: Помимо сухих технических отчётов, по результатам работ в ОАО «ИСС» сделаны два фильма по ксеноновым

испытаниям с использованием специальных стендов и оснастки. Мы предложили свои услуги по проведению таких испытаний. В ИСС удивились: вы что, правда, можете это сделать? Мы сказали: да! И провели испытания в крайне сжатые сроки. Они оказались исключительно интересными, уникальными и по механике, и по всем остальным параметрам. В процессе испытаний осуществлялась постоянная съёмка шестью видеокамерами, с шести датчиков регистрировались сигналы акустической эмиссии, осуществлялся контроль вертикальных и горизонтальных перемещений, проводился контроль герметичности специальными составами, нанесёнными на поверхность баков. Первые испытания дали эффектную картину с мощным взрывом. Эти испытания показали хороший запас прочности бака, а также и «запас прочности» наших знаний и возможностей, что стало основным фактором нашего дальнейшего сотрудничества.

— **Вы говорили о трёх договорах.**

А.М. Лепихин: Да. Кроме испытаний, мы занимались комплексной оценкой прочности, ресурса и безопасности бака и разработкой технологий неразрушающего контроля. Бак работает под высоким давлением в несколько десятков атмосфер. Разрушение бака может привести к тяжёлым последствиям с разрушением или повреждением технологического оборудования, ракеты, персонала. Поэтому был поставлен вопрос: способен ли он выполнять те задачи, для которых предназначен, все ли меры безопасности предусмотрены? Выполненная нами экспертиза была комплексной — включала анализ проектной документации, экспертизу техно-